

# Bulletin d'Information de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

n°16

décembre 2014

«Servir le pays et contribuer au développement de la science mondiale»

Sa Majesté Le Roi Mohammed VI.

(Extrait du discours d'installation de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, 18 mai 2006)

*Périodique semestriel d'information et de communication de l'Académie*

**Interactions interdisciplinaires des mathématiques  
appliquées : cas du Maroc**

---

**La cartographie du cerveau : nouvelles frontières  
pour la recherche en neurosciences**

---

**Politique industrielle et stratégie  
de développement économique**

---

**L'industrie aéronautique : évolution au niveau  
mondial-Quelles ambitions et quels défis  
pour le Maroc ?**



# Bulletin d'Information de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

**n°16**

décembre 2014

«Servir le pays et contribuer au développement de la science mondiale»  
Sa Majesté Le Roi Mohammed VI.  
(Extrait du discours d'installation de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, 18 mai 2006)

*Périodique semestriel d'information et de communication de l'Académie*

*Publié par :*

**L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques**

Siège : Km 4, Avenue Mohammed VI (ex Route des Zaers) - Rabat.  
Tél : 0537 75 01 79 Fax : 0537 75 81 71 E-mail : [acascitech@academiesciences.ma](mailto:acascitech@academiesciences.ma)

Site internet : [www.academiesciences.ma](http://www.academiesciences.ma)

Directeur de la publication : Omar FASSI-FEHRI

Rédacteur en Chef : Mohamed AIT KADI

Comité de rédaction:

Daoud AIT KADI (Collège de la Modélisation et de l'Information)  
Omar ASSOBBHEI (Collège des Sciences et Techniques de l'Environnement, de la Terre et de la Mer)  
Mohamed BERRIANE (Collège des Etudes Stratégiques et Développement Economique)  
Ali BOUKHARI (Collège d'Ingénierie, Transfert et Innovation Technologique)  
EI Mokhtar ESSASSI (Collège des Sciences Physiques et Chimiques)  
Abdelkrim FILALI-MALTOUF (Collège des Sciences et Techniques du Vivant)

Dépôt légal : 2007 / 0067  
ISSN : 2028 - 411X

Réalisation : AGRI-BYS S.A.R.L (A.U)

Impression: Imprimerie LAWNE  
11, rue Dakar, 10040 - Rabat







**Sa Majesté le Roi Mohammed VI - que Dieu Le garde -  
Protecteur de l'Académie Hassan II  
des Sciences et Techniques**



# Sommaire

## Editorial ..... 9

## Interactions interdisciplinaires des mathématiques appliquées : cas du Maroc ..... 11

- Allocution du Secrétaire perpétuel à la session ordinaire organisée le 09 avril 2014 par le Collège «Sciences de la Modélisation et de l'Information» ..... 13
- Synthèse de la session ordinaire, A. EL JAI ..... 15
- Résumés des conférences ..... 17

## La cartographie du cerveau : nouvelles frontières pour la recherche en neurosciences ..... 29

- Allocution du Secrétaire perpétuel à la session ordinaire organisée le 16 avril 2014 par le Collège «Sciences et Techniques du Vivant» ..... 31
- Introductory remarks, A. SASSON ..... 33
- Early days in the studies of the visual, Torsten N. Wiesel ..... 37
- Why the Brain?, S. GRILNER ..... 39
- What are the perspectives for Morocco? A. EL MANIRA ..... 44

## Politique industrielle et stratégie de développement économique ..... 45

- Discours du Secrétaire perpétuel à la session ordinaire organisée le 12 décembre 2014 par le Collège «Etudes Stratégiques et Développement Economique» ..... 47
- Made in Morocco - Pour une stratégie du développement centrée sur l'industrialisation, N. EL AOULI ..... 49
- La question industrielle aujourd'hui : terrains et enjeux (synthèse de la session ordinaire), R. TAOUIL ..... 51
- Résumés des interventions ..... 54

## L'industrie aéronautique : évolution au niveau mondial - Quelles ambitions et quels défis pour le Maroc?... 71

- Discours du Secrétaire perpétuel à l'ouverture du colloque organisé par l'Académie Hassan II le 16 janvier 2014 ..... 73
- Synthèse du colloque ..... 75

## Le Maroc à la croisée des mobilités humaines mondialisées. Mutations socio-spatiales et nouveaux rapports aux territoires depuis l'an 2000 ..... 85

- Synthèse du colloque organisé les 25 et 26 juin 2014 par l'Université Mohammed V de Rabat en hommage au Professeur Mohamed BERRIANE, M. ADERGHAL ..... 87

**Appui à la recherche scientifique et technique ..... 93**

- Etude de l'efficacité de la consommation de l'huile d'argan sur le profil lipidique et les statuts anti-oxydant et hormonal et détermination de l'effet hydratant de la peau chez les femmes ménopausées (ARFEM), Z. CHARROUF ..... 95

**Activités de l'Académie ..... 101**

- Activités des collègues ..... 103
- Journées «Les jeunes et la science au service du développement», édition 2014..... 105
- Coopération ..... 108
  - Forum sur la science, la technologie et l'innovation, 14-17 octobre à Rabat..... 108
  - L'offre francophone de formation : état des lieux et perspectives», M. ESSASSI ..... 110
  - Biotechnologie Euroméditerranéenne des micro-algues, E.H. BELLARBI HAFTALLAOUI & A. FILALI-MALTOUF ..... 114
  - Coopération avec l'Académie des Sciences de Malaisie ..... 116
  - Recherche en microbiologie appliquée à l'alimentation : coopération avec l'Argentine ..... 120
  - Recherche en foresterie : coopération avec le Mexique ..... 121

**Nouvelles des académiciens..... 123**

- Le Pr. Carlos MARTINEZ-ALONSO lauréat du Prix Mexico 2014 ..... 125
- La Suède honore le Pr. Erik SANDEWALL..... 126
- Le Pr. Daoud AIT KADI lauréat du Prix facultaire «Summa Enseignement» de la Faculté des Sciences et du Génie de l'Université Laval, Canada ..... 127



# Editorial

## NECROLOGIE

### Décès du Professeur Abdellatif BERBICH

C'est avec une profonde affliction et une grande tristesse que les membres de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques ont appris le décès du Professeur Abdellatif Berbich, Secrétaire Perpétuel de l'Académie du Royaume du Maroc et éminent membre résident de leur jeune Compagnie, dont il a été un des membres de la Commission de Fondation, nommé par Sa Majesté le Roi Mohammed VI que Dieu Le garde en 2004.

En cette douloureuse circonstance, ils expriment à l'honorable famille du disparu, à ses proches, et à ses amis, leurs vives condoléances et leurs sincères sentiments de compassion, implorant Le Tout- Puissant d'entourer le regretté de Sa miséricorde et de Sa clémence, et de l'accueillir dans Son vaste paradis parmi les élus vénérables, et de leur accorder patience et réconfort.



Faisant partie de la toute première promotion de professeurs agrégés de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Rabat (1967), Faculté dont il a été le Doyen de 1969 à 1974, le Professeur Berbich, spécialiste en Néphrologie et Réanimation Médicale, a contribué de façon marquante à l'organisation, à la mise en place, et au développement des études médicales au Maroc. A son actif resteront en mémoire deux actions marquantes, la direction de la première transplantation rénale au Maroc (octobre 1968), et la création du premier centre d'hémodialyse du Maroc.

Il s'est distingué dans toutes les fonctions qu'il a occupées et à travers lesquelles il a marqué de façon notoire les différents domaines où il a opéré. En diplomatie comme à l'Académie du Royaume du Maroc, son empreinte reste vivace, reflétant des traits de caractère marqués de modestie, d'humilité, de probité, d'amabilité, de patriotisme, mais aussi de rigueur et d'esprit d'ouverture sur le monde et sur son évolution.

Chancelier (1980), puis Secrétaire Perpétuel de l'Académie du Royaume du Maroc (1982), il a été membre d'un très grand nombre de sociétés savantes, d'institutions universitaires et académiques nationales et internationales, tout comme il a été récipiendaire de nombreux titres et de nombreuses décorations de différents pays (Allemagne, Arabie Saoudite, Danemark, Espagne, France, Grande Bretagne, Italie, Portugal, et Sénégal). Sa notoriété parmi les membres de la communauté scientifique internationale était une réalité, et sa modestie légendaire s'accommodait peu de cette réalité.

L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques a été solennellement installée, le 18 mai 2006, par Sa Majesté le Roi Mohammed VI, Que Dieu L'assiste, et depuis, la contribution personnelle du défunt, à toutes les phases de mise en place de cette Académie, a été d'un apport essentiel. Pour toujours, l'Académie lui en sera reconnaissante. Sa compétence, sa disponibilité, et sa compréhension, ont été d'une aide déterminante pour le Secrétaire perpétuel et les membres de la Commission de fondation, et sans son concours, le démarrage de leur jeune institution aurait été une mission particulièrement délicate.

Sa très grande expérience de la chose publique, au niveau national et au niveau international, particulièrement pour tout ce qui concerne les orientations, l'histoire et la vie des Académies, de par le monde, ont fait que l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, ne s'est jamais privée de faire appel à son concours et à ses conseils avisés.

Le message de condoléances adressé par notre Souverain Sa Majesté le Roi Mohammed VI à la famille du défunt souligne toutes les qualités de ce dernier et les éminents services qu'il a rendus à son pays et à la médecine marocaine.

Avec le décès du Professeur Berbich, le Maroc perd l'un de ses fils dévoués et l'un de ses grands hommes, de très grand talent, dont la compétence, l'abnégation et le dévouement dans l'accomplissement du devoir professionnel étaient unanimement reconnus. A ces titres, et à bien d'autres de ses qualités, sa mémoire demeurera vivace. Son décès laissera un grand vide tant au niveau de ses proches qu'à celui de cette grande communauté d'hommes et de femmes qui croient, comme il le croyait, que le développement de notre pays et sa modernisation passent par le développement de l'éducation, de la formation, de la science, et de la culture.

Puisse Dieu, Le Tout-Puissant, accueillir le défunt dans son vaste paradis parmi les Prophètes, les Saints, les martyrs et les vertueux et lui accorder une ample rétribution pour les efforts louables et les bonnes oeuvres accomplies au service de son pays.

En cette douloureuse circonstance, et tout en exprimant de nouveau leurs condoléances les plus attristées à sa famille et à l'ensemble de ses amis, les membres de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques implorent Le Tout Puissant d'avoir le défunt en Sa Sainte Miséricorde.

«Nous sommes à Dieu et à Lui nous retournerons».



Pr. Omar Fassi-Fehri, Feu Pr. Abdellatif Berbich et M. Rachid Benmokhtar-Benabdellah

Rabat, le 06 janvier 2014



**Interactions interdisciplinaires  
des mathématiques appliquées :  
cas du Maroc**





## Interactions interdisciplinaires des mathématiques appliquées : cas du Maroc \*

Pr. Omar FASSI-FEHRI

Secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques



**Honorables invités,  
Chers collègues,  
Mesdames et Messieurs,**

Je voudrais tout d'abord exprimer le plaisir que j'éprouve de prendre la parole à l'ouverture de cette journée scientifique sur le thème «Interactions interdisciplinaires des mathématiques appliquées. Cas du Maroc», organisée par le Collège des Sciences de la Modélisation et de l'Information de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, en collaboration avec le réseau Théorie Des Systèmes, la Société Marocaine de Mathématiques Appliquées, l'Association Ben M'sik pour la promotion de la Culture Mathématique et Informatique et l'Institut de Neurosciences des Systèmes de l'INSERM & Aix-Marseille Université.

Je remercie vivement toutes les personnalités qui ont bien voulu répondre à notre invitation, et féliciter les membres et les responsables du Collège des Sciences de la Modélisation, leurs collaborateurs et plus particulièrement le Professeur Abdelhaq El Jai, cheville ouvrière de cette rencontre, pour le choix du thème de cette journée scientifique amplement justifié par l'importance de la recherche scientifique dans le domaine des mathématiques appliquées au Maroc et de leurs interactions interdisciplinaires.

Cette journée est certainement une excellente opportunité pour débattre et réfléchir sur l'évolution des mathématiques appliquées dans notre pays et sur leur contribution dans la production scientifique nationale ainsi que sur les tendances actuelles dans les mathématiques appliquées. C'est aussi une occasion pour renforcer davantage les relations de coopération interuniversitaire et les liens de collaboration et de partenariat entre chercheurs marocains et leurs collègues étrangers.

**Mesdames et Messieurs,**

Les mathématiques comme vous le savez sont considérées comme les premières sciences de l'humanité. Il est fort probable que l'homme a développé des compétences mathématiques avant l'apparition de l'écriture.

Le développement des mathématiques en tant que connaissance transmise dans les premières civilisations est lié à leurs applications concrètes: commerce, gestion des récoltes, mesure des surfaces, prédiction des événements astronomiques, et parfois exécution de rituels religieux ...

Les mathématiques se distinguent des autres sciences par un rapport particulier au réel. Elles sont de nature purement intellectuelle, basées sur des postulats appelés axiomes, non soumis à l'expérience. Cependant, les résultats mathématiques trouvent des applications remarquables dans les autres sciences. Concrètement, les mathématiques utilisent la logique comme outil pour démontrer des vérités organisées en théories.

Elles ont aidé par la suite à formuler les lois qui gouvernent de manière quantitative le fonctionnement et l'évolution de la nature. L'invention de la machine, de sa miniaturisation (découverte de l'électronique) et de son contrôle (informatique), a eu un impact sans précédent sur la vie de tous les jours et sur le fonctionnement de la société dans son intégralité. La révolution informatique et l'utilisation de l'ordinateur par les scientifiques, par l'industrie ou encore par le public a changé radicalement notre rapport aux concepts physiques, à la conception et la fabrication ou encore à l'information et son traitement.

Par ailleurs, l'évolution des mathématiques appliquées et des outils informatiques a permis de développer une nouvelle branche de la science qualifiée de Sciences et Ingénierie Numériques (SIN) qui a fait l'objet du thème général de la session plénière solennelle de notre Académie en février 2012.

Aujourd'hui, l'étendue du champ des mathématiques, la diversité des thèmes abordés, et le foisonnement des connexions entre ces différents thèmes rendent difficile de donner un classement universel et cohérent des domaines particuliers de recherche.

Un premier découpage des mathématiques en deux, trois ou quatre domaines différents est couramment utilisé : algèbre et analyse, ou bien algèbre, analyse et géométrie, ou bien algèbre,

\* Allocution d'ouverture de la session ordinaire organisée le 9 avril 2014 par le Collège des sciences de la modélisation et de l'information.

analyse, géométrie et probabilités. Mais de tels découpages entre ces différents domaines ne sont pas évidents et les frontières qui les séparent sont toujours mal définies.

La distinction est parfois effectuée entre mathématiques pures et mathématiques appliquées. Les premières ont pour objectif le développement des connaissances mathématiques pour elles-mêmes sans aucun intérêt pour les applications, sans aucune motivation d'autres sciences. Les secondes sont la mise en œuvre des connaissances mathématiques pour les besoins de formalisme d'autres sciences (physique, informatique, biologie, astrophysique, ...), et pour des applications industrielles (ingénierie par exemple).

Cette distinction structure souvent les équipes de recherche sans forcément hypothéquer les possibilités d'interactions entre elles. En général, les mathématiques entretiennent des rapports particuliers avec toutes les sciences, au sens large du terme. Elles sont aujourd'hui considérées comme la science interdisciplinaire par excellence.

#### **Mesdames et Messieurs,**

Au niveau national, aucun document de synthèse sur l'activité de recherche en mathématiques n'est disponible. Comme toutes les autres disciplines scientifiques, la recherche en mathématiques 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 et des recommandations pour sa promotion. Pour avoir un aperçu sur cette activité, le point d'entrée est l'évaluation effectuée par les experts européens en 2003. Le Collège des Sciences de la Modélisation et de l'Information est invité à faire une évaluation de l'état des lieux et à examiner la situation de la recherche dans les différentes disciplines des mathématiques au Maroc.

De l'évaluation de 2003 et à partir des données de 2006, fournies par l'OST, on peut dire que le Maroc dispose dans ce domaine d'un potentiel scientifique 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 en général, ils publient significativement, parfois dans des revues de très grand renom.

En 2006, le Maroc est considéré, à l'échelle mondiale, plutôt spécialisé en mathématiques, avec un indice de spécialisation dans cette discipline qui n'a pas cessé d'augmenter pour

atteindre presque 3,3. On note également avec intérêt que les mathématiques marocaines produisent 2.5% de la production mondiale.

Cependant, ce potentiel n'est malheureusement pas exploité convenablement faute de financements minimales suffisants et de la présence de pesanteurs administratives qui ne facilitent pas la structuration des mathématiciens.

Il ne fait pas de doute que si ces obstacles sont 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.

L'organisation de cette journée scientifique a le mérite de contribuer à la réflexion sur ces questions et de dégager une vue d'ensemble sur les meilleurs moyens permettant le développement des interactions interdisciplinaires des mathématiques appliquées dans notre pays.

Les débats et les discussions issus des travaux de cette journée permettront également d'établir et de consolider une collaboration continue dans le temps, susceptible d'intégrer les utilisateurs de la recherche en mathématiques appliquées, par cercles concentriques, ce qui contribuera au développement de cette recherche afin qu'elle remplisse pleinement sa fonction comme moyen d'aide à la prise de décision et comme moyen rapide et efficace adapté aux besoins des entreprises et du monde économique.

La tenue de cette rencontre est aussi une occasion privilégiée pour nos jeunes chercheurs de se tenir au courant des derniers développements dans le domaine de la recherche en mathématiques appliquées.

Je suis convaincu que votre journée permettra d'approfondir le débat et la réflexion sur l'intégration et l'apport des sciences mathématiques dans le développement socio-économique du pays et également d'identifier des secteurs et niches d'activité vers lesquels un transfert des connaissances et de compétences à partir des laboratoires de recherche est utile pour les besoins de la société et pour apporter les solutions appropriées au problème du développement durable de notre pays.

En conclusion de cette intervention, je voudrais renouveler mes félicitations aux organisateurs de cette journée et remercier les collègues étrangers présents et leur souhaiter la bienvenue dans notre pays.

Je souhaite plein succès aux travaux de cette journée et je vous remercie pour votre attention.



## Synthèse de la session ordinaire Interactions interdisciplinaires des mathématiques appliquées : cas du Maroc

**Abdelhaq EL JAI**

Directeur du Collège «Sciences de la Modélisation et de l'Information»

Cette session ordinaire, à l'initiative du Collège des sciences de la modélisation et de l'information, a été organisée en collaboration avec :

- Le réseau Théorie Des Systèmes (TDS), représenté par ses coordinateurs, Professeurs Abdelhaq EL JAI et Larbi AFIFI;
- La Société Marocaine de Mathématiques Appliquées (SMZA), représentée par son Président, Professeur Hassan EL AMRI;
- L'Association Ben M'sik pour la promotion de la Culture MATHématique et INFORmatique (ABC MATHINFO), représentée par son Président, Professeur Naceur Achtaich;
- L'Institut de Neurosciences des Systèmes, UMR 1106 INSERM, d'Aix-Marseille Université, représenté par son Directeur Adjoint, Viktor JIRSA, Directeur de recherche CNRS.

Cette journée a été organisée le 9 avril 2014 au siège de l'Académie et a réuni 172 participants, venus de France (Toulouse, Pau, Perpignan et Marseille) et d'universités marocaines (Casablanca Ain Chock et Casablanca Ben M'sik, El Jadida, Fès, Kénitra, Marrakech, Meknès, Rabat, Oujda, Tanger, Safi et Salé). Une tribune réunissant Monsieur le Ministre de l'Éducation Nationale, Rachid Benmokhtar, Monsieur le Secrétaire Perpétuel de l'Académie, Professeur Omar Fassi-Fehri, ainsi que les Professeurs Abdelhaq El Jai, Hassan El Amri et Naceur Achtaich, a souhaité la bienvenue aux participants. Chacun a retracé l'histoire de la société savante qu'il représente.

L'Académie a fait un travail important sur l'état des lieux de la recherche scientifique au Maroc. Ce travail a été publié dans un rapport en 2008, qui a été largement diffusé. Ce rapport fournit des informations intéressantes et montre qu'au Maroc, parmi toutes les disciplines scientifiques, les mathématiques (au sens large, regroupant parfois les sciences de l'ingénieur) ont une assez bonne production scientifique, mesurée en comptabilisant le nombre de publications scientifiques internationales. Ainsi, en mathématiques, sur 1000 publications dans le monde, la part marocaine est égale à 3,1.

Cette bonne place des mathématiques, on la doit au virage que les mathématiciens en grande majorité ont opéré vers les mathématiques appliquées au Maroc, et ce depuis le début des années 80. Il est vrai qu'au Maroc ce virage s'est fait tardivement. A titre d'exemple, en France, cela s'est opéré vers

le milieu des années 50. Cette ouverture, on la doit à l'intelligence des mathématiciens qui ont su s'ouvrir vers les autres disciplines. Aujourd'hui ne parle-t-on de modélisation partout?



Le Professeur Abdelhaq EL JAI, membre résident de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

A l'ouverture de cette session et comme l'a rappelé Monsieur le ministre de l'éducation nationale, les mathématiques appliquées ont commencé par la création d'une licence de Mathématiques appliquées (à base d'analyse numérique, de calcul scientifique, de langage de programmation et d'informatique) en 1979-1980. D'année en année, les étudiants en mathématiques se sont tournés vers les licences de mathématiques appliquées où, de toute évidence, plus d'ouvertures en particulier vers les grandes écoles d'ingénieur leur étaient offertes. Deux CEA (certificat d'études approfondies) en recherche opérationnelle et en contrôle optimal sont venus compléter cette licence. Sur ces formations de haut niveau est venu se cristalliser le laboratoire de contrôle optimal qui a compté plus de 20 chercheurs en 1984. La totalité de ces chercheurs a maintenu une activité de recherche en mathématiques appliquées. Beaucoup sont professeurs aujourd'hui, dans les universités marocaines où ils continuent d'encadrer, à leur tour, de jeunes chercheurs.

Cette session ordinaire illustre cette ouverture vers les autres disciplines. On y présente quelques aperçus interdisciplinaires, mais de nombreuses autres applications très réussies existent et seront présentées à d'autres occasions. Cette session sur les interactions disciplinaires des mathématiques appliquées est une première et d'autres seront organisées dans des sessions à venir.

Pour donner plus de sens aux mathématiques appliquées, les chercheurs se sont progressivement

penchés sur des applications ; diverses illustrations existent et vont des sciences du vivant aux sciences de l'ingénieur. Le tableau ci-dessous montre quelques unes des applications développées dans certains départements de mathématiques et informatique au Maroc.

| Composantes  | Activités de modélisation développées                                    |
|--|--|
| Facultés des sciences de Casablanca Ain Chock et de Casablanca Ben M'sik | Immunothérapie, HIV, hépatite, tuberculose, cancer, imagerie médicale... |
| Facultés des sciences Semlalia de Marrakech et d'Oujda                   | Influenza, HIV/AIDS, Dengue, Populations marines, Diabète, ESB...        |
| Facultés des sciences et Techniques de Tanger                            | Matériaux piezzo-composites, modèles de Timoshenko, hydrogéologie...     |
| Collaborations diverses et inter-centres                                 | Canal d'irrigation, maladie de Chagas, acidification des océans...       |

Au-delà de ces applications, les mathématiques appliquées ont encouragé l'ouverture vers l'interdisciplinarité. Cela va dans le sens de l'évolution normale des choses pour affronter les problèmes actuels, de plus en plus complexes. Cet effort est louable car la science n'avance que si on arrive à se sortir des œillères disciplinaires. Dans un article assez récent (John Whitfield, Nature, 2008, An indifference to boundaries) il a été montré que, au siècle dernier, la quasi-totalité des distinctions, prix, médailles... ont été attribués pour des travaux relevant de diversité scientifique, d'interdisciplinarité.

Un encouragement particulièrement important dans ce sens a été impulsé par le réseau de recherche thématique en théorie des systèmes, à l'initiative du Professeur Abdelhaq EL JAI et qui compte une dizaine de centres de recherche aujourd'hui, regroupant plus de cent chercheurs et autant de doctorants. Toutes les activités de ce réseau relèvent des mathématiques appliquées mais sont toujours motivées par des applications, avec des considérations rapprochant le mathématicien de l'utilisateur du système; avec en particulier l'introduction des notions d'entrée-sortie (actionneurs et capteurs). Les travaux du réseau sont régulièrement présentés dans un workshop annuel. Le dernier ayant eu lieu à Oujda fin octobre 2013 et le prochain sera organisé à El Jadida en 2015. Un rapport sur la période 2007-2012 a été largement diffusé.

Dans le même ordre d'idée, l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques a consacré la session plénière de 2012 aux Sciences et Ingénierie Numériques (SIN). Cette session a illustré comment, aujourd'hui, pratiquement tous les secteurs disciplinaires s'appuient sur les SIN pour faire avancer la science : les modèles et les méthodes numériques, la simulation et le calcul intensif de haute performance; les techniques d'imagerie et de mesures, d'instrumentation

et de visualisation qui sont les outils majeurs pour la collecte de signaux et d'observations; le traitement, la visualisation et le stockage massif de données, issues de mesures ou de calculs, qui permettent, avec les techniques d'apprentissage, l'intégration de ces données à des fins de nouvelles connaissances. Les diverses conférences de cette session plénière ont confirmé l'importance des mathématiques appliquées à travers l'étude et le traitement des modèles; ce qui montre pleinement l'importance des outils interdisciplinaires.

Enfin, historiquement, on ne peut pas ignorer dans la tradition arabe et arabo-andalouse, les travaux qu'on peut qualifier d'interdisciplinaire sur les sciences de l'ingénieur; avec tout ce qui a été développé dans les domaines de l'eau et son acheminement, de l'astronomie (on a quelques vestiges de clepsydre, à Fès en particulier), mais plus généralement les premiers observatoires astronomiques au Moyen orient, les instruments de navigation, les instruments optiques, la médecine, entre autres.

Dans cette session du 9 avril, les différentes conférences ont été partitionnées en quatre thèmes : Histoire des mathématiques appliquées et méthodologies (3 conférences), Sciences du vivant et santé (4 conférences), Sciences de l'ingénieur (3 conférences), Economie et Finances (2 conférences). Le programme détaillé ainsi que les résumés des conférences suivent plus loin. Les conférenciers ont fait un effort appréciable pour montrer les interactions avec les mathématiques appliquées. Les conférences, de très bonne facture, ont enthousiasmé une assistance qui a été présente nombreuse jusqu'aux derniers moments de la journée et ont suscité de nombreux contacts qui se poursuivront dans le sens de l'interdisciplinarité.

Il est à noter que les mathématiques appliquées sont définitivement implantées au Maroc. Les diverses interactions, très louables, sont à poursuivre. Il serait souhaitable pour avancer vers plus d'applications et d'interactions avec le monde socio-économique, d'encourager de façon effective cette démarche. Des structures de recherche interdisciplinaires devraient avoir les encouragements des décideurs. Il n'existe aucun problème du monde réel qui relève d'une seule discipline ! Des recrutements de chercheurs ayant fait l'effort de l'interdisciplinarité devraient être encouragés, en évitant la démarche classique qui vise à se cantonner dans les standards des disciplines académiques classiques. Pour cela, on devrait commencer à envisager des commissions de thèses, de recrutement faisant intervenir des chercheurs de diverses disciplines, comme commencent à le faire certains grands centres de recherche dans le monde.



## Résumés des conférences

### Mathématiques appliquées au Maroc : évolution, défis et perspectives

**Khalid Najib**

Ecole Nationale de l'Industrie Minérale (ENIM)

Rabat, Maroc

najibkhalid@gmail.com

**Résumé :** Les mathématiques appliquées ont connu un développement important avec l'apparition de l'ordinateur. Après Kolmogorov (pour les probabilités) et Von Neumann (bases de la mécanique des fluides numériques), plusieurs écoles ont vu le jour à travers le monde. En France, alors que les travaux de M. Leray et L. Schwartz avaient posé les bases modernes de l'étude des équations aux dérivées partielles, J.L. Lions et ses amis vont élargir le champ d'action des mathématiques et tisser des liens étroits avec les partenaires industriels (CEA, EDF, Avions Marcel Dassau It, IFP, etc.) De part les liens entre les universités marocaines et françaises et de la présence d'une «diaspora» mathématique marocaine importante en France, ces facteurs ont eu une influence sur le développement des mathématiques appliquées au Maroc.

Le contrôle optimal, l'analyse numérique et les statistiques ont commencé à se tailler une place de choix dans les enseignements des mathématiques à la faculté des sciences de Rabat à la fin des années 70 et des équipes de recherche sont nées. La vague se confirmera dans les jeunes universités naissantes à travers le pays.

A la fin des années 80, les mathématiques appliquées s'enracinent dans leurs diversités dans toutes les universités. Elles se sont enrichies de la diversité des laboratoires d'origine des docteurs (France, Canada, USA) et de l'importance du réseau des marocains qui exercent à l'étranger. La dimension maghrébine est déjà à l'ordre du jour au sein de cette communauté. Un premier congrès maghrébin des sciences de l'ingénieur accordant une large place aux mathématiques appliquées s'est tenu à Rabat en 1989.

Deux autres éditions en Algérie et en Tunisie suivront. Le dynamisme de cette communauté va aller crescendo : plusieurs manifestations scientifiques

sont devenues le rendez-vous incontournable des chercheurs marocains pour faire état des derniers développements que connaît la discipline au Maroc et à travers le monde. Les journées d'analyse numérique et d'optimisation sont à leur dixième édition, le TAM TAM a organisé sa sixième édition à Alger en 2013. Les journées de statistique, le CIRO, le CIMASI, le Congrès International sur les Equations Différentielles, les journées d'analyse non linéaire, sont autant d'autres conférences qui témoignent de ce gain d'intérêt. En plus des actes de ces conférences, des revues scientifiques ont tirées plusieurs numéros. La contrainte financière fut une raison importante de l'arrêt de cette expérience. La création de la SM2A en décembre 2005 est un événement qui a consacré cette évolution.

La structuration de la communauté a posé les jalons d'une activité durable, diverse, rassembleuse et lisible. Les conditions d'une réflexion sur l'essor des mathématiques appliquées au Maroc et sur les liens avec l'industrie sont ainsi réunies. Les congrès de cette jeune société (Rabat ENIM 2008, Rabat FS 2010 et Marrakech 2012), ses activités d'ouverture sur le monde économique et social (transport et finance, problèmes énergétiques et environnementaux, santé), ses débats sur l'enseignement des mathématiques et ses initiatives de promotion de la culture scientifique auprès de jeunes lycéens ont renforcé sa crédibilité.

L'autre événement marquant au sein de cette communauté fut l'identification de groupes thématiques les uns plus structurés et plus importants que d'autres : théorie des systèmes, systèmes dynamiques, analyse numérique des EDP, statistiques, calcul stochastique, analyse non linéaire, recherche opérationnelle.

Cependant, les mathématiques appliquées, à l'image des autres disciplines scientifiques, sont en face de grands défis: les amphithéâtres des mathématiques se vident de leurs étudiants. Les masters en mathématiques appliquées sont de plus en plus rares, ce qui a de graves conséquences sur le travail des équipes de recherche et pose de sérieux problèmes de relève. D'autre part, les liens avec l'industrie, véritable soutien au développement

de cette discipline, est encore embryonnaire sinon inexistant.

Mais les enjeux d'aujourd'hui nous permettent d'espérer des lendemains qui chantent. La révolution numérique reste un atout majeur qui placera la communauté des mathématiciens appliqués comme le fer de lance du développement scientifique du Maroc. Des contributions peuvent être apportées au niveau de l'imagerie (qui va du divertissement à l'imagerie médicale en passant par l'imagerie satellitaire).

Le développement de systèmes industriels et financiers complexes exige les outils de modélisation, de contrôle et d'optimisation. Les applications à la biologie (épidémiologie, préservation des ressources naturelles et halieutiques, rationalisation de la production agricole) sont aussi nombreuses que diverses.

La gestion des ressources en eau est une priorité pour faire face à la raréfaction de cette denrée au Maghreb, au regard des changements climatiques que connaît la planète. La grande dynamique associative n'est pas en reste : elle est en mesure de mieux faire connaître auprès du public, des jeunes et des décideurs le rôle grandissant des mathématiques et des sciences et les opportunités qu'elles pourraient offrir en matière d'emploi.

La réflexion sur le contenu des enseignements des mathématiques appliquées, sur l'utilisation des nouvelles technologies de l'information en matière d'apprentissage, sur la sensibilisation précoce des élèves à l'utilisation efficace de moyens de calcul et sur un système d'évaluation rénové sont en mesure d'attirer de plus en plus de jeunes vers les carrières mathématiques.

Notre jeune société de mathématiques appliquées, la SMZA, a fait des pas importants dans ce sens. Il lui reste à approfondir cette démarche et à s'imposer comme interlocuteur reconnu de la communauté et auprès des autorités de tutelle. Beaucoup d'autres efforts sont à faire au niveau du regroupement des compétences : création de groupes thématiques, communication diverse et régulière (pour les jeunes lycéens, pour le grand public, pour la recherche), place des sciences dans les débats de société.

### Les progrès spectaculaires des neurosciences

**Driss Boussaoud**

Directeur de Recherche CNRS. Coordonnateur  
du GDRI France-Maroc de Neurosciences  
UMR, INSERM 1106 Aix-Marseille Université  
Faculté de Médecine, 27, Boulevard Jean Moulin  
13005 Marseille, France  
[http://ins.medecine.univmed.fr/  
driss.boussaoud@gmail.com](http://ins.medecine.univmed.fr/driss.boussaoud@gmail.com)

**Résumé :** Les neurosciences regroupent un ensemble de disciplines dont l'objet commun est de comprendre le fonctionnement du cerveau humain et animal. Les progrès réalisés cette dernière décennie ont ouvert des perspectives majeures dans cette voie. Que ce soit dans la compréhension du cerveau et de son fonctionnement normal ou dans sa réparation dans le cas de certaines maladies comme le Parkinson ou suite à des traumatismes handicapants, des progrès spectaculaires ont été accomplis. Ces progrès, les neurosciences les doivent au développement d'outils d'investigations de plus en plus sophistiqués, à la fois pour scruter les niveaux moléculaires et cellulaires et pour suivre le fonctionnement macroscopique du cerveau par des techniques d'imagerie. Ces dernières ont bouleversé le champ des neurosciences car elles ont permis de voir fonctionner le cerveau en temps réel, pendant que des sujets sains volontaires exécutent des tâches perceptives, motrices, cognitives et émotionnelles diverses.

Le développement de ces outils sophistiqués s'est accompagné de la massification des données, dont la gestion, le stockage ainsi que l'analyse et la modélisation ont nécessité le recours aux mathématiques. Malgré ces progrès, de nombreux défis restent à relever, en particulier celui des problèmes de développement du système verveux conduisant à de graves désordres (ex. autisme), celui du vieillissement normal et pathologique du cerveau et la relation entre les gènes et les facultés mentales. En s'appuyant sur quelques exemples, cette conférence s'efforce de souligner les enjeux majeurs des recherches en neurosciences.



### Nouvelle approche en modélisation pour la recherche et l'industrie

**Samira El Yacoubi**

Institut de Modélisation et Analyse  
 en Géo-Environnement et Santé (IMAGES) Université  
 de Perpignan, 52 Av. Paul Alduy  
 66860 Perpignan cedex, France  
 yacoubi@univ-perp.fr

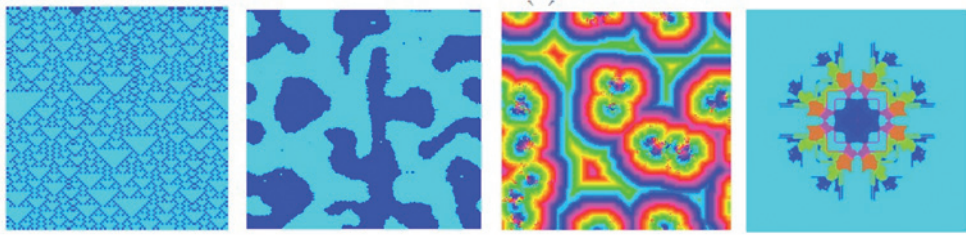
**Résumé :** La nécessité de connecter l'enseignement des mathématiques à celui des autres disciplines scientifiques et à des situations de la vie réelle est devenue évidente. Dans ce contexte, les mathématiques appliquées ont été initiées comme discipline à part entière au Maroc au milieu des années quatre vingts et depuis, leur évolution n'a cessé de croître afin d'accompagner les exigences du monde actuel et la complexité des problèmes confrontés. Cela se traduit par le biais de la modélisation mathématique. Le mot modélisation désigne un type bien précis de rencontre entre deux disciplines. C'est la possibilité de représenter un système réel par une maquette virtuelle qu'on appelle modèle mathématique. L'établissement d'un modèle mathématique réaliste pose en général des problèmes liés, entre autres, à la mise en équations. A partir des paramètres du système réel et de ses interactions avec son environnement, il faut définir des variables mathématiques et des lois de comportement qui gouvernent le processus naturel. Cela conduit à des équations mathématiques qui peuvent être de plusieurs types : continues ou

discrètes, linéaires ou non linéaires, déterministes ou stochastiques, etc.

Avec le développement de l'informatique et l'augmentation des capacités de calcul, la modélisation s'est imposée comme technique nécessaire pour l'étude des systèmes complexes dans différents domaines de la recherche académique ou industrielle. Dans le cas de beaucoup de phénomènes observés dans la nature, un modèle mathématique est nécessaire dès lors que la complexité du phénomène ne permet plus à l'intuition d'en comprendre le fonctionnement ni d'en prévoir l'évolution. La pertinence du modèle choisi est alors évaluée en effectuant une simulation et en comparant les résultats obtenus aux données expérimentales.

Cette étape de validation détermine les processus qui sous-tendent la complexité des faits expérimentaux, et propose une interprétation des expériences via des techniques d'estimation de paramètres utilisant des théories mathématiques liées aussi bien aux processus stochastiques qu'aux équations d'évolution déterministes.

Dès que l'on considère des systèmes complexes dont le nombre de composants ainsi que leurs interactions est très élevé, il est alors difficile et peu précis de simuler le fonctionnement de tels systèmes en se basant sur des représentations classiques. Il convient, alors, d'adopter d'autres modes de représentation plus adéquats tout en garantissant la persistance des principales propriétés de ces systèmes, telles que leur complexité, leurs symétries et lois de conservation ainsi que leur dynamique globale.



**Figure 1 :** Divers comportements exhibés à l'échelle macroscopique, à partir d'interactions locales entre des entités obéissant à des dynamiques microscopiques d'automates cellulaires.

Dans ce contexte, les automates cellulaires (AC) offrent un cadre conceptuel adapté aux systèmes complexes. Ce sont des modèles mathématiques simples pour la représentation et la simulation des systèmes spatio-temporels. Un AC est un système dynamique entièrement discret décrit par un

ensemble d'automates organisés en réseau, où les entrées de chaque automate sont constituées par les états de ses plus proches voisins. L'état de chaque automate ou cellule du réseau à un instant donné est donc fonction de l'état de son voisinage à l'instant précédent.

La modélisation utilisant les AC a l'avantage d'être conceptuellement plus facile que celle décrite par des équations aux dérivées partielles et l'évolution de tels systèmes est facilement implémentée sur ordinateur en évitant les erreurs d'approximation ou d'arrondi.

Partant d'une préoccupation d'informaticiens théoriciens, les AC sont devenus un outil à vocation générale, passant de l'étude de la complexité, du traitement d'images à la modélisation de systèmes réelles, physiques, biologiques ou écologiques.

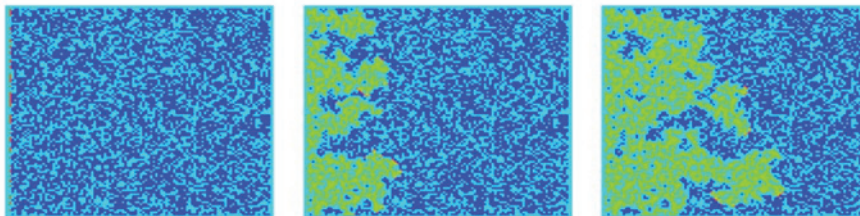
L'impact de la modélisation, la simulation et les nouvelles capacités offertes par le calcul numérique intensif sur l'activité et le succès des entreprises est de plus en plus important. Des rencontres entre les acteurs de la recherche académique et les industriels sont de nos jours, nécessaires à l'instauration de liens entre les deux communautés afin d'adapter l'offre de recherche aux besoins des industriels et permettre le transfert à destination des entreprises d'un secteur donné.

Dans ce contexte, les AC ont nourri le domaine de la recherche académique dans divers secteurs et disciplines : informatique théorique, mathématiques pures, biologie théorique, physique statistique,

etc. En particulier dans le domaine de la théorie des systèmes, ces modèles ont offert un nouveau paradigme qui a permis de repenser certains aspects et d'étudier de nouveaux concepts d'analyse et de contrôle liés aux systèmes complexes.

Dans le domaine industriel et à titre d'exemple marquant, une conférence internationale particulièrement dédiée aux AC pour la recherche et l'industrie (ACRI) se tient tous les deux ans depuis une vingtaine d'année et dont l'édition 2016 est prévue au Maroc. Nombre d'industriels et de chercheurs du secteur académique se retrouvent pour discuter des différents points de vue, tendances et challenges ainsi que l'état de l'art dans des secteurs pluridisciplinaires : biologie, chimie, communication, écologie, calcul parallèle, médecine, physique, ingénierie, trafic, économie ou sociologie. Un des partenaires industriels les plus fidèles est la société Illy pour le café qui est associée à des chercheurs académiques pour les applications des AC aux problèmes de percolation.

En relation avec un concept d'analyse des systèmes, le problème de percolation a été étudié pour décrire l'étalabilité dans un milieu hétérogène avec des applications en propagation des feux de forêt, d'épidémie ou de problèmes classiques de diffusion.



**Figure 2 :** Application de la percolation à la propagation d'un feu de forêt pour un seuil de percolation  $p = 0.6$ .

## Références

- [1] S. El Yacoubi and A. El Jai, Cellular automata and spreadability, *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 36, pp. 1059-1074. 2002.
- [2] S. El Yacoubi, P. Jacewicz and A. El Jai, Lucas : an original tool for landscape modelling, *International Journal of Software and environmental systems*, vol. 18, pp. 429-437, 2003.
- [3] S. El Yacoubi, B. Chopard, S. Bandini, Cellular Automata, 7<sup>th</sup> International Conference on Cellular

- Automata for Research and Industry, ACRI 2006 Perpignan, France, September 20-23, 2006., Proceedings Series : Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4173. Sublibrary : Theoretical Computer Science and General Issues El Yacoubi, Samira ; Chopard, Bastien ; Bandini, Stefania (Eds.) 2006, XVI, 735 p., Softcover ISBN : 3-540-40929-7.
- [4] R. Slimi, S. El Yacoubi, E. Dumonteil, S. Gourbiere, A Cellular Automata model for Chagas Disease, *International Journal of Applied Mathematical modelling*, Vol. 33, pp. 1072-1085, 2009.



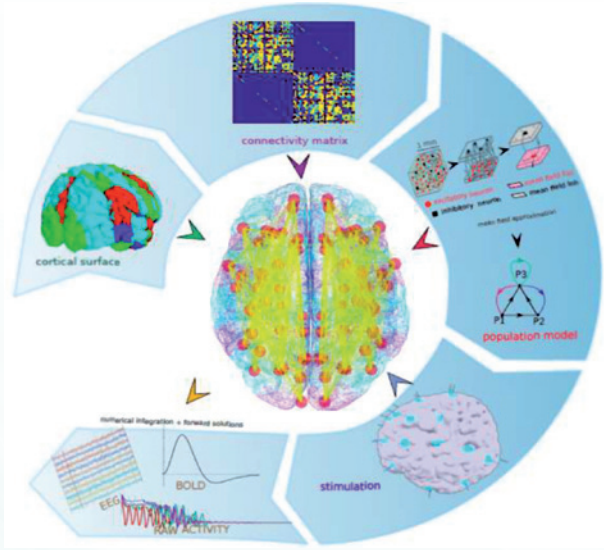
**Le cerveau virtuel :  
rêve ou réalité proche ?**

**Viktor Jirsa**  
 Directeur adjoint, Institut de Neurosciences des Systèmes  
 UMR INSERM 1106 Aix-Marseille Université  
 Faculté de Médecine, 27, Boulevard Jean Moulin  
 13005 Marseille, France  
<http://ins.medecine.univmed.fr/>  
[viktor.jirsa@univ-amu.fr](mailto:viktor.jirsa@univ-amu.fr)

**Résumé :** Les nouveaux outils de simulation informatique et les technologies récentes de l'information et de la communication ouvrent la voie à plusieurs projets de recherche internationaux tels que le «Human Brain Project» («Projet sur le Cerveau Humain») dont le but est de construire un «cerveau virtuel» qui reproduirait le fonctionnement du cerveau de l'homme. Un tel outil permettrait non seulement de mieux comprendre notre cerveau mais aussi d'élaborer des traitements innovants contre les maladies qui l'atteignent.

Un premier pas dans cette direction est le cerveau virtuel (The Virtual Brain, TVB), qui consiste en une plateforme neuroinformatique de simulation des réseaux cérébraux sur la base d'une connectivité biologiquement réaliste (voir [www.thevirtualbrain.org](http://www.thevirtualbrain.org)). Cet environnement de simulation permet, sur la base de la modélisation, l'inférence des mécanismes neurophysiologiques qui opèrent à différentes échelles et sous-tendent la génération des signaux de neuroimagerie souvent utilisés en neuroradiologie clinique, y compris l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), l'électro-encéphalographie (EEG) et la magnéto-encéphalographie (MEG).

Les chercheurs de différents domaines peuvent ainsi bénéficier d'une plateforme informatique intégrative comprenant un support pour la gestion des données (génération, organisation, stockage, intégration et partage) ainsi qu'un ça sur de simulation. Le TVB permet la reproduction et l'évaluation de configurations personnalisées du cerveau en utilisant des données individuelles. Cette possibilité de personnalisation facilite l'exploration des conséquences des altérations pathologiques qui peuvent atteindre le système d'un individu, permettant par la suite la recherche des moyens de prévention et de traitement.



Je décrirai le cadre théorique et les fondements qui ont conduit au développement du TVB, l'architecture et les caractéristiques de ses composants informatiques principaux, ainsi que leurs applications en neuroscience. Je mettrai l'accent notamment sur la représentation des crises épileptiques dans le TVB. Les crises peuvent survenir spontanément et d'une façon récurrente, ce qui définit l'épilepsie, ou peuvent même être induites dans un cerveau sain sous certaines conditions, et cela dans la majorité des réseaux neuronaux et chez la majorité des espèces, en allant des mouches aux humains. Une telle universalité est en faveur de l'existence d'invariants caractérisant la survenue des crises dans les conditions physiologiques et pathologiques. Dans ce contexte, nous avons analysé la dynamique des crises grâce à des outils mathématiques et nous en avons établi une taxonomie basée sur des principes premiers.

Pour la classe des crises les plus fréquentes, nous avons développé un modèle générique, baptisé l'Epileptor. Ce modèle prédit le début et la fin d'une crise, ses prédictions ont été validées, non seulement dans des expérimentations in-vitro, mais également pour les crises focales enregistrées dans différents syndromes, régions cérébrales et espèces (humains et poisson zèbre). L'Epileptor et la taxonomie des crises constituent un précieux guide pour les travaux de modélisations grande-échelle de la propagation des crises dans le TVB. Dans cette perspective, je présenterai les premiers résultats de la visualisation d'un patient à Marseille, dont les réseaux cérébraux ont été reconstruits dans le TVB en utilisant des Epileptors couplés et sa propre connectivité, ce qui a permis de mimer les patrons de propagations observés cliniquement.

## Utilisation des mathématiques appliquées pour les stratégies de santé. Exemple du diabète

**Abdesslam Boutayeb**

URAC04, LaMSD, Département de Mathématiques  
Faculté des Sciences d'Oujda, Maroc  
x.boutayeb@menara.ma

**Résumé :** Les modèles mathématiques constituent des outils scientifiques puissants pour la compréhension et l'analyse des dynamiques des populations et des maladies. Historiquement, on peut citer des modèles simples comme celui de Malthus qui considère que le taux de croissance d'une population est proportionnel à la taille de cette population ou le modèle logistique de Verlhust qui suppose que l'évolution de toute population est limitée par la capacité de l'environnement. Pour les systèmes biologiques, les modèles proposés par Lotka et Volterra dans les années 20 du siècle dernier ont été (et sont encore) largement utilisés pour comprendre l'évolution de différentes populations sous l'effet de prédation, compétition, migration, coopération, pêche,...

La dynamique des maladies touchant principalement les humains a attiré l'attention d'un grand nombre de mathématiciens. Bernouilli est considéré comme le pionnier des chercheurs pour avoir proposé en 1760 son «Essai d'une nouvelle analyse de mortalité causée par la petite vérole et des avantages de l'inoculation pour la prévenir».

Le début du siècle dernier a connu le lancement d'épidémiologie moderne avec des modèles mathématiques comme ceux proposés par Ross et McKendrick & Kermack. Les modèles compartimentaux (SIS, SIR, SEIR, ...) ont été utilisés de façon croissante pour comprendre l'évolution des maladies comme le SIDA, SARS, Grippe aviaire, dengue, paludisme, ...

Bien qu'en santé publique et médecine, la majorité des modèles mathématiques proposés concernent les maladies transmissibles, d'autres modèles sont dévoués au niveau cellulaire, aux maladies non transmissibles et aux problèmes de santé publique

en général (coût, coûts-avantages, rapport coût-efficacité). Les maladies non transmissibles constituent un des plus grands défis qu'affronte l'humanité en ce siècle. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) indique que ces maladies sont la cause majeure de mortalité dans le monde avec 36 millions (63%) de décès en 2008 (CVDs 48%, cancer 21%, maladies respiratoires chroniques 12% et diabète 4%).

Nécessitant un traitement de longue durée avec coût élevé, les maladies non transmissibles constituent un fardeau socio-économique pour l'individu, la famille et la société entière. De ce fait, les mathématiques appliquées peuvent et doivent contribuer au côté des interventions du ministère de la santé et de celles des autres secteurs, à réduire le fardeau de ces maladies. Suivant l'objectif global de l'OMS en 2005 de réduire le taux de mortalité des maladies non transmissibles de 2% par an, une étude a montré que, sur une période de 10 ans (2006-2015), 13.8 millions de décès pourraient être épargnés en réduisant la quantité de sel dans les repas de 15% et en activant la convention OMS sur le contrôle du tabac (FCTC).

Les auteurs ont estimé le coût de ces deux interventions à moins de 0.40 US dollar par personne par an dans les pays à revenu bas et entre 0.50 et 1 US dollar dans les pays à revenu moyen supérieur. Au Maroc, de nombreux chercheurs se sont intéressés à la modélisation mathématique dédiée à la dynamique des populations et aux sciences du vivant. L'utilisation des travaux de recherche reste, cependant, limitée à cause du manque d'interaction entre chercheurs et décideurs en matière de santé et dans d'autres secteurs. Dans cette intervention, nous proposons un exemple simple d'utilisation des mathématiques appliquées pour comprendre la dynamique du diabète via 4 volets :

1. La dynamique du glucose, insuline glucagon et cellules Beta.
2. Le coût direct et indirect du diabète au Maroc.
3. Simulation d'un modèle à compartiments dans le temps : pre-diabète ( $E(t)$ ), diabète sans complications ( $D(t)$ ) et diabète avec complications ( $C(t)$ ).
4. Analogie entre contrôle du diabète et contrôle optimal (mathématique).



### Dynamique des systèmes neuronaux dans l'épilepsie

**Kenza El Houssaini, Viktor Jirsa, Christophe Bernard**  
 Institut de Neurosciences des Systèmes UMR INSERM  
 1106, Aix-Marseille Université, Marseille, France  
 kenzaelhousaini@hotmail.fr

**Mots clés :** Épilepsie, système dynamique, bifurcation, stabilité, latercurrentdischarges, dépression envahissante

**Résumé :** L'épilepsie est un désordre du système nerveux. Elle se caractérise par un dysfonctionnement de l'activité cérébrale qui s'exprime par une survenue des décharges électriques à haute fréquence. La région, dite épileptogène, est supposée impliquée dans le déclenchement de la crise et fonctionne comme une zone initiale, d'où l'activité épileptiforme qui se propage vers les autres régions. L'émergence de la crise épileptique est interprétée comme une bifurcation, c'est à dire une transition non linéaire d'un état vers l'autre. Une analyse de la transition de la crise est nécessaire afin de comprendre l'activité cérébrale liée à ce phénomène complexe.

Pour ce faire, nous nous appuyons sur un modèle appelé Epileptor (Jirsa et al.)[1] qui correspond à un système dynamique non linéaire et reproduit l'activité épileptique. Mettant en oeuvre la théorie mathématique des systèmes dynamiques sur le modèle Epileptor (stabilité, bifurcation..), nous décrivons les différents aspects ayant de l'influence sur l'évolution temporelle de la crise épileptique.

Par ailleurs, le modèle Epileptor est caractérisé par de nombreux paramètres qui déterminent la dynamique du système. Cette dernière peut être affectée par des changements sur certains paramètres. De plus, un simple changement des conditions initiales peut mener à un nouveau comportement du système. De ce fait, nous avons exploré un espace des paramètres qui rassemble tous les régimes possibles générés par le modèle Epileptor.

Le comportement émergent suite aux changements des conditions initiales correspond physiologiquement à une autre forme d'épilepsie appelée late recurrent discharges (LRDs). Cette forme épileptique est d'un intérêt particulier parce qu'elle résiste aux médicaments anti-épileptiques et peut être considérée comme un facteur de risque de la mortalité infantile [2].

Tout comme l'épilepsie, la migraine est une maladie neurologique qui se caractérise par la survenue et la répétition des crises migraineuses. L'étude de Leao

(1944) découvre qu'une dépression envahissante est responsable de l'aura migraineuse.

Dans notre espace des paramètres, nous localisons la crise épileptique, l'épilepsie sous forme de latercurrentdischarges (LRDs) et l'aura migraineuse et démontrons que le réglage de certains paramètres peut les empêcher. Comme conséquence, un nouveau concept pour traiter les maladies neurologiques pourrait être identifié grâce à ces résultats.

#### Références :

- [1] VK Jirsa, WC Stacey, A Ivanov, C Bernard. On the nature of seizure dynamics (soumis).
- [2] P. P. Quilichini, D. Diabira, C. Chiron, Y. Ben-Ari and H. Gozlan 2002. Persistent epileptiform activity induced by low Mg<sup>2+</sup> in intact immature brain structures. Eur. Journal of Neuroscience, 16. pp 850-860.

### Modélisation et analyse mathématique des maladies infectieuses

**Jihad Adnani\*, Khalid Hattaf\*\*, Noura Yousfi\***  
 \*Département de Mathématiques et Informatique,  
 Faculté de Sciences Ben M'sik,  
 Université Hassan II, Casablanca, Maroc  
 \*\*Centre Régional des Métiers de l'Éducation  
 et de la Formation, Derb Ghalef, Casablanca, Maroc  
 adnanijihad@gmail.com, k.hattaf@yahoo.fr,  
 nourayousfi@hotmail.com

**Mots-clés :** Biomathématique, épidémiologie, points d'équilibre, stabilité, contrôle optimal, stochastique, diffusion.

**Résumé :** Les maladies infectieuses sont un problème de santé publique mondial. L'éradication et le contrôle de maladies telles que le sida, l'hépatite B, l'hépatite C, la tuberculose, le cancer et d'autres, sont devenus la préoccupation numéro un de tous les dirigeants de notre globe, de l'organisation mondiale de la santé, de plusieurs associations et organismes à travers le monde. Ce grand intérêt a suscité la curiosité d'autres scientifiques que les médecins, les immunologistes, les virologistes et les épidémiologistes.

Les mathématiciens se sont particulièrement penchés sur les problèmes de modélisation, d'analyse, de contrôle et de simulation. Ils ont ainsi construit des modèles qu'ils ont analysés pour comprendre la dynamique de transmission des maladies, expliciter les suppositions, faire des prévisions, suggérer la ligne de conduite optimale pour la lutte contre les maladies infectieuses persistantes et émergentes.

Nous abordons dans certains de nos travaux de recherche de nouveaux modèles dans lesquelles nous introduisons des facteurs qui semblent d'après les spécialistes très importants tels que l'immunité humorale et cellulaire et certains médicaments, tels que les inhibiteurs de la transcriptase inverse (ITI) et les antiprotéases (AP). Nous avons aussi intégré dans certains modèles un terme de contrôle, de diffusion et de perturbation stochastique.

Les outils mathématiques utilisés sont très variés. Les modèles déterministes utilisent des équations différentielles, des équations différentielles à retard, des équations aux dérivées partielles. Dans certains modèles stochastiques, nous avons ajouté un terme de bruit.

Dans tous les articles que nous avons publiés, l'idée essentielle était d'étudier la stabilité locale et globale autour de l'équilibre libre de la maladie et des équilibres endémiques. Selon les cas, nous avons utilisé différentes méthodes : linéarisation et étude des valeurs propres de la matrice jacobienne de l'équation linéarisée, construction d'une fonction de Lyapunov, principe de maximum de Pontryaguine, équations différentielles stochastiques, calcul d'Itô, etc.

Les modèles discrets ont aussi fait l'objet d'un certain nombre de nos publications. Les simulations numériques nous ont permis de visualiser l'évolution de la maladie, la stabilité des équilibres, selon la présence ou non de termes contrôles dans le cas retard ou sans retard, avec terme de diffusion ou non.

### Can a machine learn to act rationally ? Approaches, algorithms and challenges

**Malik Ghallab**

Directeur de Recherche CNRS  
LAAS-CNRS, University of Toulouse, France  
malik@laas.fr

**Abstract :** Machine Learning, a very active research field of Artificial Intelligence, seeks the acquisition of models from observations, experiences, and records. It covers numerous techniques, some of which are already mature and addressing a rich spectrum of applications, in particular the so-called Big Data class of applications for structuring and extracting knowledge from huge collections of data, in supervised or unsupervised modes.

This talk is concerned with a particular topic of the field: learning to act rationally in order to achieve some objectives. This topic is relevant to numerous scientific problems. It is critical for the development of robotics, a domain that motivates and illustrates the presented approaches and algorithms.

The general problem is to learn, for each context and objective, the best policy (i.e., a mapping from states to actions) achieving the objective and optimizing some criteria. Reinforcement Learning (RL) is a major paradigm for this problem : the learner learns by interacting directly with its environment and getting rewards about how successful its actions are. Markov Decision Processes (MDP) provide the framework on which most RL algorithms are based. RL approaches are usually non-supervised : the sole feedback the learner receives is the cumulative rewards of its actions. RL leads naturally to active learning : the agent explores possible line of actions in order to improve its behavior, i.e., it acts for the sole purpose of learning. This rises the issue of exploration vs exploitation, i.e., exploring all possibilities to acquire new knowledge vs making use of learned knowledge.

Scaling up RL methods for large state spaces is a major concern. Continuous state variables and parametric models allow to overcome this issue by using functional approximation or policy search methods. They also allow to generalize what has been learned to unexplored areas of the parameter space when some continuity assumptions are met. Generalization is also pursued through policy reuse techniques. These extend the exploration-exploitation alternative with a third option, the reuse of previously known or learned policies. The approach requires mappings between state and actions spaces, but no a priori information about when the reuse is useful.

RL has been successfully applied at the sensori-motor control level for a single task, without much deliberation, e.g., in inverse pendulum or dart game types of demonstrations, or even in difficult tasks such as flying helicopter acrobatics. For more complex problem and diverse environments and tasks, unstructured state spaces are very limited in expressiveness and complexity; their convergence requires a huge amount of training. Structured representations have been explored, among which: factored MDPs with compact Bayesian Networks representations; hierarchical RL methods; and relational RL methods. These approaches allow to learn complex decomposable behaviors and to integrate the learning techniques with the reasoning methods used in planning.

RL methods face another issue : rewards functions are difficult to specify and estimate from observable variables. Inverse reinforcement learning aims at acquiring reward functions from demonstrated behavior. With similar motivation, other approaches augment RL methods with feedback from and interaction with a teacher to directly get advice on preferred policies. In this supervised RL mode, a teacher discriminate (e.g., through a preference) between alternative trajectories of (state,action) pairs



issued from the same state. The approach of allows the learner to choose most relevant states where advice from the teacher can be useful. Learning from Demonstration (LfD) focuses on learning from behaviors demonstrated by a teacher. LfD approaches can be classified into teleoperation, shadowing, instrumented teacher and external observation. In the former two categories, demonstrations take place in the learner's configuration space. In the latter two, demonstrations are in the natural space of the teacher. Sensing of the state variables is direct in the cases of teleoperation or instrumented teacher. It requires interpretation in the two other cases. Learning methods acquire either policies, state-action dynamics from which policies can be derived, or explicit action models explicit planning. Teleoperation, shadowing and instrumented teacher approaches have been successfully experimented with in robotics. More exploratory techniques for learning with external observation, such as active imitation and partial programming are being tried.

This talk surveys the state of the art in RL and LfD. It discusses the above mentioned approaches, with a focus on basic principles and algorithms.

#### References :

- [1] P. Abbeel, A. Coates, A. Ng, Autonomous Helicopter Aerobatics through Apprenticeship Learning, International Journal of Robotics Research, 2010.
- [2] D. Andre, S. J. Russell, State abstraction for programmable reinforcement learning agents, Proc. AAAI, 2002.
- [3] B. D. Argall, S. Chernova, M. Veloso, B. Browning, A survey of robot learning from demonstration. Robotics and Autonomous Systems, 2009.
- [4] G. Infantes, M. Ghallab, F. Ingrand, Learning the behavior model of a robot. Autonomous Robot, 2010.
- [5] K. Judah, A. P. Fern, T. G. Dietterich, Active Imitation Learning via Reduction to iid Active Learning, Proc. UAI, 2012.
- [6] J. Kober, J. Peters, Policy search for motor primitives in robotics. Machine Learning, 2011.
- [7] J. Kober, J. Bagnell, J. Peters, Reinforcement Learning in Robotics : A Survey. International Journal of Robotics Research, 2013.
- [8] B. Morisset, M. Ghallab, Learning how to combine sensory-motor functions into a robust behavior. Artificial Intelligence, 2008.
- [9] D. Nguyen-Tuong, J. Peters, Model learning for robot control : a survey. Cognitive Pro-cessing, 2011.
- [10] O. Sigaud, J. Peters (Eds.), From Motor Learning to Interaction Learning in Robots. Springer, 2010.
- [11] A. Wilson, A. P. Fern, P. Tadepalli, A Bayesian Approach for Policy Learning from Trajectory Preference Queries, Proc. NIPS, 2012.

### Courbes et surfaces de Bézier et B-splines en modélisation géométrique

**Driss Sbibih**

Equipe d'Analyse Numérique et Traitement d'Images  
Laboratoire MATSI, Faculté des Sciences  
Université Mohammed Premier, Oujda, Maroc  
sbibih@yahoo.fr

**Résumé :** La modélisation géométrique s'est largement développée avec l'apparition des machines à commande au milieu du siècle dernier. Ce développement s'est accentué avec l'invention de l'ordinateur et la création de l'informatique. La décision d'utiliser l'ordinateur dans le processus de conception de formes géométriques a forcé le dessinateur à décrire toutes ses formes par des modèles mathématiques. La représentation mathématique des courbes et des surfaces est le passage clé entre le dessin à main levée et celui assisté par ordinateur.

Les modèles mathématiques permettent une mémorisation facile des formes complexes en vue de les reproduire numériquement et favorisent la création et la modification selon le besoin de ces formes. Cette discipline a suscité l'intérêt des constructeurs automobiles et aéronautiques à la fin des années 1950 lorsque les machines à commande numérique sont arrivées. De nombreux modèles sont proposés. Parmi ceux ci, le modèle de Bézier et modèle B-spline sont les plus connus. Au début, ces modèles utilisaient des fonctions polynomiales mais l'usage s'est généralisé aux fractions rationnelles. L'idée directrice sur laquelle ces modèles sont basés consiste à tracer une courbe ou une surface en déplaçant le barycentre d'un système de points, appelés points de contrôle. En modifiant la position de ces points, on peut déformer la courbe ou la surface jusqu'à l'obtention du profil recherché.

Le modèle de Bézier, proposé par Pierre Bézier, à partir de 1962 a donné lieu au logiciel UNISURF développé dans les bureaux d'études de la régie Renault. En parallèle, Paul de Casteljaou créait chez Citroën un autre modèle caractérisé par des pôles. Leur objectif principal était de définir de manière la plus concise les courbes des carrosseries et les pièces des voitures. Ensuite, un lien entre ces différents modèles a été réalisé par Riesenfeld en introduisant les polynômes de Bernstein. Grâce à cette nouvelle écriture, ces modèles ont vu leur champ d'application s'étendre avec le développement de l'informatique. Par exemple, les courbes de Bézier sont à la base des polices vectorielles de caractères et images vectorielles utilisées actuellement dans nos ordinateurs.



Cependant, le modèle de Bézier représente un inconvénient dans le sens où une courbe ou surface de Bézier est totalement modifiée dès qu'on déplace un point de contrôle.

Dans l'industrie automobile, par exemple, il est gênant que toute la pièce change de forme lorsque le constructeur veut seulement faire varier une partie de la pièce. Au niveau des calculs, il faudra tout refaire.

D'autre part, le degré d'une courbe de Bézier augmente avec le nombre de points de contrôle, et comme pour une forme complexe on fait intervenir beaucoup de points de contrôle, la courbe associée devient lourde et difficile à manipuler.

Pour remédier à ces problèmes de globalité et de degré, Cox et De Boor ont généralisé, au début des années 70, les travaux de de Casteljau en définissant les courbes B-splines uniformes. Du point de vue géométrique, une courbe B-spline peut être vue comme une suite de courbes de Bézier accolées les unes aux autres de façon que les jonctions soient suffisamment lisses. Ensuite, ces courbes ont été rapidement généralisées au cas non uniforme et ont été largement utilisées en dessin géométrique et en fabrication.

Elles ont été à l'origine de la conception de formes géométriques chez General Motors et chez Boeing dans les années 70 et 80. Elles sont aussi à l'origine des programmes définissant les paramètres du vol d'un avion (température, altitude, poids, trajectoire, orbite optimale,...).

En 1985, ce modèle B-spline a été généralisé en définissant le modèle NURBS (Non Uniform Rational Basis Spline). Ce modèle à base de fractions rationnelles, qui reproduit d'une façon exacte les cercles et les coniques, permet de réaliser des formes avec des géométries complexes.

Actuellement et avec le développement de l'informatique, les courbes et surfaces paramétriques de Bézier et B-splines et leurs généralisations aux fractions rationnelles (NURBS) sont à la base de nombreux logiciels destinés à l'assistance dans les tâches de conception, de simulation et de fabrication. Ces logiciels sont capables de créer des formes plus complexes, plus élaborées et plus esthétiques.

### Mathématiques et environnement : vulnérabilité et pollution des eaux souterraines

**Abdessamad Bernoussi et Mina Amharref**

Equipe GAT : Géoinformation et Aménagement du Territoire

Faculté des Sciences et Techniques Université

Abdelmalek Essaadi. Tanger, Maroc

bersamed16@yahoo.fr, amharrefm@yahoo.fr

**Résumé :** Les problèmes liés à l'environnement ne cessent d'attirer l'attention tant des scientifiques et des acteurs dans le domaines, que des décideurs et même du grand public vu la prise de conscience et la nécessité majeure de la protection des ressources naturelles. Toutefois, le droit au développement et à l'amélioration du cadre de vie de tout un chacun et le devoir de sauvegarder les ressources naturelles sont deux paramètres antagonistes d'un système d'équations difficile à formuler et à résoudre. Pour approcher rigoureusement ces problèmes complexes, l'apport des mathématiques est indéniable; d'abord dans la formulation de ce système d'équations ensuite dans sa résolution.

Pour illustrer cet apport des mathématiques dans les problèmes environnementaux, nous considérons, à titre d'exemple, le problème de la pollution des eaux souterraines. Par ailleurs, et à fin de mieux protéger les captages des eaux d'un système aquifère contre la pollution émanant des activités anthropiques, il serait nécessaire de délimiter d'abord les zones sensibles au transfert de polluant dites «zones vulnérables» et/ou à «risque». Ce ci nous amène à faire appel à un certain nombre de concepts mathématiques connus dans la théorie des systèmes; telles que l'étalabilité, la vulnérabilité, le risque...etc. Ensuite il faudrait formuler le modèle mathématique décrivant le transfert des polluants de l'interface sol jusqu'à la nappe : c'est la modélisation. Cette modélisation nécessite l'identification des paramètres, intervenant dans ce transfert, et leurs hiérarchisations en paramètres principaux, secondaires...

Pour ce faire, il faudrait d'abord décrire le phénomène de transfert des polluants depuis la Zone Interface Sol (ZIS) jusqu'à la nappe (Zone Saturée, (ZS)) en passant par la Zone Non Saturée, (ZNS) (figure 1). Cette migration se fait à travers l'infiltration d'une certaine quantité d'eau (recharge, R) avec une certaine concentration initiale,  $C_0$ , en polluant. Suite à un ensemble de mécanismes complexes (adsorption, oxydoréduction, biodégradation,...) qui ont lieu simultanément dans la Zone Non Saturée, la pollution pourrait atteindre la nappe, ZS, avec une certaine concentration  $C^1$ .

Pour l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution, des adaptations des notions d'étalabilité et de vulnérabilité, introduites dans le cadre de la théorie

des systèmes distribués par A. El Jai et son équipe se sont avérées très importantes.

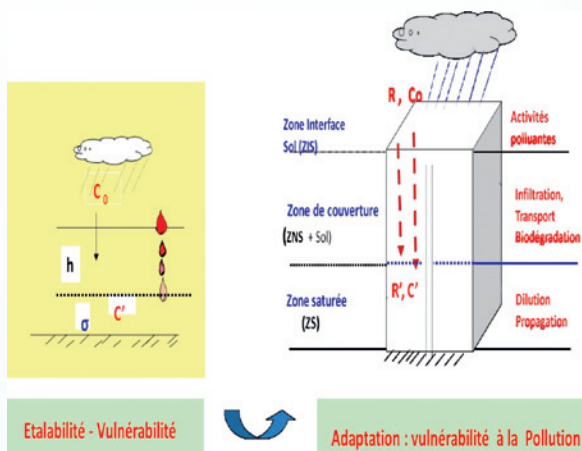


Figure 1 : Mécanisme de transfert des polluants

L'alimentation du modèle mathématique nécessite des données qu'il faudrait au préalable récolter, traiter et analyser (statistiques et analyse des données). Comme le domaine d'application (zone d'étude) est souvent hétérogène, il est alors nécessaire de faire appel aux techniques d'homogénéisation.

A titre d'exemple nous avons réalisé la carte de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la plaine du Gharb (Maroc).

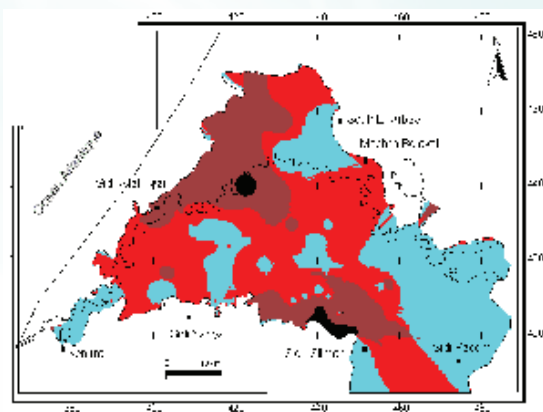


Figure 2 : Carte de vulnérabilité intrinsèque de la nappe superficielle du Gharb

Dans ce travail, nous illustrons l'apport des mathématiques dans les problèmes environnementaux, à travers l'exemple de la cartographie de la vulnérabilité et de risque de pollution des eaux souterraines.

Nous montrons, en particulier, qu'une telle approche (des problèmes environnementaux) ne peut se faire que dans un cadre pluridisciplinaire en intégrant certes des thématiques (hydrogéologues, biologistes, chimistes, cartographes...) mais aussi des mathématiciens de différentes spécialités et cela dans le cadre de la théorie des systèmes distribués qui offre une meilleure opportunité de développer des recherches pluridisciplinaires.

Références

[1] M. Amharref, S. Aassine, A. Bernoussi and B. Haddouchi, 2007. Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines : Application à la plaine du Gharb. Revue des Sciences de l'Eau, (2007) 20 (2), 185-199.

[2] M. Afani A. Bernoussi, m7. T-Wtu mhUitet risque de pr<>UtttWn de:s e®): s terfflnes. Actes des JSIRAUF (JO\II'I\ées Sientmqes !Mer Réseaux de l'Agence Universitaire de la Francophonie), Hanoi, 6-9 nOJembN all7.

[3] A. Bernoussi, al11.Sp bility, vulnerability, Mbility and protector control. 161h MercœtioMI Methods and Models in Automatics and Robotics (MMAR.), alll Miedzyzdrqje, Poland. ISBN: 97 14!:177-0012-8 INSPEC Ao;ession Number: 1227&9) Digital Object Identifier:10.1lœlj MMAR .alll.6œ1 1.

The Runge-Kutta discontinuous Galerkin method for option pricing

Ibtissam Medarhri\*, Olivier Bokanowski\*\* et Rajae Aboulaich\*

\* LERMA, Ecole Mohammadia d'ingénieur Université Mohammed V-Agdal, Rabat, Maroc  
 \*\* ENSTA ParisTech, Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées, Paris, France.  
 ibtissamme@gmail.com

**Abstract :** The Discontinuous Galerkin method is a class of finite element methods using completely discontinuous piecewise polynomial space for the numerical solution and the test functions. The numerical fluxes is the key ingredient of this method to obtain highly accurate and stable schemes in many difficult situations. In this report, we will present the Discontinuous Galerkin discretization of Diffusion-conservation law following the classical approach introduced by Cockburn and Shu [?], and using the Direct Discontinuous Galerkin given by Cheng and Shu [?].

**Keyword :** Discontinuous Galerkin, Runge-Kutta, PDE Black-scholes, Diffusion-conservation law.

The European option problem

In this section we describe briefly the Direct Discontinuous Galerkin Method for the European option problem.

We consider the PDE of the European put option with Strike  $K > 0$  and maturity  $T > 0$  :



$$v_t - s^2 v_{ss} - rs v_s + rv = 0, t \in (0, T), s \in D \quad (1a)$$

$$v(0, x) := \max(K - s, 0), s \in D \quad (1b)$$

with  $D = (S_{min}, S_{max})$ , where  $0 < S_{min} < K < S_{max}$  and  $S_{max}$  is large enough. In the first, we consider the change of variables  $s = K e^x$  and new unknown  $v(t, s) = Ku(t, x)$ , and the problem (1) becomes :

$$u_t - au_{xx} + bu_x + cu = 0, t \in (0, T), x \in \Omega \quad (2a)$$

$$u(0, x) := \max(1 - e^x, 0), x \in \Omega \quad (2b)$$

**Discontinuous Galerkin Scheme for the Convection-Diffusion problem :**

We consider the problem given in (2). In the first, we introduce the new variable  $q(t, x) = \partial_x u(x, t)$  and rewrite the problem (2) as follows :

$$\partial_t u(t, x) + \partial_x q(t, x) + bu(x, t) + cu(t, x) = 0 \quad (3a)$$

$$t \in (0, T), x \in \Omega$$

$$q(t, x) + \partial_x u(t, x) = 0 \quad (3b)$$

$$t \in (0, T), x \in \Omega$$

$$u(x, 0) := \max(1 - e^x, 0) \quad (3c)$$

$$x \in \Omega$$

We use the DG-scheme used in the transport equation to get the DG-schema for the Problem(3). The RKDG-schema for the equation (3) is given by :

$$\frac{u^{n+1,i} - u^{n,i}}{\Delta t} + Ar^{n,i} + Br^{n,i+1} + A_1 u^{n,i} + B_1 u^{n,i+1} = 0, \quad (4)$$

$$r^{n,i} + Du^{n,i} + Cu^{n,i-1} = 0$$

We use RK2 and RK3 for the equation (4).

**Numerical example.** For the numerical example we will consider  $T = 0.5, r = 0.1$  and  $\sigma = 0.2$ , and  $K = 100$ . and  $S_{min} = 60.653; S_{max} = 271.82$ .

**References :**

[1] B. Cockburn, and C-W Shu, The Local Discontinuous GALERKIN Method for time-dependent convection diffusion systems, SIAM. Numer. Anal, Vol.35, (pp.2240-2463) Dec.(1998).

[2] B. Cockburn, S-y Lin and C-W Shu, TVB Runge-Kutta Local projection Discontinuous Galerkin Finite Element Method for ConservationLaws III : One dimensional Systems, Journal of Computational Physics, Vol.84, (pp.90-113) (1989).

[3] M. Zhang, and C-W Shu, An analysis of threere different formulations of the Discontinuous Galerkin Method for diffusion Equations, Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, Vol.13, (pp.395-413) (2003).

[4] Y. Cheng, C-W Shu, A discontinuous Galerkin finite element method for directly solving the Hamilton-Jacobi equations, Journal of Computational Physics,Vol. 223, (pp.398-415) (2007).

|        | K = 1      |       | K = 2    |       | K = 3    |       |
|--------|------------|-------|----------|-------|----------|-------|
| Mesh I | error      | order | error    | order | error    | order |
| 10     | 0.1908E-03 | -     | 2.35E-03 | -     | 1.31E-04 | -     |
| 20     | 0.5862E-03 | 1.70  | 3.09E-04 | 2.92  | 9.27E-06 | 3.82  |
| 40     | 0.1571E-03 | 1.97  | 3.90E-05 | 2.98  | 5.99E-07 | 3.95  |
| 80     | 0.3874E-04 | 2.02  | 4.87E-06 | 3.00  | 3.77E-08 | 3.98  |
| 160    | 0.9487E-05 | 2.03  | 6.09E-07 | 3.00  | 2.36E-09 | 4.00  |

Table 1 : Example 1(1D BS-Eurp)L<sup>2</sup>, L<sup>∞</sup> errors, for BSE test, K = 2, RK3.

For the Runge-Kutta test, is given in the table bellow :

|        | Euler-Explicite |       | RK=2       |       | RK=3       |       |
|--------|-----------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| Mesh N | error           | order | error      | order | error      | order |
| 80     | 0.3682E-09      | -     | 0.1365E-09 | -     | 0.1563E-08 | -     |
| 160    | 0.1780E-09      | 1.04  | 0.3522E-10 | 1.95  | 0.2109E-09 | 2.88  |
| 320    | 0.8293E-10      | 1.10  | 0.8784E-11 | 2.00  | 0.2750E-10 | 2.97  |
| 640    | 0.3939E-10      | 1.07  | 0.2169E-11 | 2.23  | 0.3423E-11 | 3.00  |

Table 2 : (B&S equation) with fixed spatial order k=2, CFL= 0.3 to check time accuracy.



**La cartographie du cerveau :  
nouvelle frontière pour la recherche  
en neurosciences**



## La cartographie du cerveau : nouvelle frontière pour la recherche en neurosciences \*

**Pr. Omar FASSI-FEHRI**

Secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

### Honorables invités, Mesdames et Messieurs,

C'est avec un réel plaisir que je participe à la séance d'ouverture de cet important séminaire sur «la cartographie du cerveau : nouvelle frontière pour la recherche en neuroscience» préparé par le Collège scientifique des sciences et techniques du vivant, et organisé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques et ce, dans l'objectif d'encourager et de promouvoir la recherche scientifique et technique dans le domaine des neurosciences et, d'une manière générale, de mieux comprendre le fonctionnement du cerveau humain.



Je félicite les membres du collège des sciences et techniques du vivant de l'Académie pour le choix du thème de ce séminaire, amplement justifié par l'importance de la place qu'occupe aujourd'hui dans le monde la recherche sur le cerveau humain; de grands espoirs existent aujourd'hui pour avancer dans la compréhension de maladies comme la maladie d'Alzheimer ou la maladie de Parkinson, et pour trouver de nouveaux traitements à de nombreuses affections mentales; comprendre de mieux en mieux le fonctionnement du cerveau humain, appréhender comment des informations

provenant de notre environnement, par exemple une image, une odeur, un son, sont-ils perçus et transmis par notre cerveau en générant des tâches perceptives, motrices, cognitives et émotionnelles diverses, objets aujourd'hui des travaux de recherche les plus avancés dans le domaine des neurosciences; c'est pourquoi l'objectif affiché de ce séminaire est de faire l'état des sciences en matière de neurosciences et de cartographie des activités cérébrales.

Le projet de la cartographie des activités cérébrales est aujourd'hui pour le cerveau ce que le génome humain et son séquençage ont été pour la génétique dans les années 80 et 90.

Le Président des Etats-Unis, dans son Discours annuel sur l'état de l'Union en février 2013, a insisté sur l'importance des recherches sur le cerveau. Il a souligné «Chaque dollar que nous avons investi pour cartographier le génome humain en a rapporté 140 à notre économie». Et d'ajouter «Aujourd'hui, nos scientifiques cartographient le cerveau humain pour débloquent les réponses à la maladie d'Alzheimer. Ils développent des médicaments pour régénérer des organes endommagés. Ils élaborent de nouveaux matériaux pour fabriquer des batteries dix fois plus puissantes. Alors ce n'est pas maintenant que nous allons stopper ces investissements créateurs d'emplois dans la science et l'innovation.»

Cette annonce est en fait une réplique au défi lancé de son côté par l'Union Européenne avec le projet Human Brain, en vue de développer les connaissances sur le cerveau avec les enjeux commerciaux, industriels et stratégiques qui en découlent.

En juin 2013, six mois après l'annonce faite par le Président des Etats-Unis, une équipe de

\* Allocution d'ouverture de la session ordinaire organisée sur le même thème par le Collège des sciences et techniques du vivant le 16 avril 2014.



chercheurs allemands et canadiens a constitué un Atlas en trois dimensions (3D) du cerveau humain, le plus complet à ce jour. La cartographie cérébrale en trois dimensions contient 100 000 fois plus de données qu'une IRM (imagerie par résonance magnétique). Sa résolution permet d'obtenir des images 50 fois plus détaillées que celles réalisées jusqu'alors.

La recherche scientifique a fait ainsi un gigantesque pas en avant dans la compréhension du cerveau humain. Comprendre le fonctionnement du cerveau humain est l'un des plus grands enjeux des sciences de ce début du 21<sup>ème</sup> siècle.

**Mesdames, Messieurs,  
Honorables invités,**

Au cours de ce séminaire, on aura l'occasion et le plaisir d'écouter avec un grand intérêt en particulier deux communications de haut niveau sur des projets de recherche concernant la cartographie du cerveau, la première sera présentée par le Professeur Torsten N. Wiesel de l'Université Rockefeller de New York, lauréat du Prix Nobel 1981 qu'il a partagé avec son collègue de Montréal le regretté David Hubel, et qui va nous parler du grand projet américain de cartographie du cerveau et de ses travaux dans ce domaine, et la seconde sera présentée par le Professeur Sten Grillner, de l'Institut Nobel de Neurophysiologie en Suède du fameux Institut Karolinska, qui va nous exposer un aperçu sur ses travaux et sur les initiatives en cours dans le cadre du programme de recherche mis en œuvre en Europe sur la cartographie du cerveau. Je saisis cette occasion pour les remercier vivement d'avoir bien voulu répondre à notre invitation et accepter de présenter des conférences au cours de ce séminaire. Je leur souhaite la bienvenue et un agréable séjour dans notre pays.

Nous aurons également à écouter au cours de cette journée nos collègues membres de notre Compagnie notamment Pr. Carlos Martinez Alonso, Pr. Taïeb Chkili, Pr. Abdeljabbar El Manira et le Directeur de Collège Pr. Albert Sasson.

**Chers amis,**

Votre séminaire sera aussi l'occasion de réfléchir et échanger sur le contexte et les enjeux de la recherche scientifique sur le cerveau humain dans notre pays et d'évaluer les perspectives, déterminer les tendances de la recherche actuelle et fixer en particulier des axes porteurs qui concernent spécifiquement les problèmes de santé liés au cerveau dans notre pays.

**Mesdames, Messieurs,**

Permettez-moi, de renouveler mes sincères félicitations aux organisateurs de ce séminaire et aussi de présenter mes vifs remerciements aux éminentes personnalités scientifiques présentes avec nous, venant de l'étranger ainsi que celles venant du Maroc, ils contribueront tous, j'en suis sûr, à enrichir les débats de ce séminaire.

L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques qui s'enorgueillit d'être sous la protection tutélaire de Sa Majesté Le Roi Mohammed VI, que Dieu Le garde, suivra avec beaucoup d'intérêt les résultats de vos travaux et sera attentive à vos conclusions, qu'elle portera à la connaissance de la communauté scientifique nationale.

Je souhaite plein succès à votre séminaire et vous remercie pour votre attention.

\*\*\*\*\*



## Introductory remarks

**Albert Sasson**

Director, Life Sciences and Biotechnology Section



### Human uniqueness

Understanding human uniqueness in nature is to a very large extent associated with the understanding of functioning of the brain, which is one of the horizons of science.

Although the proper study of humankind may be man, that study - what is man? - will yield little if there is no reference point to compare with. Svante Paabo of the Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, in Leipzig, and his colleagues have sequenced the DNA of both Neanderthal man and an Asian species of prehistoric human, the Denisovians, which S. Paabo's work identified. The German scientists also turned their attention to modern Homo sapiens: in collaboration with a team from the Chinese Academy of Sciences, they have compared genetic activity over the course of a lifetime in the brains of humans, chimpanzees and rhesus monkeys. They have then matched what they found with what is known of Neanderthals, and think they have thus discovered at least part of the genetic difference between Homo sapiens and the others that creates human uniqueness. They focused on two parts of the brain. One was the dorsolateral prefrontal cortex, which is the seat of the abstract reasoning and social behavior; the other was the lateral cerebellar cortex, which is associated with manual abilities. The extracted cells, post mortem, from people, chimpanzees and monkeys of several ages, and looked at which genes had been active in these cells when the persons and animals were alive. They did so by examining the RNA in the cells, using chips covered with complementary strands to the RNA messengers.

Their results (published in *Genome Research*, 2012) fell into six categories. Firstly, they found some genes whose expression patterns over lifetime were uniquely human (i.e. were the same in chimpanzees and monkeys, but different in people) and others that were unique to chimpanzees (i.e. the same in people and monkeys, but different in chimpanzees). Secondly, they discovered that there were more uniquely expression patterns than uniquely chimpanzees ones. Thirdly, unique human expression patterns were more common in the prefrontal cortex than in the cerebellum. Fourthly, these uniquely expressed genes were most active in the young of all species, but their period of activity was several years longer in humans than in the others. Fifthly, the researchers identified seven groups of genes - five in the prefrontal cortex and

two in the cerebellum - which each seemed to be working as a module. And sixthly, these modular genes seem to be involved in linking neurons together through synapses.

To sum up, human beings have groups of genes that probably cause their brains to be "plastic" and thus receptive to change far longer (to the age of about five) than is true for chimpanzees or monkeys (whose brains are plastic for less than a year after birth). It was also worked out how the expression of these modules of genes was coordinated via transcription factors that switch them on and off. Indeed, by comparing genomes of humans living nowadays with their discoveries about Neanderthals, S. Paabo's group found that the regulatory process for one of the modules came into existence after the modern human and Neanderthal lines separated from one another, about 300,000 years ago. It is not possible to look at the expression pattern of genes in Neanderthals, but it might be possible, with the advancement of knowledge, to reconstruct part of it from a better understanding of that extinct species' DNA.

### Relating brain's anatomy with brain's functions

But we know that our human uniqueness is embedded in the functioning of our brain and even more in some regions of it. Henceforth the interest and also the great challenge to relate the brain's anatomy with the brain's functions. What is at stake is to identify how the informations coming out of our environment, e.g. an image, a smell, are perceived, travel through the circuits of neurons and finally generate behaviours, emotions and thought. Such structural and functional dissection of the brain could be compared with the decoding of the functioning of a computer's electronic circuit. This is a daunting task whose complexity increases exponentially with the number of neurons.

Human brain with its 100 billion neurons is an extreme example of complexity, in addition to the fact that experimental studies on it are limited. Even with laboratory animals with a lesser number of neurons and better adapted to experimental approaches, the task is still huge. In fact there is not one single public laboratory in the world that can carry out such a task by itself, because of the logistics and funding means required over a long period and without the hope of obtaining fast results.

## Brain mapping: the European Union's and United States' initiatives

### *The United States' Brain Initiative*

In the United States, seven years ago, the Howard Hughes Medical Institute - a not-for-profit private American foundation - has built the Janelia Farm Research Campus near Washington, D.C., which is devoted to the mapping of all neural connexions ("connectomics"). The American researchers intend to measure the activity of all neurons, ideally one by one. Not in humans - the task being too complex - but in more simple animal models, mainly the drosophila and mouse. This approach, bottom-up, i.e. from the neurons to the whole brain in animals that can be manipulated, is complementary to that of the HBP. At Janelia Farm the research projects aim at facilitating the collaboration among scientists: these projects are to a large extent interdisciplinary and the openness of the sites induce informal interaction.

On April 2<sup>nd</sup> 2013 President Barack Obama announced that America's government will back a project intended to advance our knowledge of the human brain. It was to have been known as the Brain Activity Map. But the project is now to be known as the Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies Initiative. And it spells "BRAIN". The United States' president will ask the Congress, in the budget he submitted on April 10<sup>th</sup> 2013, to approve US\$100 million for its first year of operation. That is a small amount compared with the US\$5.5 billion spent each year on neurosciences by the United States' National Institutes of Health (NIH). But it is more, even adjusted for inflation, than the US\$28 million spent on the Human Genome Project in its first year. The ten-year budget of the Brain Initiative was estimated at US\$500 million (€395 million).

Comparisons with the Human Genome Project were inevitable, but misleading. The size of the human genome was already known in 1990 when the project began. The approach was known too: break multiple copies of the genome up into random small pieces; sequence the individual pieces; then use a computer to work out, from the overlaps between those small sequences, how the whole thing fits together. BRAIN is different. The Initiative's researchers will have to invent most of the tools they use from scratch; thus the "I" and the "N" of the acronym are the crucial letters. Secondly, no one knows what success will look like. If the researchers are really lucky, they might be able to explain consciousness, and thus answer one of the biggest questions of all. Or they might work out, by seeing how large networks of nerve cells process information, how to build computers in different and better ways. They may reveal the mechanisms of currently puzzling conditions such as schizophrenia and autism, which seem to originate in the ways nerve cells are connected.

And they might come to understand dementias, such as Alzheimer's disease.

Three government agencies will be involved: the NIH, the Defense Advanced Research Projects Agency and the National Science Foundation. The NIH has assembled a working group of 15 of the United States' best neuroscientists - described by the officials as a "dream team" - co-chaired by Cori Bargmann of Rockefeller University, New York, and William Newsome of Stanford University, California. It will be this working group's task to come up with a plan, a time frame, specific goals, cost estimates, as well as to work out the milestones by which the project's success can be judged.

The Initiative exists as part of a vast landscape of neuroscience research supported by billions of dollars in federal money. Four private institutes will also contribute both expertise and funds: the Allen Institute of Brain Research in Seattle (which has been working on gene expression in brains); the Howard Hughes Medical Institute (whose Janelia Farm Campus in Virginia is attempting to map the brains of fruit flies); the Kavli Foundation (a body that subsidizes a lot of existing neuroscience, and also nanotechnology that might help in the design of tools that can probe the brain); and the Salk Institute, in La Jolla (near San Diego), California (where neurobiologists are looking at, among other things, how genes that jump around inside nerve cells affect brain development).

William Newsome stated about the Brain Initiative: "The goal here is a whole new playing field, whole new ways of thinking. We are really out to catalyze a paradigm shift." Brain researchers can now insert wires in the brain of animals, or sometimes human beings, to record the electrical activity of the brain cells as they communicate with each other. But they can record at most hundreds at a time. New technology would need to be developed to record thousands or hundreds of thousands of neurons at once. And new theoretical approaches, new mathematics and computer science will be needed to deal with the amount of data that will be collected.

While the Brain Initiative has been greeted with enthusiasm by many researchers in fields as diverse as neuroscience, nanotechnology and computer science, there were skeptics. For instance, Donald Stein, a neuroscientist at Emory University, in Atlanta, Georgia, stated changes in brain biochemistry were "not likely to be able to be imaged by the current technologies that these people are proposing." Emphasizing the development of technologies first, he said, is not a good approach. "I think the money could be better spent by first figuring out what needs to be measured and then figuring out the most appropriate means to measure them," D. Stein stated. However, supporters of the initiative argued that "it makes a sense to have a brain activity map now because the maturation of an array of



nanotechnologies can be brought to bear on the problem,” according to Michael Roukes, a physicist at the California Institute of Technology. Scientists said whatever was spent on the Brain Initiative would have a significant multiplier effect. President B. Obama made the same point, citing government support for research that ultimately resulted in the development of computer chips, global positioning systems technology and the Internet. “Every dollar we spent to map the human genome has returned US\$140 to our economy,” he stated.

### ***The European Union's Human Brain Project (HBP)***

With a funding of €1 billion over ten years the HBP will support the collaboration among 120 laboratories in 20 countries. The overall goal is to design a global model of the human brain and to progressively go down to the level of circuits, groups of neurons, neurons and finally to molecules, in order to explore their roles.

On 29 September 2014 was held in Heidelberg (Germany) the first annual overarching meeting of Europe's HBP. It was the first meeting since the HBP had been launched one year earlier. It was also a crisis meeting due to increasing tensions within the governance of the project. Members of the HBP's scientific committee requested the nomination of a mediator: “We need a consensual external view,” stated Philippe Gillet, vice-president of the Federal Polytechnic School of Lausanne (EPFL) – the Swiss institution in charge of coordinating the HBP. The spokesperson of the HBP is Henry Markram, professor at the EPFL; it was thanks to him that the project was supported by the European Commission in January 2013. But the tensions within the HBP's governance and leadership have led to the nomination of a provisional mediator, Wolfgang Marquardt, who chairs the prestigious nuclear research institute in Jülich, Germany. W. Marquardt announced that “he will present his proposals by the end of 2014 and that these proposals will be submitted to the vote of the HBP's general assembly.” For about a year the crisis has been developing and on 10 June 2014 it reached its climax when the HBP's executive committee sent to the European Commission a document dealing with the planning of the second phase of the project (2016-2025). It was then realized that a whole part of the initial programme disappeared from the plan: that of cognitive neurosciences.

That conflict in fact reflected an initial ambiguity. The HBP is a project of “emergent technologies” and one of its objectives is to develop computers based on the functioning of the brain. But it also includes a more conventional approach of experimental neurosciences, of which Stanislas Dehaene is in charge. The goal of this approach is to collect new data from animal models. S. Dehaene belongs to France's Atomic Energy Commission and to the National Health and Medical Research Institute (CEA-INSERM).

“The inclusion of cognitive neurosciences in the HBP is vital,” stated H. Markram. From the outset we have defined how they would contribute to the HBP. But our budget amounts to €50 million per year, to be distributed among numerous partners. Consequently we must drastically select what we can do and be different from what is being done elsewhere in the world.” The European Commission's reaction was nevertheless very firm: “You are requested to fill the gaps identified by the experts in their evaluation report,” wrote the Commission to the HBP's executive committee. It identified the points that should be amended. Firstly, “there should be an effective integration of the community of cognitive neurosciences into the core of the project.” Secondly, there should be “an opening up and flexibility” of the project, that include “ways of selecting the project's partners according to transparent and non-discriminatory modalities.” Finally “the governance of the project should be reviewed, through the clarification of the relationships and missions of the various direction committees.” On 29 September 2014, Thierry Van der Pyl, of the European Commission, recalled these three demands. “Understanding the human brain is a risky challenge, but Europe is often accused of lacking ambition,” he added. “To overcome the current difficulties, you should work together, in a constructive spirit.” The crisis culminated in July 2014: in an open letter, more than 750 neuroscientists warned the European Commission about the risks of “a major failure of the project.”

After having accepted to participate in the HBP, some scientists have resigned, such as Gilles Laurent of the Max Planck Institute for Brain Research (Frankfurt). On 3 September 2014, a letter was published in Nature, cosigned by G. Laurent and Yves Frégnac of the French National Scientific Research Centre (CNRS, French acronym), where they explained their increasing discrepancy with the HBP. G. Laurent stated: “I had less and less agreement with the orientations of the project ; in particular regarding the arbitrary phasing out of the experimental part of neurosciences, the development of an approach based on forced simulations and the building of an informatics structure that is so large that the project is heading towards a “Blue Brain Project 2.” Launched in 2005 by H. Markram, the Blue Brain Project aims to simulate a cortex column in the rat's brain from a huge amount of microscopic data. Until October 2014 the project did not lead to first-rate scientific publications. This was a recurrent reproach. However, an expert in the area stated that “this type of new technologies is not easy to evaluate using classical tools”. There is also the issue of intellectual property rights if there is an industrial valorization of the researchers' results, bearing in mind the questioning of the place of Switzerland in the European Scientific Space. Also were raised the problems of governance. Some researchers who did not want to be quoted, mentioned “an authoritarian approach, sometimes very



aggressive, or even threatening, of the executive committee vis à vis those who made suggestions or criticized some aspects of the project.” Others have denounced an “advertisement style”, or a “marketing approach.”

But as stated by Jean-Pierre Changeux, a renowned French neurobiologist and former chairperson of France’s National Ethics Committee, in charge of the ethics part of the HBP, “it is not unexpected that a project of that magnitude may go through difficult times.” “I am not too much concerned by the current situation and I very much trust Professor W. Marquardt,” he added; and he admitted that the mediation carried out by the German scientist was a “key period for the future of the project.”

Indeed, a “Brain Race” is currently taking place, stated Henry Markram at the September 2014 Heidelberg meeting. The United States’ Brain Initiative, with a funding of US\$500 million (€395million) over ten years, aims to map the structure and functioning of the human brain at all scales. It was also aimed at “giving the neurobiologists the tools they needed to understand the brain,” stated Greg Farber of the National Institutes of Health (NIH). Antoine Triller of the French Ecole Normale Supérieure (ENS, Paris) underlined that “the American scientists were laying more emphasis on the acquisition of new experimental data, while the Europeans were focusing on analysis and modelling”. Jean-Pierre Changeux agreed with his French colleague and stated: “The American project in more empirical, while in Europe we also have a tradition of theoretical thinking.”

Japan was also about to launch its own brain-mapping project with an annual funding of some US\$25 million. A China Brain Project should also be developed. Both the Japanese and Chinese endeavours will focus on research carried out on non-human primates.

### The new frontier in neuroscience research

It is too early to state whether such ambitious initiatives will achieve their expectations. However the prospect of designing an integrated mapping of the functioning of the brain seems within the reach of neuroscientists. This is undoubtedly the new frontier in neuroscience research. In this regard it is worth mentioning the effort made by a new generation of neuroscientists in order to change some research methods and particularly the ways to visualize the data of magnetic resonance imagery (MRI). The initiative called Brainhack (literally hacking the brain) was launched in 2012 in Leipzig by Daniel Margulies – one of the cofounders of Brainhack – of the Max Planck Institute for Neuroanatomy and Connectivity in Leipzig, and Pierre Bellec of the Montréal Geriatrics University Institute Research Centre and the Department of Informatics and Operational

Research. At the Brainhack Conference there are no presentations of new results, but rather suggestions for collaboration and cooperative projects. In October 2013 at the Brainhack Conference held in Paris (70 participants) the Laboratory for Functional Imagery at the Pitié-Salpêtrière Hospital launched the LinKRbrain, a software that enables the visualization of MRI data in two or three dimensions. This tool facilitates the comparisons of one’s data with all those of the scientific literature. On the screen can be seen the relations and overlapping among some 300 cognitive tasks, e.g. motricity, reward, intention, listening, attention. Such comparisons trigger the spelling out of new hypotheses and the design of studies aimed at confirming them.

A major common aspect to all these endeavours is the relationship between biology and informatics (computer science). Indeed neurosciences, like before them genomics, are becoming increasingly dependent on calculation tools and resources in order to treat the imagery data, but also to represent the results, screen them and compare them, and even to share them. Henceforth the “hacking” spirit of the Brainhack conference, which advocates a very open conception of science that could not be in tune with the usual practices, particularly with respect to the sharing of data.

Michael Milham of the Child Mind Institute, New York, stated at the Paris Conference that «sharing was also a means to avoid the wasting of data because the researchers who make the MRIs have not the time to interpret all the gathered data.» Other advantages include the capacity of better reproducing the results, of detecting errors and accelerating the advancement of knowledge. Reluctance to sharing data exists nevertheless, e.g. the need to protect the patients in the case of clinical data, or the fear to be outpaced by competitors. But by all means “neuroimagery is at a crossroad” stated Michael Milham who is confident that the new generation of neuroscientists will be more opened. In addition the big funding institutions in the United States are facilitating this orientation.

Both brain connectomics and brain genomics need the training of the relevant researchers and teams in data mining and the treatment of big data. In the case of brain genomics the plummeting of DNA sequencing costs enables the deciphering of chromosome DNA sequences within increasingly short periods of time. And this drastically changes the volume of data the physicians will have to gather and interpret in the near future. The same is true of the brain imagery in relation with an integrated mapping of the functioning of our brain. Only the alliance between the neuroscientists, bioinformaticians and computer scientists can lead to trespassing this new frontier in neuroscience research.

## Early days in the studies of the visual system \*

**Torsten N. Wiesel**

Prix Nobel de Médecine

\* Résumé de la conférence par Pr. Abdelkrim Filali-Maltouf, membre correspondant de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, Collège des Sciences et Techniques du Vivant.



Torsten Wiesel a commencé sa conférence en précisant que la comparaison de la science actuelle à celle d'il y a 50 ans permet des conclusions très pertinentes. La science, pour Torsten et son ami David Hubel, était une aventure; ils n'avaient pas de processus ou de protocole à suivre, contrairement à tout ce qui est disponible actuellement. Il a ajouté que le monitorat est un facteur très important pour l'avancement de la science.

Torsten et Hubel, après le «Medical Degree», ont entamé une recherche pour l'obtention du doctorat: partis de l'hypothèse que le système visuel chez le singe est très développé et très semblable à celui de l'homme, l'étude du cerveau de ce primate permettrait de comprendre le mode de fonctionnement chez l'homme. Une bonne approche respectueuse de la complexité dans le cerveau, disaient-ils, devrait permettre d'apprendre beaucoup de choses à ce niveau et de percer ses secrets.



Torsten Wiesel est né le 3 juin 1924 à Uppsala en Suède. Après des études de médecine au Karolinska Institut en Suède d'où il sort diplômé en 1954, il émigre aux États-Unis en 1955 pour travailler à l'université Johns-Hopkins à Baltimore. En 1959, il rencontre David Hubel avec qui il travaillera plus de vingt ans à l'université Harvard à Boston. Il y devient professeur de neurobiologie en 1968 puis directeur du département en 1971. En 1983, il part pour l'université Rockefeller à New York, dont il sera le président de 1991 à 1998.

En 1981, Torsten Wiesel et David Hubel obtiennent le prix Nobel de médecine pour leurs travaux sur le système visuel.

En observant une cellule de l'œil du singe, on se rend compte qu'au niveau de la rétine, ce qu'on appelle «le champ de réception d'une cellule» est très limité. Torsten a précisé que lorsqu'il s'agit d'un cortex visuel, la cellule ne peut visualiser qu'une partie limitée du champ visuel.

L'approche adoptée, en utilisant un spot de lumière, montre que les cellules s'organisent de façon spécifique. Ainsi, en stimulant par la lumière le milieu du champ visuel, les cellules sont excitées alors qu'en stimulant le côté, les cellules le sont moins. Donc, concluait-il, le champ de réception est très important et c'est sur cette base que repose le principe du contraste.

Pour comprendre comment les cellules du cerveau s'organisent en réaction à la lumière, ne disposant pas de matériel au niveau de leur laboratoire de recherche à l'Institut Hopkings, Torsten et Hubel ont utilisé ce qu'ils avaient à leur disposition : un vieux projecteur, un tableau noir et des morceaux de papiers. L'expérimentation de l'idée de base a permis de tirer la conclusion suivante : en changeant la direction de la lumière, les cellules changent de positionnement et s'organisent d'une façon spécifique. Pour être plus crédibles, ils ont déterminé la meilleure orientation de la lumière et ont représenté leurs résultats sous forme de graphes. Cette expérience, très importante pour comprendre l'orientation générale du système optique, a montré que les cellules s'organisent sous forme d'un cristal. En analysant l'anatomie de l'œil, ils se sont rendu compte que les cellules s'organisent en colonne horizontale ou verticale selon l'orientation de la lumière.

Une correspondance de Jerry C. Yang, spécialiste en anatomie, a incité Torsten à se poser la question sur le fonctionnement des deux yeux



et l'arrangement des cellules en réponse à une stimulation quelconque. L'analyse de la réponse de l'œil gauche puis de l'œil droit a montré qu'il existe des cellules qui ne réagissent que lorsque les deux yeux sont stimulés à la fois alors que d'autres réagissent en réponse à la stimulation de l'un des deux.

Afin de décrire ce qui se passe, ils ont injecté de la Proline radioactive dans l'œil du singe et ont suivi la radioactivité. Cette expérience n'ayant pas permis de conclure, elle a été reproduite chez le chien, ce dernier disposant d'un système optique plus sensible que celui du singe. Ils ont par ailleurs développé une méthode adéquate d'orientation des cellules en colonnes en s'inspirant de la structure d'un cube de glace.

La constatation que chez l'homme beaucoup d'enfants quittaient l'école à un âge précoce suite à des problèmes de vision, a incité Torsten et Hubel à chercher plus chez des petits-nés de singe. Ils ont montré que le cortex de l'œil a une réaction très sensible à la lumière et que le système optique se construit à la naissance.

La littérature clinique rapportait qu'un enfant né avec la cataracte ne peut être opéré qu'à l'âge de 4 ou 5 ans; il peut visualiser le mouvement des contours qui bougent mais ne présente jamais une vision normale.

Les deux chercheurs ont mené leurs expériences sur un seul œil de l'animal et ont montré qu'en stimulant les cellules de la rétine, une réponse est obtenue. En injectant à nouveau la proline radioactive, ils ont compris qu'il y a une sorte de compétition entre les deux yeux, lorsqu'ils opèrent sur un seul œil, le résultat fut meilleur. Cette sensibilité a été détectée surtout chez un animal de 1 à 3 mois.

Philosophie de Torsten : *«En plongeant dans la connaissance de n'importe quel domaine ou organe (cerveau ou autre), on peut trouver, et sans nécessairement beaucoup de dépense financière, la réponse à plusieurs questions.»*

A la fin de sa conférence, Torsten a rappelé les qualités humaines et scientifiques de David Hubel.



## Why the Brain?

**Sten Grillner**

Nobel Institute for Neurophysiology, Department  
of Neuroscience, Karolinska Institute, 171 77 Stockholm, Sweden



### Abstract

In the symposium on “Mapping the brain: the new frontier in neuroscience research” I had the privilege to discuss the neuroscience of today in a very general perspective, both the advances and the major challenges that we encounter. One special perspective will be the recent efforts in the US and Europe at the mega-scale level, concerned in particular with infrastructural developments for tools, modelling or neuroinformatics.

### Introduction

Let me first express my gratitude for the invitation to the Hassan II Academy of Science and Technology of the Kingdom of Morocco to discuss neuroscience, something that is close to my heart. So, “Why the Brain?” There are many reasons. First, the human brain is perhaps the most complex structure that has been formed by evolution, and it is an astounding electro-chemical machine of some 1200 g that makes us think, perceive, act and remember. It controls everything that we are able to do and the emotions that we perceive, like the delight of a beautiful morning or the despair when we are hit by bad news.

The brain consists of some hundred billion nerve cells and many more contact points that is synapses between neurons. It does not require more energy than that of a modest light bulb of some 30-60 watts. To simulate even parts of the brain and its function requires currently substantial computer power and energy requirements in the range of megawatts – an important hidden secret is how it can be so energy efficient with all its components from the smallest organelle to the large networks that operate different functions.

The different diseases of the brain encompass both psychiatric conditions like schizophrenia, depression, autism and neurological illnesses, like multiple sclerosis, Parkinson’s and the different forms of dementia. They are mostly chronic and therefore make the individuals and their relatives suffer for a long time, but it is also very costly for the society – no less than 1/3 of the costs for health care in Europe (Olesen et al, 2012, DiLuca and Olesen 2014), North America and Japan is due to the diseases of the brain. I have no figures for Morocco but it will obviously be an important factor to consider also here.

The brain is not only important for its many diseases but it is of interest for many other reasons, like:

- To understand how our brain works is actually also to understand ourselves. Our knowledge is stored in the brain and our ability to reason critically is a function of genetics and education. In short, each individual could say “my brain is me”.
- To understand the rules that govern the behaviour of all members of the animal kingdom is similarly a function of their nervous systems. With regard to vertebrate evolution, it has gradually tinkered with the fine details of the nervous system during millions of years to improve our ability to control complex sets of behaviours in primates and man.
- For the development of education from the level of the nursery school and upwards. When one is learning, one stores facts and concepts and should learn also how to critically evaluate them. It is clearly important to use effective ways to mediate education and to consider how the brain operates and to adapt the methods to the age of the individual. The brain of the young child is not fully developed in many ways, which needs to be considered, and the brain has reached its mature level only in the mid-twenties.
- As important as it is to find ways to counteract the diseases of the brain, it is to acquire knowledge of how to maintain a healthy brain as you grow older. Factors that are important in this context are a healthy diet, to remain physically active and of course to refrain from smoking.
- To develop brain-inspired technology – the brain is in many aspects, but not all (e.g. rapid calculation), superior to man-made tools, like information processing and robotics. Service robots may become a very important aid in the work place in the future, as well as for persons that are ill in bed with an inability to move (e.g. stroke). They could be very much helped by using “intelligent” service robot to fetch different objects. One must understand, however, that such a robot has the same needs as a biological creature. It needs to perceive the surrounding world through vision or other senses, be able to interpret what they experience and then decide what action to take and finally act in a well-coordinated manner.

## Neuroscience of today, advances and challenges

During the last few decades, Brain science (neuroscience) has seen a phenomenal development on two levels (Fig. 1). First, there has been a focus on the cell biology of the nerve cell and its synapses, particularly with regard to the genetic and molecular level and the many signalling pathways underlying neuronal function. This development has led to a revolution in our understanding of the nerve cell. It has also allowed for genetic manipulations in order to investigate, for instance, the effect of a deletion or overexpression of a given gene and the effect that it may have on the behavioural level. In this case, we are dealing with a correlation, since very rarely do we have sufficient knowledge of the intervening steps. On the other extreme level, we have human brain imaging, which has informed us of where in the brain different processes (e.g. sensory, motor or emotional) take place and how they have been modified in different disease states. The resolution in this case is instead at the level of thousands of neurons. The challenge of modern neuroscience is to bridge between these two levels, and be able to account for the neural bases of action, perception, and the many aspects of behaviour in terms of cellular, synaptic and microcircuit building blocks. We need, in fact, to appreciate all intervening steps between genes/molecules/cells/synapses to networks/systems and specific aspects of behaviour to understand how a gene modification in reality can affect behaviour.

The neuroscience reported in more than 100,000 articles each year has, however, (mostly) had a fact finding character. This has provided a great number of facts, but much less in terms of new insights reached into the fundamental mechanisms of the brain, whether on the cellular or systems level. A number of exciting new tools have been developed, but formidable breakthroughs have been scarce. One major limitation is the fragmentation into many different subfields and the difficulty to obtain an overview of the different areas of neuroscience extending from genetics to psychiatry. Such a broad overview is at the same time often required for synthesis.

It is somewhat distressing that the new very large neural research programmes in neuroscience are directed primarily towards infrastructure development, rather than a concerted effort towards a solution of major questions regarding brain function, such as the neural bases of emotions and related anxiety, the neural bases of behaviour and related movement disorders or memory storage and retrieval, and so forth. The list could be made very long.

The first, and so far largest, effort is the European Human Brain Project planned to be financed over ten years, which was followed by the Obama

BRAIN initiative, which will, at least in the beginning, focus on developing new tools for neuroscience. It has in turn been followed by a Japanese brain project concerned with developing the primate marmoset model, which would allow for transgenic interventions. Subsequently, China and Australia have indicated that they will initiate their own brain projects. Another major effort that provides important information is that of the Allen Brain Institute, which explicitly aims at providing a platform for displaying the expression of different molecules in different parts of the nervous system in a way that is easily accessible for the entire community. It has also been extended to include a systematic exploration of connectivity, also with utilization of electrophysiological methods. These different major efforts are important and will channel new resources to neuroscience, and novel infrastructure developments are in any case useful for neuroscience. They provide new tools that can be used to ask important questions, but to my mind, the focus should be on the questions being addressed. One would thus rather like to have tools developed to be able to address specific questions.

### *The human genome project*

The strategy of these different projects is to some degree similar to that of the human genome project, which was a concerted effort that led to the resolution of the human genome, the mouse, the zebrafish and many other genomes. This achievement was very important, but in itself mainly of a descriptive character. The net result is, however, platforms with genetic information from which other researchers can formulate specific questions of analytical character. This information has become invaluable, and bioinformatics plays a key role in current cell biology.

### *Bioinformatics and Neuroinformatics*

One major important challenge is the difficulty to bridge or get access to available data in all steps between the cellular and behavioural level. The reason is that a great number of fields deal with the brain, each with a particular approach and set of techniques. The difficulty is to go between these different areas. Take for instance linguistics and geriatrics versus structural biology or genetic processing. All fields are important, but each with its own methods and terminology, and each potentially important for human brain function. To facilitate the process of rapidly moving between different levels of organization, the development of neuroinformatic databases is very important (Bjaalie and Grillner, 2007). A “google” brain would markedly facilitate the ability to go between organizational levels and facilitate the interaction between the many fields of neuroscience. Bioinformatics considers mainly



the gene, proteome and biochemical levels and has within a short time become an indispensable tool at the cellular and molecular level. Neuroinformatics interfacing with bioinformatics needs to develop more complex databases extending from the bioinformatics level to that of behaviour, cognition and the many diseases of the brain. Neuroinformatics databases will be a critical factor in the development of simulation models, and the data would preferentially be stored in a format so that it can be entered directly into the simulation engines. The infrastructure for neuroinformatics has now in a number of years been in focus for the NIH, NIF, for the International Neuroinformatics Coordinating Facility (INCF) in Stockholm and is also an explicit goal for the Human Brain Project (HBP). The latter is financed from the "Future Emerging Technology" section of the European Commission and it has in a sense a similar character as the human genome project, but it is much broader and includes not only brain research, but nearly 50% is concerned with brain-inspired technologies (neurorobotics, high performance computing and brain-inspired neuromorphic engineering).

#### ***Bottom up modelling approaches at the microcircuits and systems level***

A major effort of the HBP is the very extensive and sophisticated modelling tools that are developed for simulation of microcircuits at different levels from cortex and subcortical structures, based on detailed biological information including neurons, glia and biochemical signalling pathways underlying synaptic plasticity. The core in HBP is a development of a very competitive infrastructure for simulations, based on rigorous experimentation on the cellular, synaptic and microcircuit level. A model does obviously not become better than the biological data on which it is based. In each dynamic system, like the different circuits of the brain, many factors co-vary and interact. Moreover, it is virtually impossible to dissect the role of different factors without simulation. This part of the human brain project is dedicated to bottom up analyses that is required if we are to understand the brain, based on the experimental data on cells, transmitters, receptor subtypes and alike. This approach is critical to move ahead, but it is primarily at the level of the microcircuits in the cortex, amygdala, basal ganglia, thalamus and the many brainstem - spinal cord networks underlying motor behaviour (Grillner et al, 2005). At this level, marked progress can be made in a time frame of not so many years and with the help of software developed for instance within the Human Brain Project. The next level is the integration of these circuits into more complex systems, like the selection of action, networks for storage and retrieval of information, circuits for spatial navigation depending on stored information – a

property that small invertebrate brains can handle as well as primates, including man. These more complex functions will undoubtedly require more time and effort. The HBP software development required for these simulations should be an infrastructure accessible for the neuroscience community at large.

Although I have so far discussed modelling in general terms regarding basic neuroscience, the need for bottom up approaches apply also to the many detrimental diseases of the brain. Biochemical signalling pathways interact in a very complex pattern and again detailed modelling is critical and will most likely play an important role in elucidating the mechanisms underlying the many degenerative diseases, like Alzheimer's disease and multiple sclerosis. It has to be recalled, however, that in each case the experimental data that goes into the models will determine the validity of the model and its usefulness. At another level are the psychiatric diseases, depression, schizophrenia and so forth. A specific problem here is that it may be questioned how much of specific human diseases (particularly psychiatry) is captured by the different experimental rodent models.

#### ***Top down approach***

A top down analysis may also be required, regarding the different cognitive functions, particularly the most advanced functions that are uniquely human, like language, but also the cognitive functions that are shared with other mammals. These are studied mainly with neuropsychological methods combined with a variety of imaging approaches and other ways of recording cortical events. Time resolution is key, and therefore functional MRI (fMRI) is at a disadvantage. fMRI provides information of where a given change of activity takes place in the brain. Positron emission tomography (PET) has a similar problem, but can be combined with analysis of different molecular targets and only magnetoencephalography (MEG) and electroencephalography (EEG) can provide appropriate time resolution to allow representation of the dynamic interaction between different brain areas. In this case, the maximal resolution consists not of single, but rather of thousands of neurons! The challenge is to reach some insights into how these processes are operating based on neuropsychology, location, and preferably timing and attempt to relate these functions to the underpinning of neural circuits at the systems level. In this case, theoretical implementations of the data and exploration through top down approaches provide an important additional strategy, also contained within the Human Brain Project.

The long-term, overarching goal is of course to make the bottom up and top down approaches meet and thereby be able to account for complex



functions based on knowledge extending all the way from the cellular to the cognitive level - but this will undoubtedly take quite some time. To obtain a real understanding rather than just a correlation between different events, one needs to cover each part of the chain extending from gene products to cells and synapses to microcircuits and systems involved to the integrated processes leading up to a given pattern of behaviour or global brain function in terms of for instance decision-making.

### ***The brain is modular - advantages for the analysis***

It is no question that the big infrastructural development in terms of neuroinformatics databases, and sophisticated modelling tools will facilitate a rapid development of integrated neuroscience. Hopefully, this will catalyse a number of new projects that will lead to fundamental new insights into the many fundamental questions still to be solved. It is my conviction that having the focus directly on understanding the very complex achievements of the human brain in terms of reasoning and other high level cognitive functions will make for slow progress. The underlying modular building blocks of the nervous system (see Shepherd and Grillner, 2010) first need to be elucidated, if an understanding based on rigorous science should be reached, rather than merely superficial interpretations.

Although the nervous system contains an immense number of neurons and synapses, it is fortunately divided into a number of functional modules, each of which is related to a specific function of the nervous system. These modules should be possible to understand by utilizing the many techniques of current neuroscience. Take for instance:

- structures like the amygdala (with its different compartments), controlling emotional reactions through the many different downstream targets,
- the motor programs underlying the expression of emotions,
- the functional modules of the basal ganglia that control e.g. the visuomotor microcircuits at the superior colliculus level,
- the many networks that control basic patterns of motor behaviour at different levels of the neuraxis (see Fig 2),
- the modular circuits that serve evaluation (reward, aversion etc.), involving the dopamine system, lateral habenula, and their control from different inputs including striosomal, pallidal and cortical circuits,
- microcircuits like cortical columns, striosomes or cerebellar microzones, provided that the physiological inputs are included and preferably also the output targets,
- the hippocampal microcircuits underlying the formation of place cells, grid cells and head direction cells and their integrated role in controlling spatial navigation and potential role in accounting for episodic memory.

***These are just a few examples of modules*** that with dedicated efforts utilizing all available neurobiological methodology can be understood. The implicit requirement, however, is a definition of which cells take part in the underlying network, their cellular and synaptic properties, rules of plasticity and how the different components are recruited during behaviour. Given the complexity with numerous **dynamically interacting** processes, detailed modelling based on rigorous experimentation will be a crucial aspect of any analysis. This is the only way to test if available information can, or cannot, account for the function of a network or a given module. In this way one can over a number of years build up a series of modules that are reasonably well understood through a combination of experiments, reasonable predictions and modelling utilizing also the new infrastructure developed for instance within the Human Brain Project. In a next step this can be extended to a combination of modules subserving progressively more complex functions. This process can be aided by top down analyses as discussed above.

### **The Moroccan perspective**

Moroccan neuroscientists have a longstanding tradition in neuroscience and in particular with very close links to France, where many have received their PhDs before returning to Morocco. Many continue to collaborate with their French PhD laboratories, while it has been more difficult to build up a competitive laboratory within the different universities. Many have chosen to remain abroad in North America or Europe and have there formed a successful career. It would perhaps be useful to have exchange programs with these laboratories. The African Neuroscience Society also plays an integrative role of importance for the local neuroscience community. It is currently led by Professor Nouria Lakhdr-Ghazal from Rabat.

With regard to the different clinical fields of brain sciences we had the privilege to visit the “Hassan II Foundation for the Prevention and Cure of the Nervous System Diseases of Public Utility” led by Professor El Khamlichi. This centre has very good resources and is also responsible for a WHO centre for training in neurosurgery and actually educates a number of neurosurgeons from the Sub-Saharan region, in which there is a formidable lack of not only neurosurgeons but also neurologists and, in particular, child-neurologists. Training in basic and clinical neuroscience at a high-level is thus the priority also in relation to the neighbouring

countries. The International Brain Research Organization (IBRO) has over many years had courses for PhD students in different sites in Africa in order to promote the education in neuroscience and to increase the number of very competent neuroscientists. IBRO and its Regional African Committee now plans to concentrate the training program to two permanent sites in Africa, one in South Africa and the other in Morocco (Rabat). The intention of this arrangement is to create an infrastructure in each site for the organization and administration of the courses, and then as at present have different course directors, who design outstanding courses. The Cold Spring Harbor courses in the US have a very high level and serves as a source of inspiration.

**In conclusion**

In this short essay I have tried to give the background of why the BRAIN is an astounding structure of interest in itself for a great number of reasons but also for understanding the mechanism of its many devastating diseases. I have also tried to convey the rationale for the different infrastructural developments driven by the Human Brain Project and the Obama initiative. They will facilitate new basic and clinical research. It most likely will still remain for individual scientists and their groups to formulate creative questions to make the brain reveal its many secrets. The resources created will benefit neuroscience in all parts of the world.

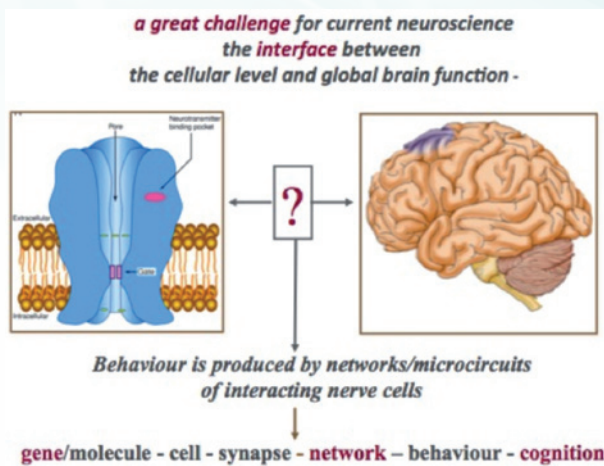


Fig. 1: The two extreme levels of neuroscience that have evolved rapidly, the cellular to the left and brain imaging to the right. The challenge is to bridge these levels in order to be able to explain behaviour in terms of cells and synapses. It emphasizes the fact that in order to have a solid underpinning of the circuits underlying a specific function, one needs to be able to bridge from gene through the different steps indicated below in the figure to for instance a cognitive or behavioural function.

**MOTOR INFRASTRUCTURE**  
Neuronal networks that co-ordinate different movements

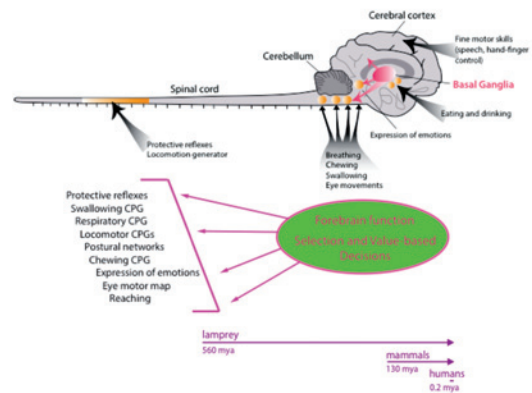


Fig. 2 Examples of the different modules or neuronal networks that coordinate different classes of movements. The different networks can be called upon to generate different movements from simple to more complex. The forebrain selects which network in the brainstem or spinal cord should be active at a given moment. This organisation applies to all vertebrates from fish to man.

**References**

Bjaalie, J.G. and Grillner, S. (2007) Global Neuroinformatics: The International Neuroinformatics Coordinating Facility. *J. Neurosci.* 27:3613-3615.

Grillner, S., Kozlov, A, and Hellgren Kotaleski, J. (2005) Integrative neuroscience: linking levels of analyses. *Curr. Opin. Neurobiol.* 15:614-621.

DiLuca M, Olesen J. The cost of brain diseases: a burden or a challenge? *Neuron.* 2014 Jun 18;82(6):1205-8.

Olesen J, Gustavsson A, Svensson M, Wittchen HU, Jönsson B; CDBE2010 study group; European Brain Council. The economic cost of brain disorders in Europe. *Eur J Neurol.* 2012 Jan;19(1):155-62.

Shepherd, G. M. and Grillner, S. (2010) *The Handbook of Brain Microcircuits.* Oxford University Press 2010.

**Acknowledgements**

This work was supported by grants from the Swedish Science Research Council and the European Commission. The present review is based partially on an article called "Megascience Efforts and the Brain" published in *Neurons* on June 18, 2014.



## What are the perspectives for Morocco?

**Abdeljabbar El Manira**

Academy Hassan II of Sciences and Technology  
Life Sciences and Biotechnology Section



The goal of the symposium was to present the perspectives of the European Human Brain Project and the American BRAIN Initiative to Moroccan researchers and clinicians in the field of brain function and disorders. Indeed, a large audience has responded to the invitation of the Academy, which contributed to the success of the event.

The symposium ended with an open discussion led by Academician Taieb Chkili who described the current situation of neurobiological and psychiatric research in Morocco.

The discussion focused on the following main points:

- To use the influence and goodwill of Professors Wiesel and Grillner to promote training for Moroccan researchers and clinicians in top-class centres and universities in Europe and North America. In this regard, the Section of Life Sciences and Biotechnology can help disseminate information on open positions and funding opportunities.
- To create an alliance between Swedish and Moroccan research institutions to promote the exchange of students and post-doctoral fellows as well as collaborative projects. Such an alliance will help training Moroccan neuroscientists in the coming years. This idea was explicitly expressed by Professor Nouria Lakhdar-Ghazal.
- To further strengthen the position of Morocco as an important player in the training of African physicians and neuroscientists. In this regard, the International Brain Research Organization (IBRO) has chosen the Mohamed V University in Rabat as one of the two African sites (the other site is South Africa) for a research training school in basic and clinical neuroscience. The IBRO will provide financial support to organize two schools annually. The practical details of such an agreement are being discussed by Professors Sten Grillner (Secretary-General of IBRO), Abdeljabbar El Manira, Nouria Lakhdar-Ghazal and Abdeslam El Khamlichi.





## **Politique industrielle et stratégie de développement économique**





## Politique industrielle et stratégie de développement économique\*

**Pr. Omar FASSI-FEHRI**

Secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques



**Messieurs les Ministres,  
Honorables invités,  
Mesdames et Messieurs,**

Je voudrais d'abord exprimer le plaisir que j'éprouve de prendre la parole à l'ouverture de ce séminaire, organisé par le Collège «Etudes stratégiques et développement économique» de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques sur le thème «Politique industrielle et stratégie de développement économique».

Je remercie le Ministre de l'Industrie, du Commerce, de l'Investissement et de l'Economie numérique, Mr. Moulay Hafid Elalamy pour avoir accepté notre invitation et pour sa contribution à la réussite de cette journée.

Je remercie également les membres du Collège «Etudes stratégiques et développement économique», plus particulièrement son directeur mon collègue le Pr. Noureddine El Aoufi, pour le choix du thème de cette journée amplement justifié par l'intérêt et l'importance qu'occupe aujourd'hui l'industrie dans le développement économique de notre pays et aussi pour l'élan de mobilisation d'un nombre important et respectable d'acteurs et d'opérateurs, venant de l'intérieur et de l'extérieur du Maroc, pour développer la concertation et l'échange sur la politique industrielle nationale, pour débattre aussi de nouveaux ressorts de l'industrialisation et des nouvelles opportunités et potentialités qu'offrent les diverses expériences internationales pour notre pays et pour discuter également des moyens appropriés permettant d'améliorer et de renforcer la R&D et l'Innovation dans ce domaine.

Je remercie aussi sincèrement les personnalités qui ont bien voulu accepter notre invitation aussi bien celles venant de l'étranger que celles venant de l'intérieur du Royaume, et qui certainement enrichiront les débats aux cours de ce séminaire.

**Mesdames et Messieurs,**

Sous la direction et l'impulsion de notre Souverain Bien-aimé, Sa Majesté le Roi Mohammed VI – que Dieu perpétue Ses bienfaits, le Maroc connaît ces dernières années des mutations profondes touchant presque tous les secteurs socioéconomiques. Plusieurs chantiers engagés témoignent de la volonté de doter le pays d'infrastructures de base et de plateformes logistiques et industrielles capables d'induire un développement qui se veut global, durable, harmonieux, équitable et non exclusif. Le lancement de ces différents chantiers et la réalisation effective de plusieurs de ces grands travaux d'infrastructure (ports – aéroports – autoroutes – plans nationaux sectoriels : énergie, agriculture, industrie ...) sont en passe de changer radicalement la structure de l'économie marocaine et d'accroître considérablement son potentiel de croissance, son attractivité, sa compétitivité et sa capacité à contribuer au développement humain.

En l'espace de trois décennies, le Maroc a vu son PIB tripler, ses infrastructures renforcées et son insertion mondiale accélérée. Le pays compte aujourd'hui quelques 38 ports, 24 aéroports et un réseau autoroutier dépassant les 1500 km qui devrait atteindre 1800 Km en 2015. Les premiers accords de libre-échange concernent déjà 56 pays et permettent de toucher un marché de 1 milliard de consommateurs. Avec la mise en œuvre du programme Emergence, en plus des autres stratégies sectorielles (Maroc vert, Azur, Halieutis, Energie, Numeric), le Maroc a gagné en attractivité en enregistrant une progression régulière dans les classements internationaux relatifs au climat des affaires, capitalisant sur une offre combinant proximité, coûts compétitifs et accès à des marchés grâce à l'ensemble des accords de libre-échange signés, d'où le développement constant des investissements directs étrangers notamment avec l'implantation

\* Discours du Secrétaire perpétuel à la session ordinaire organisée le 12 décembre 2014 par le Collège Etudes stratégiques et développement économique.

de 200 investisseurs internationaux dans l'automobile et une centaine dans l'aéronautique entraînant la création de plus de 9500 emplois et générant un chiffre d'affaire à l'export d'environ 6,4 milliards de DHS.

La dernière illustration du dynamisme du secteur industriel est le lancement, en avril 2014, devant Sa Majesté le Roi, de la nouvelle stratégie industrielle 2014-2020 avec l'objectif de créer 500 000 emplois à l'horizon 2020, alimentés par l'investissement direct étranger et la refonte du cadre industriel national. Dans un instant, on aura l'occasion et le plaisir d'écouter avec un grand intérêt Monsieur le Ministre qui va nous parler de cette nouvelle stratégie.

En fait, pour que notre pays puisse garder un avantage compétitif sur le plan industriel, le développement de ce secteur ne doit pas s'appuyer uniquement sur le coût de la main d'œuvre qualifiée, la sous-traitance et autres incitations en particulier financières ; son développement a aussi besoin de recourir au développement des activités de R&D et d'innovation.

Si la recherche-développement et l'innovation sont devenues dans les pays développés un élément incontournable de la stratégie des grandes entreprises et un des moteurs essentiels de la croissance économique, de la création des richesses et d'emplois et de bien être social, il est devenu impératif, pour notre pays de promouvoir les mécanismes du soutien à la recherche-développement et l'innovation et de réussir l'efficacité du couplage entre la recherche publique et le monde économique.

Aujourd'hui dans les échanges commerciaux internationaux, plusieurs facteurs interviennent, en particulier deux d'entre eux paraissent déterminants : le premier consiste à posséder un réseau et un potentiel humain compétent pour vendre les produits et services, ce sont les commerciaux et technico-commerciaux; le second repose sur la capacité du pays à posséder des chercheurs, des ingénieurs entrepreneurs et des moyens financiers pour mettre en œuvre une véritable politique de recherche-développement et d'innovation.

La technique aujourd'hui dépend fortement de la science; les produits de la recherche scientifique sont pris en compte de plus en plus rapidement par les progrès techniques; c'est dans la synergie entre la science et la technique, entre la connaissance et le savoir-faire que réside la différence essentielle entre notre époque et les siècles passés.

On constate que l'industrie procède de plus en plus d'une technologie très poussée et dont la R&D et l'innovation représentent non seulement une partie intégrante du processus de production, mais constituent parfois son produit final. Le succès d'une telle industrie nécessite donc le développement de la R&D dans ce secteur; en particulier, il est recommandé qu'une partie des activités R&D réalisées par les entreprises installées dans notre pays soit faite localement en s'appuyant sur le personnel de recherche national dans le cadre d'un partenariat public-privé et des passerelles entreprise-université.

J'espère que la tenue de ce séminaire permettra d'approfondir le débat sur l'importance de la recherche-développement et l'innovation, et sur la nécessité de la diffusion de la culture de l'innovation, aujourd'hui au cœur des politiques économique des pays.

Permettez-moi, à la fin de cette intervention, de renouveler mes sincères félicitations aux organisateurs de cette journée et aussi de renouveler mes plus vifs remerciements aux éminentes personnalités présentes avec nous que nous écouterons avec le plus grand intérêt et le plus grand plaisir.

Je souhaite plein succès aux travaux de ce séminaire et œuvrons ensemble pour que la recherche scientifique et l'innovation technologique contribuent effectivement et activement à la solution des problèmes de développement et au bien être social de nos concitoyens.

Merci pour votre attention.



## Made in Morocco Pour une stratégie du développement centrée sur l'industrialisation

**Noureddine EL AOUI**

Directeur du Collège «Etudes Stratégiques et Développement Economique»

**Messieurs les Ministres**

**M. le Secrétaire perpétuel**

**Chers collègues**

**Mesdames et Messieurs**

Je tiens tout d'abord à remercier M. Omar FASSI-FEHRI (Secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques), ainsi que tous les intervenants et modérateurs qui de par leur qualité personnelle et professionnelle donnent à cette session ordinaire un crédit tout à fait extraordinaire.

Je remercie M. Rachid BENMOKHTAR, ministre de l'Education Nationale et membre résident de l'Académie Hassan II, qui nous a honoré de sa présence, et M. Moulay Hafid ELALAMY, ministre de l'Industrie, du Commerce, de l'Investissement et de l'Economie Numérique pour sa participation qui témoigne de l'importance de cette manifestation scientifique de l'Académie. Je remercie également les intervenants et modérateurs : Safae AISSAOUI, Larbi BELARBI, Nadia BENABDELJLIL, Bernard BILLAUDOT, Said HANCHANE, Michel HOLLARD, Hammad KASSAL, Nicolas MOUMNI, Alain PIVETEAU, Mohamed SMANI, Rédouane TAOUIL.

Je voudrai ensuite, juste d'un mot, préciser le cadre dans le quel s'inscrit l'organisation par le Collège Etudes stratégiques et développement économique de cette session ordinaire de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques.

Ce cadre est celui d'un programme de recherche (en cours) bénéficiant de l'appui de l'Académie et intitulé «Made in Morocco : industrialisation et développement», auquel participe directement une trentaine d'éminents chercheurs, des chercheurs marocains, mais aussi étrangers

(certains sont parmi nous aujourd'hui). Je tiens à les remercier tous pour leur plein engagement dans le programme et pour la valeur ajoutée scientifique inestimable qu'ils apportent.



Le Professeur Noureddine EL AOUI, membre résident de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

L'idée principale et originale de Made in Morocco (par rapport aux autres «made in» : Made in America, Made in France, Made in Monde, etc.) est que l'industrialisation est une condition nécessaire au développement. Nécessaire mais pas suffisante. Une stratégie de développement tirée par la politique industrielle implique pour le Maroc de mettre l'accent sur la qualité (du travail, des produits, des procédés, des processus), l'innovation et la recherche/développement, la coordination et l'intégration sectorielle, la conjugaison marché interne/marché externe.

Le programme de recherche Made in Morocco: industrialisation et développement comporte quatre composantes (livrables) complémentaires :

- Une enquête auprès des entreprises (plus de 600 entreprises, lancement en janvier prochain).

- Des monographies d'entreprises pour restituer les trajectoires de l'entreprise marocaine et rendre compte de ses dimensions qualitatives.
- Des études sectorielles comprenant les industries de transformation mais aussi les métiers mondiaux et les nouveaux secteurs stratégiques.
- Une analyse transversale approfondie, théorique et empirique, des problématiques et des enjeux du Maroc en matière d'industrialisation et de développement : le rôle des institutions dans le processus d'industrialisation, la variété des expériences internationales, les relations industrie/croissance/développement, la diversification et la sophistication des exportations, l'innovation, l'ancrage territorial, le financement et l'investissement, le capital humain, le rapport salarial, etc.

Au terme du programme de recherche, des articles dans des revues internationales et des chapitres d'ouvrages collectifs seront publiés, des thèses de doctorat seront soutenues.

Le ministère de l'Industrie, du Commerce, de l'Investissement et de l'Economie numérique nous a apporté son soutien au niveau de l'échantillonnage et aussi, on l'espère, au niveau de l'accompagnement.

Je voudrai remercier tout particulièrement M. le ministre Moulay Hafid ELALAMY et M. Mamoune BOUHDOUN, Ministre délégué chargé des Petites Entreprises et de l'Intégration du Secteur informel, qui, en nous recevant, n'a pas manqué de souligner l'importance que revêt le programme de recherche et la convergence de ses objectifs scientifiques avec ceux de la nouvelle politique industrielle du gouvernement, et de nous a assurer de son soutien.

Mes remerciements vont aussi à Madame Latifa EL KHADRI (directeur des Statistiques et de la Veille) et à son équipe, notamment M. Mustapha ABIR.

Un programme de recherche de cette envergure est inédit au Maroc. Ses retombées sur notre pays, on ose l'espérer, seront insignes. Il pourrait, si le M. le Ministre le souhaite, s'inscrire comme le volet scientifique au sein du Plan d'accélération industrielle 2014-2020 et traduire ainsi concrètement, dans les faits la mission assignée à l'Académie par Sa Majesté le Roi dans son discours du 18 Mai 2006 : «Servir le pays et contribuer au développement de la science mondiale».

Je vous remercie.



## Synthèse

### La question industrielle aujourd'hui : terrains et enjeux

Rédouane Taouil

Université Pierre Mendès-France, Grenoble, France



Après une longue éclipse due à la mise en œuvre des politiques d'ajustement structurel et la poursuite de réformes libérales, la question industrielle est revenue sur le devant de la scène depuis bientôt une décennie. Le lancement au Maroc du «Plan Emergence» a suscité un vif regain d'intérêt pour cette question dans les réseaux des politiques publiques. Ainsi le «forum» de l'expertise s'est trouvé un lieu d'élaboration privilégié de cadres normatifs destinés à définir des dispositifs de soutien aux entreprises en vue de développer des segments d'activités exportatrices et d'améliorer la compétitivité externe. De son côté, le «forum» de la communication politique s'est évertué à diffuser une rhétorique arc-boutée à l'image positive de l'émergence en puisant des arguments d'autorité dans des rapports élaborés par des cabinets de conseil internationaux.

Le «forum disciplinaire» de l'Economie semble, en revanche, est resté largement indifférent à la résurgence de la question industrielle. C'est pour contribuer à remédier à ce manque de réflexions que le Collège Etudes stratégiques et développement économique de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques a organisé une «session ordinaire» sur les liens entre les politiques publiques, la dynamique industrielle et le développement. Un tel angle d'approche vise à répondre à la nécessité d'articuler étroitement l'appréhension de l'industrie comme système d'activités et d'acteurs et le développement comme expansion des capacités. De ce point de vue, il invite à un renouvellement des outils conceptuels et à une construction de faits *stylisés* en convoquant des apports de l'économie de la croissance, de la théorie des conventions et de l'économie du développement «des pionniers» dont il met en avant à de nouveaux frais l'aptitude à la mise en perspective des changements structurels.

Dans une optique inséparablement explicative et évaluative, les communications présentées

lors de la journée (dont la plupart s'inscrivent dans le programme de recherche en cours *Made in Morocco: industrialisation et développement*) se sont interrogées, d'une part, sur les leviers de la croissance en prenant en compte l'innovation, le capital humain et le rôle de la finance et, d'autre part, sur les dynamiques industrielles en rapport avec les modalités d'insertion internationale, l'intégration du tissu productif national, les ancrages territoriaux.

#### Des leviers de la croissance industrielle ...

A la faveur du retour à Schumpeter, le processus d'innovation est reconnu comme décisif dans la croissance et les changements dans les méthodes de production et l'exploration de nouveaux marchés. L'accumulation à cet égard des connaissances est une composante essentielle de ces changements. Le diagnostic des actions publiques au Maroc dans ce domaine révèle que les performances sont insuffisantes au regard de celles d'économies émergences et de celles de pays à revenu intermédiaire faible (Safae Aissaoui) : outre que les incitations à innover sont dispersées, les capacités d'innover des entreprises sont faibles comme l'atteste le niveau des dépenses en recherche-développement.

Cette faiblesse de l'innovation s'explique également par le niveau et les formes d'accumulation du capital humain (Said Hanchane). Par-delà les différences d'hypothèses et de méthodes d'estimation, nombre de travaux soutiennent que l'existence d'externalités justifie une relation positive entre l'investissement éducatif et la croissance. Cette relation dépend fortement de l'environnement de l'économie. L'étude des retombées de l'accumulation du capital humain sur la croissance au Maroc, sur une période de trente ans, montre que les politiques publiques en matière d'enseignement, de formation, de recherche fondamentale et appliquée ne s'avèrent guère aptes à contribuer à une élévation de la productivité et à favoriser des mutations techniques.

Les performances de croissance globale ou de croissance du secteur industriel sont à rapporter au comportement du système bancaire et financier (Nicolas Moumni). Ainsi que le soulignent de nombreuses études, le développement financier est fortement corrélé à l'efficacité des investissements et, partant, au rythme de croissance. Les conditions de mobilisation de l'épargne et d'allocation du crédit exercent une influence tant sur le niveau de l'investissement que sur sa répartition sectorielle. Malgré les réformes dont elles ont fait l'objet, les institutions financières présentent des imperfections qui entravent le financement de la croissance.

Selon une enquête sur les obstacles à l'investissement, 80% des entreprises estiment que leur développement est contraint par les conditions en matière de garanties et le coût élevé du financement bancaire. Près de 100% des prêts sont soumis à des garanties dont la valeur moyenne se situe à 230% le montant du financement. Ces garanties sont tenues par les banques pour un signal de qualité qui leur permet de discriminer entre les emprunteurs. Ainsi de nombreux candidats au crédit sont évincés du marché suite au poids des collatéraux. Il s'ensuit un marché de crédit dual : d'un côté des petites et moyennes entreprises assujetties à des taux d'intérêt de 8% à 10%, de l'autre de grandes entreprises bénéficiant de taux de 4% à 4,5%. Dans le même temps, la transmission de la politique monétaire se heurte à la structure oligopolistique du système bancaire. L'assouplissement des conditions de refinancement par la Banque Centrale ne s'accompagne pas d'allègement du coût du crédit et n'atténue donc pas les rationnements financiers.

Le déclenchement d'une dynamique industrielle vertueuse appelle la mise en place de nouveaux relais de croissance, soutient le Ministre de l'Industrie, du Commerce, de l'Investissement et de l'Economie numérique dans son exposé des lignes de force du «Plan d'accélération industrielle». L'inscription de ce dernier dans l'agenda publique repose sur un référentiel sectoriel qui établit un diagnostic accompagné de prescriptions reconnaissant comme majeure la double problématique du chômage et du déficit extérieur. A ce plan est assigné, en effet, cet objectif en réponse au tarissement de l'emploi agricole, dans les domaines de l'immobilier et du

tourisme. Il prévoit la création de 500 000 emplois, l'augmentation de la contribution de l'industrie à la valeur ajoutée globale à 23% et la résorption du déficit de la balance commerciale au moyen d'incitations à des changements techniques, de dispositifs de financement et d'acquisition de terrains et de soutien à la formation des compétences. Cette impulsion nécessite un développement centré sur des écosystèmes en vue d'améliorer l'intégration de la chaîne de valeur et d'étoffer l'adéquation entre l'offre et la demande d'emploi par des formations inspirées notamment du programme de l'OCP.

### **... aux liens entre industrialisation et développement des capacités**

L'éclairage de la question industrielle requiert une reconstruction tant théorique qu'empirique susceptible de décrire les configurations des systèmes productifs (Alain Piveteau). Une telle reconstruction implique le recours à la conception de l'industrialisation, héritière des pionniers de l'économie du développement, comme processus caractérisé par des changements endogènes au système économique, des déséquilibres et des irréversibilités (Hirschman, Perroux). L'exploration de la trajectoire de l'économie marocaine depuis l'indépendance, permet de cerner, à travers quatre phases marquées par «l'Alternance» entre l'affirmation de l'option industrialiste et son relâchement, les permanences de la dynamique industrielle.

En exploitant le potentiel du concept d'industrialisation tardive, cette démarche, pointée au regard des politiques publiques, un processus de développement caractérisé par l'étroitesse des marchés domestiques, la désarticulation structurelle et la spécialisation simple. L'enjeu majeur dans ce contexte est de sortir de la trappe de spécialisation par la diversification et la sophistication au moyen d'une combinaison cohérente des politiques industrielle, monétaire et budgétaire qui assure une redistribution des revenus favorables à l'extension de la demande, à l'accumulation dans le capital humain et à la montée en filière.

Pareil enjeu nécessite le recours à une conception de développement national qui va au-delà des programmes sectoriels (Noureddine El Aoufi). A cet effet, il importe de définir un référentiel global qui



serve à la fois pour les diagnostics des évolutions de l'économie et l'identification de valeurs, de normes et de principes d'action. Le versant analytique de ce référentiel, comme sa version normative, requiert l'articulation de l'analyse hirschmanienne des pôles de développement et l'approche senienne de la justice sociale par les capacités. A cet égard deux considérations apparaissent essentielles : la promotion d'une croissance dans le long terme soutenue par des politiques publiques qui conjuguent efficacité et expansion des libertés réelles et la définition de modalités d'insertion internationale en accord avec l'impératif d'innovation et de diversification des échanges extérieurs.

Le traitement de ces considérations peut être mené à l'aide de diagnostics de l'industrialisation qui jette une passerelle entre les concepts de conventions qualité de produits et de qualité d'emploi d'un côté, le développement humain de l'autre (Bernard Billaudot). A ce titre se pose la question des liens entre industrialisation, croissance et développement. D'une part, l'implantation d'activités industrielles à faible productivité est susceptible de susciter des dépendances de chemin qui enferment l'économie dans «le piège du sous-développement». D'autre part, si la croissance est accompagnée d'une distribution des revenus régressive, elle entrave le développement des capacités des personnes. Dans ces conditions, s'impose le couplage d'une convention des produits de nature marchande et d'une convention de qualité d'emploi fondée sur la validation des qualifications et des rémunérations salariales par des accords de long terme.

Ce questionnement à partir de la théorie des conventions comme cadre de jeux des acteurs est étendu à la dynamique du lien entre industrie et territoires (Michel Hollard). L'identification de la convention à la communauté du contexte d'action des partenaires d'une activité aide à saisir les interactions entre Etat, entreprises et collectivités locales à travers les synergies qui s'établissent par l'intermédiaire des principes de justification.

La mobilisation d'un tel statut de la convention dans le cas du Maroc conduit à repérer trois caractéristiques. D'abord, la différenciation des territoires se manifeste dans une hétérogénéité spatiale et une sous-utilisation des potentialités qui obèrent les capacités de développement régional. Ensuite, les divergences territoriales s'accompagnent d'une accentuation de la direction par le haut et une faible implication des acteurs locaux qui renforcent le caractère insulaire des pôles et renforcent les difficultés de construction d'une justification et d'une compréhension minimale entre les partenaires. Enfin, les interactions sociales pâtissent des incohérences consécutives aux divergences entre les intérêts catégoriels d'autant que les programmes sectoriels ne conduisent pas à la diffusion des économies d'agglomération.

Au total, la perspective d'ensemble proposée par les intervenants lors de la session ordinaire de l'Académie semble en mesure de lever le défi analytique que représente la question industrielle. En posant les contours théoriques qui conjuguent divers enseignements d'inspiration schumpétérienne de l'économie de la croissance, de la théorie des conventions appliquée à la production et à la relation d'emploi et de l'approche par les capacités, les différentes communications dessinent un champ opératoire de nature à appréhender les interactions d'acteurs, les configurations des industries et des territoires dans une optique où le développement n'est pas réduit à l'extension des capacités de production.

L'accent est mis sur les liens entre la croissance et le développement humain. La croissance permet de dégager les ressources nécessaires au développement humain et à l'essor des libertés sans être la finalité ultime. La priorité échoit à la promotion du développement par le renforcement des facteurs de conversion individuels et sociaux des ressources et en fonctionnements.

## Résumés des interventions

### Trois hypothèses sur l'industrialisation du Maroc

Bernard BILLAUDOT

Université Pierre-Mendès-France, Grenoble, France

L'objet de cet exposé est de présenter **trois hypothèses** relatives au processus d'industrialisation au Maroc dont le programme de recherche «*Made in Morocco : industrialisation et développement*» (en cours) tente de tester la pertinence, quitte à les rejeter ou à les nuancer fortement.

1. Pour le Maroc, l'impulsion politique du processus d'industrialisation ne se pose pas, comme cela est couramment envisagé, en termes de choix de secteurs.
2. Si le développement du Maroc est l'objectif poursuivi par la politique, on ne peut s'en remettre à la séquence convenue «l'industrialisation est l'un des principaux moteurs de la croissance économique, et le développement va résulter de la croissance économique», étant entendu que cette séquence n'est qu'une version particulière de la séquence inverse – «pas de développement sans croissance économique et pas de croissance économique sans industrialisation» – qui n'est pas à remettre en cause pour le Maroc.
3. Le changement de convention de qualité des produits, d'une convention industrielle à une convention marchande, qui est intervenu dans de nombreuses branches à partir des années 80, a profondément modifié la nature de l'exigence de compétitivité internationale (sur les marchés extérieurs et sur le marché intérieur) des entreprises implantées au Maroc.

La troisième est la plus importante. Le principal problème que rencontre à ce titre la stratégie d'insertion de l'économie marocaine dans le marché mondial tient à la difficulté d'assurer la mise en cohérence de la convention de qualité des emplois, qui combine le plus souvent au Maroc du domestique et de l'industriel, avec la convention de qualité des produits qui est marchande sur les marchés d'exportation. Il n'en reste pas moins que la politique industrielle ne peut se limiter à favoriser cette adaptation si l'objectif est que le développement soit effectivement un développement humain (au sens de Sen).

### Références bibliographiques

BILLAUDOT B. (2014), *Economie, société et civilisation*, tome 2, version provisoire soumise à édition.

DIMAGGIO P., POWELL W.W. (1983), «The Iron Cage Revisited : Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields», *American Sociological Review*, 48(2), 147-160.

EL AOUI N., HERZENNI A., BENSÂÏD M. (2005), «Croissance économique et développement humain», 50 ans de développement humain au Maroc et perspectives pour 2025.

EYMARD-DUVERNAY F. (2004), *Economie politique de l'entreprise*, Paris, la Découverte.

KARPIK L. (1989), «L'économie de la qualité», *Revue française de sociologie*, XXX-2, avril-juin, p. 187-210.

ORLEAN A. (1991), «Logique walrasienne et incertitude qualitative : des travaux d'Akerloff et Stiglitz aux conventions de qualité», *Economies et sociétés*, série *Economia*, PE n° 14, janvier, p. 137-160.

Programme de recherche «*Made in Morocco*» (2013), Chapitre introductif. *Développement économique : l'impératif d'industrialisation* (protocole méthodologique), Document de travail.

SALAI R. et STORPER M. (1993), *les Mondes de production*, Paris, éditions de l'EHESS.

WILLIAMSON O.E. (1985), *The Economic Institutions of Capitalism*, The Free Press, Macmillan, New York, (trad. fr. : *les Institutions de l'économie*, InterEditions, Paris, 1994).

### Exposé

La question de l'industrialisation du Maroc est récurrente... même si le contexte mondial dans lequel elle se pose a profondément changé entre le premier épisode qui a suivi l'accession à l'indépendance et l'épisode actuel ouvert par l'adoption des règles libérales de l'OMC, le choix de changes réglés par les marchés (et non par le politique) et l'institution d'une finance de marché mondialisée à la place de finances d'intermédiation à base nationale. De fait, comme nous le rappelle Alain Piveteau dans sa communication, la part de l'industrie dans l'ensemble de l'économie, en termes d'emploi ou de valeur ajoutée, n'a que très peu progressé au cours des cinquante dernières années (alors qu'elle a explosé dans beaucoup de pays du Sud-est asiatique). Certains ont considéré que cette nouvelle donne «extérieure» serait un contexte favorable pour résoudre cette question récurrente. Or, on doit constater qu'au cours de la période récente, disons depuis 1998, aucune inflexion majeure ne s'est produite en la matière.



Le programme de recherche «Made in Morocco», qui motive cette session de l'Académie, a pour objet d'en comprendre les raisons et, nous l'espérons, d'en tirer des enseignements concernant la politique industrielle à mettre en place. Dans cet exposé, j'entends me limiter à présenter les trois **hypothèses** dont ce programme a pour objet de tester la pertinence, quitte à les rejeter ou à les nuancer fortement.

Ces trois hypothèses forment un tout qui peut être résumé par une formule : en matière de compétitivité des entreprises, la qualité importe. Mais de quelle qualité s'agit-il ? Ce n'est pas (ou pas seulement) «la qualité de production» des gestionnaires. Telles qu'elles sont formulées, ces trois hypothèses mettent implicitement en jeu la politique industrielle suivie. Elles reposent sur l'idée que «la politique industrielle compte». Non pas qu'il faille attribuer la faiblesse des résultats enregistrés au cours des quinze dernières années à cette dernière. Elle a des causes plus fondamentales qui seront sans doute discutées tout au long de cette journée. Mais le seul levier dont on puisse discuter valablement est cette politique, si on y inclut sa dimension institutionnelle.

Ces trois hypothèses sont les suivantes :

1. Pour le Maroc, l'impulsion politique du processus d'industrialisation ne se pose pas, comme cela est couramment envisagé, en termes de choix de secteurs.
2. Si le développement du Maroc est l'objectif poursuivi par la politique, on ne peut s'en remettre à la séquence convenue «L'industrialisation est l'un des principaux moteurs de la croissance économique, et le développement va résulter de la croissance économique», étant entendu que cette séquence n'est qu'une version particulière de la séquence inverse – «pas de développement sans croissance économique et pas de croissance économique sans industrialisation» – qui n'est pas à remettre en cause pour le Maroc.
3. Le changement de convention de qualité des produits – d'une convention industrielle à une convention marchande – qui est intervenu dans de nombreuses branches à partir des années 80, a profondément modifié la nature de l'exigence de compétitivité internationale (sur les marchés extérieurs et sur le marché intérieur) des entreprises implantées au Maroc.

Je me contente, dans le temps qui m'est imparti, de préciser le sens de chacune d'elles en mobilisant la théorie de l'ordre économique de la société moderne que j'ai construite.

### **Première hypothèse : le processus d'industrialisation n'est pas un problème de choix de secteurs**

Pour le Maroc actuel, l'industrialisation, même si on ne confond pas ce processus avec la seule croissance du secteur secondaire (l'industrie en tant qu'elle se distingue du secteur primaire et du secteur tertiaire), repose sur la création et l'extension d'entreprises industrielles compétitives sur le marché intérieur et sur les marchés extérieurs. La faiblesse de l'industrialisation et le déficit des échanges extérieurs vont de paire.

Le plus souvent, les données qui sont utilisées pour caractériser ce lien sont des données sectorielles (ou par produits, s'agissant des données douanières de commerce extérieur à un certain niveau d'agrégation). L'hypothèse implicite qui est le plus souvent faite est que le secteur pourrait être ramené à une **entreprise représentative**, le secteur comprenant alors  $n$  entreprises représentatives et son activité étant celle de ces  $n$  entreprises. On traite alors de la compétitivité d'un secteur comme étant celle de cette entreprise représentative. Cela a notamment pour conséquence de ne pas distinguer la compétitivité à l'exportation et la compétitivité à l'importation. On peut discuter du bien-fondé du raisonnement qui sous-tend cette hypothèse pour un pays industrialisé, raisonnement selon lequel la concurrence a «sélectionné» une forme efficiente de firme, celle qui ne relevait pas de cette forme en termes de taille, de frontière et de procédés techniques pouvant remédier à cette inadaptation et adopter la forme efficiente<sup>1</sup>. Les mesures de politique industrielle sont prises pour permettre à cette entreprise d'être compétitive. En appréciant les forces et les faiblesses des entreprises représentatives des divers secteurs à un moment donné, on peut choisir de renforcer des avantages, de combler quelques manques et de laisser filer les autres secteurs. On procède alors à des choix sectoriels.

Cette problématique ne convient absolument pas pour le Maroc. En effet, la demande à laquelle va répondre la production d'une entreprise implantée au Maroc n'est pas homogène, comme elle peut l'être dans un pays d'industrialisation ancienne pour lequel la demande extérieure venant de pays comparables ne se distingue pas radicalement de la demande intérieure en ce qui concerne les caractéristiques d'usage des produits demandés et les consentements à payer un certain prix le produit présentant ces caractéristiques (il peut d'ailleurs s'agir d'une gamme de produits).

1- Voir la théorie de l'isomorphisme institutionnel de DiMaggio et ali., ainsi que la théorie des coûts de transaction de Williamson et ali.

La conséquence de cette absence d'homogénéité est qu'une entreprise ne peut espérer vendre les mêmes produits sur le marché intérieur et à l'exportation (au moins vers les pays industrialisés du Nord). Elle doit choisir si elle vend sur le marché intérieur ou si elle vend à l'exportation<sup>2</sup>. Certes, cela n'exclut pas que certaines entreprises développent leurs exportations à partir d'une production destinée au marché intérieur ou qu'à l'inverse, une entreprise qui s'était spécialisée à l'exportation développe ses ventes sur le marché intérieur. Mais ces entreprises sont minoritaires dans leur secteur. Ni la première ni la seconde ne sont représentatives.

L'hypothèse alternative est de considérer que le processus d'imitation réciproque censé conduire à l'élection d'une entreprise représentative ne s'opère pas à l'échelle d'un secteur, mais à celle d'un **monde de production** principalement caractérisé par une convention de qualité des produits, à la fois **technique**, en ce qui concerne ce que doivent être les caractéristiques d'usage du produit, et sociale, en ce qui concerne le juste prix auquel le produit peut être vendu (ce qui vaut aussi pour une gamme). Il y a plusieurs mondes de production dans un même secteur au Maroc. Il n'y a aucune raison de privilégier l'un d'entre eux et de définir la politique industrielle pour celui-ci en délaissant les autres. Ce qui est gagné d'un côté est perdu de l'autre. Faire le choix d'un secteur n'a de sens que si l'on se focalise sur l'exportation, c'est-à-dire si on ne prend en compte que les entreprises d'un monde particulier... en espérant qu'elles pourront acquérir ainsi la capacité de vendre sur le marché intérieur en raison de l'implantation d'entreprises industrielles commandant sur place des produits intermédiaires ou d'une demande de consommation finale venant de catégories de la population qui ont adopté, parce qu'elles en ont les moyens, un mode de consommation «moderne». Les autres entreprises du secteur sont alors ignorées, alors qu'elles offrent souvent la majorité des emplois du secteur.

### **Deuxième hypothèse : l'industrialisation peut ne pas entraîner la croissance et la croissance peut ne pas engendrer le développement**

Quel que soit le gouvernement en place, le développement du Maroc est l'objectif final affiché. Il y a bien évidemment un débat concernant ce qu'est un bon développement pour le Maroc. Au moins dans les intentions, il s'agit d'un développement qui doit être à la fois économique, social et humain (au sens de Sen) et dont tous les Marocains doivent pouvoir bénéficier.

A s'en tenir là, la question qui se pose est celle de la nature des liens entre industrialisation, croissance économique et développement. La façon convenue de concevoir ces liens, celle que défendent beaucoup d'économistes, est la séquence suivante : l'industrialisation entraîne la croissance économique et la croissance économique entraîne le développement. Notez bien que cette séquence (dans cet ordre) est une version particulière d'une façon plus générale de concevoir les liens en question. A savoir la séquence : «pas de développement sans croissance et pas de croissance sans industrialisation».

Etant donnée la situation actuelle du Maroc, cette proposition générale n'est pas à remettre en cause. Un développement sans croissance et sans industrialisation n'a de sens que pour une nation qui a déjà acquis un niveau élevé de développement... si tant est que ce soit une dynamique souhaitée par une majorité de citoyens ou imposée par le respect des équilibres écologiques. Par contre, cette proposition générale laisse ouverte la possibilité d'une industrialisation sans croissance économique et d'une croissance sans développement. La séquence convenue n'en est qu'une version particulière parce qu'elle exclut que cela puisse être le cas. Pourquoi ne fonctionne-t-elle pas, ou mal, pour un pays comme le Maroc?

Il faut d'abord voir que les deux moments de cette séquence sont problématiques et prendre ensuite en compte les effets de système qui sont porteurs d'irréversibilité et de dépendance de chemin (quand la dynamique s'est engagée dans une voie et que cette voie est une ornière en matière de développement, il est très difficile de redresser la barre pour sortir de l'ornière).

- Le premier temps (l'industrialisation entraîne la croissance économique) : tout dépend de la nature de l'industrialisation. Si elle se réalise pour produire et exporter à bas prix des produits de bas de gamme, sans élévation, si ce n'est de la productivité, du moins des salaires réels, il n'y aura pas de croissance économique autre que celle qui est générée par la progression du nombre d'emplois inhérente à cette industrialisation, mais dans le même temps, l'emploi régresse dans les secteurs traditionnels (ou tournés vers le marché intérieur).
- Le second temps (la croissance économique entraîne le développement); tout dépend de la façon dont les fruits de la croissance sont distribués, étant entendu que ladite croissance est celle du PIB marchand se répartissant en

2- L'exemple le plus parlant à ce titre est l'hôtellerie (étant entendu que les séjours des touristes étrangers au Maroc relèvent de l'exportation).



première analyse en impôts, rémunérations salariales, revenus des entrepreneurs et profits des entreprises salariales-capitalistes. Si la croissance économique est tirée par la consommation finale et les investissements de ceux qui sont situés vers le haut de la hiérarchie des revenus, notamment en raison de leur patrimoine foncier, immobilier ou financier, le développement qu'elle génère n'est pas pour tous les Marocains, notamment pour ceux qui ont quitté la campagne pour devenir des salariés à l'emploi peu ou pas qualifié (sans parler de ceux qui ont quitté la campagne pour la ville sans trouver d'emploi salarié formel).

Les effets de système : les trois termes de relèvent pas d'une séquence, mais d'un système comprenant des rétroactions qui peuvent être stabilisantes ou amplificatrices... dans le bon sens ou le mauvais sens (en termes de développement). Ainsi, l'engagement dans un type de développement rétroagit sur le processus d'industrialisation en rendant extrêmement difficile une réorientation de celui-ci, c'est-à-dire celui qui a eu lieu et qui a généré le développement constaté. Tel est le cas si la dynamique d'industrialisation est celle d'un dualisme du système productif (une partie moderne et une partie traditionnelle en termes de monde de production), la partie «moderne» générant des emplois de faible qualification sans capacité d'innovation propre des entreprises).

### **Troisième hypothèse : le changement de convention de qualité des produits a profondément modifié la nature de l'exigence de compétitivité internationale (sur les marchés extérieurs et sur le marché intérieur) des entreprises implantées au Maroc**

Cette troisième hypothèse est la plus importante. Ce changement est le passage d'une convention de qualité industrielle des produits à une convention de qualité marchande des produits dans de nombreuses branches à partir des années 80 à l'échelle mondiale. Que faut-il entendre par convention de qualité des produits? Pourquoi une convention de qualité des emplois lui est-elle nécessairement associée? Qu'en est-il des problèmes qui se posent au Maroc pour parvenir à une compatibilité entre les deux? Telles sont les questions auxquelles il nous faut répondre pour expliciter cette hypothèse.

### **Convention de qualité des produits**

La théorie économique a ignoré la qualité jusqu'à tout récemment, en retenant au départ deux hypothèses : **1.** la nomenclature des produits (ou «biens») est donnée et **2.** chaque produit est homogène (tous les produits d'un même poste sont identiques entre eux). Prendre en compte la qualité consiste à lever ces deux hypothèses : il n'y a pas de nomenclature qui soit donnée au départ et au sein d'un même poste de la nomenclature les articles sont divers. Les travaux qui procèdent à une telle complexification sont peu nombreux (voir Orléan, Karpik)<sup>3</sup>. Quant aux gestionnaires, ils se préoccupent de la «qualité» en un sens précis, celui de la qualité de la production effective : les articles effectivement réalisés ont-ils tous les caractéristiques affichées – celles du modèle (issu de l'activité de conception) dont ils relèvent? Ce n'est pas de cette qualité dont il s'agit lorsqu'on parle de «convention de qualité».

Pour qu'une transaction commerciale entre un acheteur et un vendeur puisse s'établir, il faut qu'un problème technique et un problème social aient été résolus. Ignorons la fonction d'intermédiaire commercial. Le problème technique a trait à l'adéquation entre le produit réalisé par le vendeur et la ressource que recherche l'acheteur et le problème social, à ce que l'un et l'autre considèrent comme un juste prix. Ces deux questions ne sont pas indépendantes l'une de l'autre. La qualité technique et la qualité sociale d'un produit sont deux entités analytiquement distinguables mais indissociables en termes d'existence.

Techniquement, un produit (un poste de nomenclature ou un article relevant de ce poste) a des caractéristiques de production, et une ressource a des caractéristiques d'usage. La résolution du problème technique implique que soit réalisée d'une façon ou d'une autre une conversion des unes dans les autres et que cette conversion soit connue. Qui fait la conversion? C'est une affaire de convention. Pendant tout un temps de l'histoire humaine, la convention en vigueur a été une convention dite traditionnelle: la norme de définition de tel produit est «ce que la tradition a fixé» (quitte à ce que la norme laisse place à une gamme, la conversion propre à chaque article de la gamme étant faite conjointement par le producteur et l'utilisateur). Deux nouvelles

3- Il n'y a pas lieu d'inclure dans cette complexification les analyses qui traitent de la **qualité comme d'un écart à une norme**, c'est-à-dire les travaux qui portent sur le fait que le produit (unique) vendu sur le marché n'est pas homogène en ce qui concerne sa «qualité» entendue comme étant le degré de correspondance entre les caractéristiques théoriques d'usage du produit tel que défini comme poste de la nomenclature et ses caractéristiques effectives, soit la question dite de **l'incertitude sur la qualité**, qui comprend l'asymétrie d'information sur la qualité effective entre le vendeur et l'acheteur (Stiglitz, Akerlof). En effet, l'hypothèse de nomenclature n'est pas levée. Par ailleurs, dans ces travaux, l'incertitude est réduite à du risque, alors qu'elle est considérée comme radicale (et ne peut donc être surmontée que par le recours à une convention) dans le champ retenu.

conventions voient le jour avec l'avènement de la modernité. Ce sont la convention technique industrielle et la convention technique marchande.

- La conversion industrielle est extérieure à chaque producteur et chaque consommateur. Elle est faite à l'extérieur du marché et s'impose à tous.
- La conversion marchande est faite par les utilisateurs dans le sens de la ressource vers le produit. Le producteur doit adapter ses produits à ce que le marché révèle comme étant la norme (en termes de caractéristiques d'usage converties en caractéristiques de production) à laquelle ils se doivent d'être conformes.

Socialement, le juste prix est encore une affaire de convention. Si on laisse de côté la convention de qualité sociale traditionnelle qui «va avec» la convention de qualité technique traditionnelle, l'avènement de la modernité (dans la forme selon laquelle elle s'est historiquement réalisée) se caractérise par deux conventions possibles : la convention industrielle et la convention marchande.

- La conversion industrielle : le juste prix est le prix normal de production du produit (normal en termes de productivité et de prix des facteurs de production). Ainsi, il est convenu qu'un produit mobilisant beaucoup de travail qualifié soit normalement vendu plus cher qu'un produit ne mobilisant que peu de travail qualifié (couplage des principes de justice : «à travail égal salaire égal» et «à capital égal profit égal»).
- La conversion marchande : le juste prix est celui qui procède des consentements à payer des clients, c'est-à-dire le prix révélé par le marché. Ainsi, il est convenu qu'un produit pour lequel les consentements à payer des clients sont élevés soit vendu plus cher qu'un produit pour lequel les consentements à payer sont faibles (principe de justice : «le marché dicte sa loi en matière de prix, prix qui s'impose à la fois au vendeur et à l'acheteur sans pouvoir de l'un sur l'autre»).

On retrouve les deux théories concurrentes de la formation des prix en «économie de marché» : la théorie classique (Smith, Ricardo, Marx, Sraffa-Pasinetti) et la théorie néoclassique (Jevons Menger, Walras)<sup>4</sup>.

On comprend sans difficulté que la convention sociale du «prix normal de production» aille de

pair avec la convention technique industrielle (la conversion extérieure au marché) et que la convention sociale du «prix de marché» aille de pair avec la convention technique marchande (la conversion par le consommateur dans le sens de la ressource vers le produit).

Le constat que l'on peut faire est que, dans l'après Seconde Guerre mondiale, la convention dominante dans les économies des nations dites «développées» a été la convention industrielle (dans la grande majorité des branches, tout particulièrement les industries de transformation). A partir des années 80, on assiste à un renversement de dominante au profit de la convention marchande.

### **Convention de qualité des emplois**

L'emploi considéré est l'emploi salarié. On est de nouveau en présence de deux problèmes, un problème technique et un problème social.

- Le problème technique. Comme pour la transaction commerciale, une transaction salariale ne peut d'abord s'établir entre un employeur et un salarié que si une conversion a été réalisée entre la qualification-compétence acquise par le salarié et la qualification-compétence requise par l'employeur. On est encore en présence d'une incertitude radicale. La solution est le recours à une convention de conversion. Dans la société traditionnelle, cette convention technique est dite **domestique** parce qu'elle met en jeu une relation familiale élargie entre l'employeur et le salarié ou une connaissance personnelle assimilable à celle qui existe dans une famille. La relation salariale est vécue comme une **relation de réciprocité** (avec don et contre-don). La conversion est faite conjointement par le salarié et l'employeur. Avec l'avènement de la modernité, deux conventions dépersonnalisées voient le jour : la convention industrielle (conversion extérieure en se référant à la formation – acquise ou requise – définie objectivement en termes de niveau et de temps passé) et la convention marchande (la conversion par l'employeur dans le sens de la compétence requise à la compétence acquise en retenant comme base les compétences foncières de l'entreprise). Autrement dit, on passe de la **qualification** publiquement reconnue à la **compétence** privativement appréciée par l'employeur.
- Le problème social. De même que pour la transaction commerciale, la transaction salariale

4- Pour chacune de ces conventions, la valeur à laquelle on se réfère pour convenir de ce qui est juste n'est pas la même. Pour la première, cette valeur est l'efficacité technique, tandis qu'il s'agit de la liberté pour la seconde (Billaudot, 2014).



ne peut aussi s'établir que si l'employeur et le salarié envisagent de la même façon ce qu'est un juste salaire. La convention sociale concernant ce juste salaire peut être l'ancienne convention domestique (la personne compte) ou l'une des deux conventions modernes dépersonnalisées, la convention industrielle (le salaire dépend du niveau de formation publique) ou la convention marchande (le salaire dépend de l'apport du salarié à la qualité «marchande» des produits).

***Un monde de production : le couplage cohérent d'une convention de qualité des produits et d'une convention de qualité des emplois***

Un **monde de production** se caractérise d'abord par le fait que le marché associé à ce monde, celui sur lequel les entreprises relevant de ce monde vendent (qu'il soit «intérieur» ou «extérieur»), est régi par une convention de qualité des produits particulière (la convention traditionnelle, la convention industrielle ou la convention marchande). D'où la proposition constitutive de la première hypothèse qu'il existe le plus souvent au Maroc une diversité de mondes de production au sein d'un même secteur d'activité.

Mais il va de soi que la qualité des produits résulte de la qualité du travail et que cette dernière met en jeu la qualité des emplois. Pour qu'une entreprise soit adaptée au monde de production associé au marché sur lequel elle vend, elle se doit d'avoir adapté la qualité des emplois à la qualité recherchée pour les produits. Il doit donc y avoir une correspondance entre la nature de la convention de qualité des produits et la nature de la convention de qualité des emplois (exemple: une entreprise pour laquelle la convention de qualité des emplois qui préside à l'embauche et à la gestion interne des salariés est la convention domestique, ou la convention industrielle, ne peut espérer atteindre la qualité de ses produits, telle qu'elle est envisagée sous l'égide de la convention de qualité marchande des produits, qui s'impose pour qu'elle soit compétitive – y compris en se situant en basse qualité).

***Le principal problème posé au Maroc par le passage de la convention de qualité industrielle des produits à la convention de qualité marchande des produits***

Ce changement, venant de l'extérieur du Maroc, modifie grandement la façon d'appréhender et d'apprécier la compétitivité des entreprises qui produisent au Maroc. En effet, une entreprise qui était compétitive sur un marché «industriel» ne l'est plus nécessairement sur un marché

«marchand» (ce qu'elle produit répondait à la norme «industrielle» du passé, tandis que ce qui se vend bien maintenant n'a plus grand-chose à voir avec cette norme, les produits qui en relèvent étant considérés comme des articles de faible qualité). Les investissements réalisés dans les pays du Sud (notamment au Maroc) par des acteurs du Nord répondent à cette logique marchande.

De plus, si l'enjeu est encore que beaucoup d'entreprises adaptées au monde de production traditionnel-domestique se transforment pour s'adapter à l'un des deux mondes imposés par l'insertion de l'économie marocaine dans le marché mondial, l'adaptation à réaliser – la mise à niveau, selon la formule consacrée – n'est pas du tout la même selon que l'entreprise en question doit s'adapter à un monde industriel ou à un monde marchand. Or, on doit faire le constat qu'il n'a été question au Maroc que de mise à niveau (au singulier), et non de telle ou telle forme de mise à niveau, l'une étant notablement différente de l'autre. Et que cela demeure le cas.

Ceci peut être précisé en introduisant la notion de **gamme**. Pour un produit-poste donné d'une nomenclature (dont on vient de dire qu'il est défini par une norme qualitative et que cette définition est relative à la convention de qualité en vigueur), une gamme comprend des produits-articles de haut de gamme et des produits-articles de bas de gamme, chaque article se caractérisant par certains niveaux quantitatifs des différents items dont se compose la norme. Par définition, un article de haut de gamme est un article qui se vend cher, et inversement pour un article de bas de gamme. Une entreprise peut produire des articles bas de gamme et y être très compétitive et produire du haut de gamme et ne pas y être compétitive du tout (elle réalise un profit appréciable dans le premier cas et se trouve en perte dans le second cas).

Sous l'égide de la convention de qualité industrielle, le haut de gamme correspond aux produits qui ont un prix de production normal élevé, soit les articles qui mobilisent directement ou indirectement beaucoup de travail qualifié (et inversement pour les articles de bas de gamme). Sous l'égide de la convention marchande, le haut de gamme comprend les articles pour lesquels les consentements à payer sont élevés, même s'ils ne mobilisent pas beaucoup de travail qualifié (et inversement pour le bas de gamme). Un milieu de gamme industriel peut devenir un bas de gamme marchand et, en conséquence, une entreprise antérieurement compétitive (en milieu de gamme industriel) devient non compétitive avec les

mêmes produits-articles vendus, puisqu'ils ne peuvent l'être que comme des bas de gamme.

Pour la croissance d'ordre économique, la montée en gamme est favorable quelle que soit la convention marchande en vigueur, puisque cela accroît la valeur ajoutée retirée du marché. Par contre, pour le développement, elle n'est favorable qu'en convention de qualité industrielle, parce que cette montée en gamme implique une élévation de la qualification du travail. Une élévation en gamme sous l'égide de la convention marchande peut très bien ne pas avoir une telle implication, en ne contribuant qu'à une élévation des profits et partiellement des impôts, si les entreprises ne bénéficient pas de remises jugées nécessaires pour les inciter à une telle montée en gamme.

Là n'est pourtant pas l'essentiel. **Le principal problème tient à la difficulté d'assurer la mise en cohérence de la convention de qualité des emplois avec la convention de qualité des produits.** En effet, le marché du travail marocain peut s'analyser comme un marché qui était initialement à convention de qualité domestique et qui a progressivement évolué vers un marché dans lequel la convention industrielle s'y combine à égalité de poids (avec la place prise par la législation du travail exigée par les organisations syndicales représentant les salariés et les conventions collectives signées entre le patronat et ces syndicats dans certaines branches). Les entreprises qui doivent s'adapter à l'exportation sur des marchés régis par la convention de qualité marchande des produits sont confrontées, du côté de l'emploi, à un marché du travail qui est inadapté à cette nouvelle donne, donne qui exigerait l'établissement d'accords d'entreprise comprenant notamment un volet «formation» maîtrisé par la direction de l'entreprise.

### Conclusion

Cette mise en cohérence est la principale «exigence» portée par l'insertion de l'économie marocaine dans le marché mondial, ou la principale contrainte que fait peser sur le Maroc cette insertion, si on préfère. La politique industrielle ne peut toutefois se limiter à l'organisation de cette adaptation si l'objectif poursuivi est de parvenir à un développement qui soit effectivement humain (au sens d'Amartya Sen).

### Le Maroc industriel dans la mondialisation : perspective historique et actualité d'une industrialisation tardive

Alain PIVETEAU

IRD UMR Prodig / Université de Bordeaux, France

La présente communication a pour objet principal l'analyse, sur le long terme, de la dynamique industrielle du système productif marocain depuis l'Indépendance. Partant de la documentation existante et des statistiques macroéconomiques à ce jour accessibles, elle vise à qualifier le processus d'industrialisation au Maroc au regard des différentes impulsions données, depuis l'indépendance du pays, par les politiques publiques.

Sur le temps long, force sera de constater que le processus d'industrialisation, fragile, irrégulier et peu soutenu, renvoie à quelques permanences sans, pour autant, s'y conformer pleinement : l'ouverture, plus ou moins importante selon les périodes, qui reste un donné historique ; l'ancrage à l'espace économique et commercial européen ensuite ; la logique exportatrice, également, activée très tôt, inscrite dans une relation de sous-traitance et combinée à des dispositifs changeants d'attraction des capitaux extérieurs ; la déconnexion de l'industrie domestique, longtemps protégée et continuellement confrontée à l'étroitesse du marché interne ; enfin, pour corollaire, la désarticulation de l'industrie nationale et une industrie de transformation dont le bas niveau du taux de valeur ajoutée est une constante pour les décennies 1980, 1990, 2000 et 2010 – 27%, 28%, 29% et 30% – quel que soit le groupe d'activités considéré.

Le constat de carence ainsi établi ne fait que redoubler l'«impératif» d'industrialisation. Si elle n'est pas suffisante, le décollage économique devient problématique. Or, c'est bien dans une relation de concordance entre industrialisation et développement établie par les «pionniers» de l'économie du développement qu'il faut comprendre l'idée d'impératif. Pour autant, les vieilles recettes ne valent plus dans la nouvelle «économie monde». L'industrialisation tardive doit intégrer le développement des technologies de l'information, l'amélioration des compétences et les progrès technologiques qui touchent dorénavant toutes les activités de fabrication. La grande firme industrielle a été démembrée, ce qui brouille les stratégies «gagnantes» de spécialisation sectorielle. Enfin, les concurrences s'expriment à l'échelle internationale en termes parfois nouveaux d'attractivité, la mondialisation



mettant directement en compétition les espaces productifs des pays du Sud.

L'enjeu industriel pour le Maroc est celui du passage d'une spécialisation simple vers des composants plus complexes, des tâches de montage à la production de modèles, de l'exécution aux activités de recherche et de développement. Il s'agit d'échapper à une spécialisation autour des activités de fabrication, facilement externalisables, aux rendements d'échelle faibles et intensives en main-d'œuvre peu qualifiée, vers laquelle la nouvelle division internationale du travail pousse les économies du Sud. Dans ce contexte, les choix en matière de politique industrielle sont déterminants pour sortir de ce que l'on peut qualifier de trappe de spécialisation.

Se dessine pour le Maroc, au moins en théorie, un champ d'actions possibles pour la politique industrielle qui va de la nécessaire prise en compte des changements affectant l'environnement mondial, de la saisie des opportunités immédiates offertes par le jeu productif globalisé, à la valorisation des facteurs et des dynamismes locaux, au rôle du marché intérieur et de la demande interne, au renforcement des conditions endogènes de son industrialisation, à l'exigence d'une meilleure répartition des revenus comme fondement même d'une insertion sur les marchés mondiaux favorable, car socialement soutenue et maîtrisée.

Au terme de cette réflexion sur les trajectoires et le processus d'industrialisation du Maroc, quatre points de vigilance seront soulignés : l'accompagnement du changement structurel par les politiques économiques et industrielles ; la prise en compte du fait que le progrès technique et la compétitivité sont des processus endogènes, difficilement transférables, qui relèvent d'une construction sociale et politique plus que d'un état des différences de dotations factorielles ; l'enrichissement de la stratégie de création d'emplois afin d'intégrer les enjeux de l'innovation, de la remontée en gamme des productions et de la qualité du travail ; le territoire, pour connecter l'industrie marocaine à l'évolution des marchés domestiques.

L'un des enjeux majeurs pour le Maroc est de pouvoir participer au bon versant de la mondialisation en accumulant suffisamment de facteurs de croissance, en échappant ainsi au statut peu envié de périphérie productive en concurrence avec d'autres périphéries du Sud. L'industrialisation exige donc aujourd'hui une véritable politique de développement de long terme visant l'éducation, la formation, l'amélioration du capital humain, l'innovation et la R&D, le développement des infrastructures et l'approfondissement des capacités

institutionnelles. Les deux processus, industrialisation et développement, non séquentiels ont dorénavant partie liée.

### Références bibliographiques

ADELMAN I. (2001), « Cinquante ans de développement économique : les principales leçons », *Revue d'économie du développement*, 9 (1-2), numéro spécial, p. 65-113.

AKESBI N. (2006), « Evolution et perspectives de l'agriculture marocaine », in *Rapport 50 ans de développement humain au Maroc et perspectives pour 2025*, Rabat.

AMSDEN A. (1989), *Asia's next Giant: South Korea and Late Industrialization*, New York, Oxford University Press.

ANDREFF M. et ANDREFF W. (2001), « Le trafic de perfectionnement passif entre la France et les pays d'Europe de l'Est : se substitue-t-il au TPP France-Maghreb? », *Revue d'études comparatives Est-Ouest*, volume 32, n° 2. Dossier : Union européenne : sous-traiter en Europe de l'Est, p. 71-94.

ASKOUR K. (2011), « Agglomérations industrielles et modes spécifiques de développement des territoires au Maroc », *Questions d'économie marocaine*, PUM.

ASSENS C. et ABITTAN Y. (2010), *Networking et pôles de compétitivité : le cas du Technopark de Casablanca*, *Innovations*, n° 1, p. 157-177.

ASSIDON E. (1992), *les Théories économiques du développement*, Paris, La découverte, 124 p.

BALDWIN R.E. (1969), *The case against Infant Industry Protection*, *Journal of Political Economy*, vol. 77, n° 3, p. 295-305.

Banque mondiale (1999), *le Secteur privé : moteur de la croissance économique marocaine*, Rapport n° 19975-MOR, Mise à jour de l'évaluation du secteur privé, Direction du développement des secteurs privé et financier, Bureau régional Moyen-Orient et Afrique du Nord, 53 p.

Banque mondiale (2006), *Royaume du Maroc : promouvoir la croissance et l'emploi par la diversification productive et la compétitivité*, memorandum économique pays, World Bank, Washington DC.

BAUER P. (1976), *Dissent on Development: Studies and Debates in Development Economics*, Cambridge Mass., Harvard University Press.

BELAL A.A. (1980), *l'Investissement au Maroc (1912-1964) et ses enseignements en matière de développement*, les Éditions maghrébines, Casablanca, 416 p.

- BELGHAZIS. (1993), «Approches de l'industrialisation et politique industrielle au Maroc», in Actes de la journée d'études de l'AEM, Mohammedia.
- BELGHAZI S. (1999), «L'expérience de la privatisation au Maroc», colloque du CEDROMA, Université Saint-Joseph de Beyrouth, Liban ; [www.cedroma.usj.edu.lb/pdf/priva/Belgha.pdf](http://www.cedroma.usj.edu.lb/pdf/priva/Belgha.pdf).
- BELGHAZI S. (2006), «Politiques sectorielles et développement humain», contribution dans le cadre des travaux du Rapport du cinquantenaire, p. 236-298.
- BÉNÉTRIX A., O'ROURKE KEVIN H. et WILLIAMSON J.G. (2012), *The Spread of Manufacturing to the Periphery 1870-2007: Eight Stylized Facts*, CEPR Discussion Papers 9060, C.E.P.R. Discussion Papers.
- BERRADA A. et SAÏD SAADI M. (1992), «Le grand capital privé marocain», *le Maroc actuel*, Editions du CNRS, Paris.
- BILLAUDOT B. (2005), «La dynamique macroéconomique de l'économie marocaine 1986-2003 : un état des lieux», *Critique économique* n° 15, printemps-été.
- BILLAUDOT B. et EL AOUIFIN. (2012), «Développement économique : l'impératif d'industrialisation, Protocole méthodologique du Programme "Made in Morocco"», Document de travail, Rabat, 32 p.
- BOUDON R. (1991), *la Place du désordre*, Quadrige/Presses universitaires de France, Paris, 245 p.
- CATUSSE M. (2006), *L'action publique face aux «débordements» du social au Maroc. Décharge et métamorphoses d'un «Etat social»?», colloque international, «Etat et régulation sociale, comment penser la cohérence de l'intervention publique?», septembre, Paris <http://matisse.univ-paris1.fr/colloque-es/pdf/articles/catusse.pdf>.*
- CERYCH L. (1964), *Européens et Marocains 1930-1956: sociologie d'une décolonisation*, Cahiers de Bruges, Collège d'Europe, Bruges, 430 p.
- Collectif (2006), «Le Maroc possible : une offre de débat pour une ambition collective», in *Rapport du cinquantenaire*, Casablanca, Editions maghrébines, 288 p.
- DAT (2004), *Rapport de synthèse du Schéma national d'aménagement du territoire*.
- DEPF (2013), *Tableau de bord des indicateurs macro-économiques*, Ministère de l'Economie et des Finances, Maroc, avril, 55 p.
- EL AOUIFI N. (1990), *la Marocanisation*, éditions Toubkal, Casablanca.
- EL AOUIFI N. (1992), *la Régulation du rapport salarial au Maroc*, Editions de la Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales, Rabat, 2 volumes.
- EL AOUIFI N. (1995), «Trajectoires nationales au Maghreb», in Boyer R. et Saillard Y., *Théorie de la régulation. L'état des savoirs*, la Découverte, Paris, p. 459-466.
- EL AOUIFI N. (1999), «La réforme économique : stratégies, institutions, acteurs», in *Revue Maghreb-Machrek*; Roussillon A. (dir.), «Un Maroc en transition : alternance et continuités», numéro spécial, la Documentation française, n° 164, avril-juin, p. 36-52.
- EL AOUIFI N. (2000), «L'impératif social au Maroc : de l'ajustement à la régulation», *Critique économique* n° 3, p. 53-79.
- EL AOUIFI N., HERZENNI A. et BENSÂÏD M. (2006), *Rapport thématique, «Croissance économique et développement humain»*, in *Rapport 50 ans de développement humain au Maroc et perspectives pour 2025*.
- EL MALKI H. (1982), *l'Economie marocaine : bilan d'une décennie 1970-1980*, Editions du CNRS, Paris.
- FAVEREAU O. (1989), «Marchés internes, marchés externes», *Revue économique*, 40(2), mars, p. 273-328.
- FEJLAL A. (1986), «Industrie et industrialisation à Fès», *Méditerranée*, troisième série, tome 59, 4-1986. *Villes et campagnes au Maroc*, p. 63-74.
- GOUJON M. et KAFANDO C. (2011), *Caractéristiques structurelles et industrialisation en Afrique : une première exploration*, CERDI, Document de travail de la série Etudes et documents, 16 p.
- HAUSMANN R., RODRIK D. (2003), «Economic Development as Self-Discovery», *Journal of Economic Development*, vol. 72, p. 603-633.
- HAUSMANN R., RODRIK D. et VELASCO A. (2008), «Growth Diagnostics», in Stiglitz J., Serra N. (dir.), *The Washington Consensus Reconsidered: Towards a New Global Governance*, New York, Oxford University Press.
- HIBOU B. (1996), *les Enjeux de l'ouverture au Maroc: dissidence économique et contrôle politique*, document de travail, les études du CERI, n° 15, avril, 42 p.
- HIRSCHMAN ALBERT O. (1981), «Grandeur et décadence de l'économie du développement», in *Annales. Economies, Sociétés, Civilisations*, 36e année, n° 5, p. 725-744.
- IKONICOFF M. (1971), «Les sources privilégiées de l'innovation et les nouvelles options industrielles du Tiers-Monde», *Revue Tiers-Monde*, Paris, IEDES, Presses universitaires de France, tome XII, n° 47, 564-578.



- JAIDI L. (1979), *Industrie textile et processus d'industrialisation au Maroc*, Editions de la Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales, Rabat.
- JAIDI L. (1992), «L'industrialisation de l'économie marocaine: acquis réels et modalités d'une remise en cause», in *Le Maroc actuel*, Editions du CNRS, Paris, p. 91-117.
- JAIDI L. (1993), «L'évolution du tissu industriel marocain : continuité et changement», in *Actes de la journée d'études de l'AEM*, Mohammedia.
- JENKINS R. (1988), «L'industrialisation de l'Amérique latine et la nouvelle division internationale du travail», in *Tiers-Monde*, tome 29, n° 115, p. 813-836.
- KALDOR N. (1966), *Causes of the Slow Rate of Economic Growth in the United Kingdom*, Cambridge: Cambridge University Press.
- KALDOR N. (1967), *Strategic Factors in Economic Development*, Ithaca, NY : Cornell University Press.
- KRUEGER A.O. (1990), *Government Failures in Development*, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 4, n° 3, p. 9-23.
- KRUGMAN P. (1995), «Cycles of Conventional Wisdom on Economic Development», *International Affairs* (Royal Institute of International Affairs 1944), vol. 71, n° 4, Special RIIA 75th Anniversary Issue, p. 717-732.
- LAHBABI M. (1993), «Actualité de l'œuvre économique d'Abderrahman Bouabid», in *Actes de la journée d'études de l'AEM*, Mohammedia.
- LAROUÏ F. (2011), «Le Maroc: le défi de la mondialisation», *Jeune Afrique*, août.
- LIN J.Y. et CHANG J. (2008), «DPR Debate : Should Industrial Policy in Developing Countries Conform to Comparative Advantage or Defy it ?», *Development Policy Review*, vol. 27, n° 5, p. 483-502.
- LIN J.Y. (2009), *Economic Development and Transition*, Cambridge University Press, Cambridge.
- MEZOUAGHI M. (2010), «La conversion inachevée des économies d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient au modèle exportateur : quels enseignements dans un contexte de crise ?», *Mondes en développement*, n° 150, p. 135-152.
- MEZOUAGHI M. (dir.) (2009), *les Localisations industrielles au Maghreb : attractivité, agglomération et territoires*, Paris, Karthala.
- Ministère de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies, Plan Emergence.
- Ministère de l'Industrie, du Commerce et de la Mise à niveau de l'économie, Programme Emergence : une politique volontariste et ciblée au service de l'essor de l'économie nationale.
- NAUDÉ W.A. (2010a), *Industrial Policy : Old and New Issues*, WIDER Working Paper 106, Helsinki: UNU-WIDER.
- NAUDÉ W.A. (2010b), *New Challenges for Industrial Policy*, WIDER Working Paper 107, Helsinki: UNU-WIDER.
- OCDE (2010), *Compétitivité et développement du secteur privé, Maroc. Stratégie de développement du climat des affaires*.
- Office des changes (2010), *Commerce extérieur du Maroc*, Edition définitive, 243 p.
- OUALALOU F. (1974), «La politique phosphatière marocaine et ses tentatives d'adaptation aux variations de la demande internationale», in *Annuaire de l'Afrique du Nord*, Paris, CNRS-Editions, ISSN 0242-7540, ZDB-ID 2110209, vol. 13, p. 41-70.
- OUIAZZANE R. (2008), «Tanger, quel régime de zone franche ?» Université Paris-Dauphine, Master Administration fiscale, Mémoire, [http://www.memoireonline.com/07/10/3720/m\\_Tanger-quel-regime-de-zone-franche-5.html](http://www.memoireonline.com/07/10/3720/m_Tanger-quel-regime-de-zone-franche-5.html).
- OVED G. (1961), «Problèmes du développement économique au Maroc», in *Tiers-Monde*, tome 2 n° 7, p. 355-398.
- PACK H., SAGGI K. (2006), «Is there a Case for Industrial Policy? A Critical Survey», *World Bank Research Observer*, vol. 21, n° 2, p. 267-297.
- PACK H., WESTPHAL L.E. (1986), «Industrial Strategy and Technological Change : Theory Versus Reality», *Journal of Development Economics*, vol. 22, n° 1, p. 87-128.
- PALMERO S. et ROUX N. (2010), «Dynamiques sectorielles et emploi au Maroc», *l'Année du Maghreb*, VI, p. 443-487.
- PECQUEUR B. et ZIMMERMANN J.B. (2004), *Economie de proximités*, Paris, Lavoisier, 264 p.
- PIERMAY J.L. (2009), «La frontière, un outil de projection au monde. Les mutations de Tanger (Maroc)», in *Espaces et sociétés*, n° 138, p. 69-83.
- PIERMAY J.L. (2009), «De nouveaux lieux de frontières au Maroc : la production d'espaces compétitifs pour l'entreprise», in *Frontières profitables: les économies de voisinage inégal*, Critique économique.
- PIVETEAU A. et ROUGIER E. (2011), «Le retour en trompe l'œil de la politique industrielle : l'expert, l'Etat et l'économie politique locale», in *revue Tiers-Monde*, n° 208, octobre-décembre.
- RODRIGUEZ-CLARE A. (2007), «Clusters and Comparative Advantage: Implications for Industrial Policy», *Journal of Development Economics*, vol. 82, n° 1, p. 43-57.

RODRIGUEZ-CLARE A., HARRISON A. (2010), «Trade, Foreign Investment, and Industrial Policy», in Rodrik D., Rosenzweig M. (dir.), *Handbook of Development Economics*, vol. 5, Amsterdam, North-Holland.

RODRIK D. (2003), «Introduction : What Do We Learn from the Country Narratives?», in Rodrik D. (dir.), *Search of Prosperity : Analytic Narratives on Economic Growth*, Princeton and Oxford, Princeton University Press.

RODRIK D. (2007), «Goodbye Washington Consensus, Hello Washington Confusion?», *Journal of Economic Literature*, XLIV, p. 969-983.

RODRIK D. (2012), «Adieu les miracles économiques», <http://www.project-syndicate.org/commentary/no-more-growth-miracles-by-dani-rodrik/french>.

SINGH A. (1998), «La révolution industrielle inachevée du Tiers-Monde. Perspectives et politiques de reprise», *Tiers-Monde*, tome 29, n° 115, p. 909-927.

STRANGE S. (1996), *The Retreat of the State. The Diffusion of Power in the World Economy*, Cambridge University Press.

VEREMEREN P. (2006), *Histoire du Maroc depuis l'Indépendance*, Nouvelle édition, Paris, la Découverte, 122 p.

WADE R. (1990), *Governing the Market*, Princeton and Oxford, Princeton University Press.

### **Pourquoi le régime d'accumulation du capital humain du Maroc ne favorise pas son émergence industrielle ?**

**Said HANCHANE**

Université Mohammed VI Polytechnique,  
Rabat et LIA-CNRS

Il n'existe pas aujourd'hui de modèle ou encore de théorie suffisamment précise permettant d'établir des normes et des hypothèses «testables» empiriquement quant aux liens dynamiques entre l'accumulation du capital humain et les phases de l'industrialisation d'un pays.

Notre savoir se limite, tout au plus et moyennant parfois des hypothèses fortes, aux bienfaits de l'éducation sur la croissance et le développement.

Pourtant, les travaux les plus récents cherchant à replacer l'identification des effets des IDE dans le cadre de modèles de croissance endogène et pour le cas de pays en développement parviennent

à des résultats pour le moins décevants, sans donner lieu à des voies de recherche suffisamment alternatives pour la construction de nouveaux paradigmes autour des liens entre éducation et développement. Ces résultats nécessitent donc des analyses encore plus approfondies et plus fines de l'hétérogénéité des interactions et des dynamiques entre les savoirs (éducation, formation professionnelle et continue, formation sur le tas) et les processus d'industrialisation qui peuvent exister dans une économie.

Les effets souhaités des IDE, c'est-à-dire des effets de moyen et long terme renforcés par les externalités et les transferts de savoirs notamment, sont inexistantes dans certaines économies nationales comme celle du Maroc.

On est donc amené à se demander pourquoi?

De l'ensemble des travaux que nous discuterons dans ce chapitre, on peut tirer au moins une conclusion que partagent de façon presque unanime les économistes spécialisés dans le domaine. Celle-ci renvoie d'ailleurs à une mise en garde forte et générale de l'un des fondateurs de la théorie du capital humain, T.W. Shultz: il serait fallacieux de se livrer à un exercice d'identification des effets multiples du capital humain indépendamment de l'environnement dans lequel il est accumulé.

De ce fait, les effets attendus, mais globalement décevants, des politiques publiques d'incitation à l'industrialisation, à l'ouverture et à la compétitivité, à l'œuvre dans notre pays, méritent d'être réexaminés sous l'angle du régime et des conditions d'accumulation du capital humain, dans la perspective théorique définie dans le programme de recherche «Made in Morocco : industrialisation et développement».

Ce chapitre pose une série de conditions initiales et processuelles relatives aux économies qui ont pu émerger. En les projetant sur la situation du Maroc au cours de ces vingt dernières années, il deviendrait possible non seulement d'identifier pourquoi l'économie marocaine n'a pas pu émerger, mais encore de mettre en débat, sinon proposer, la manière dont les politiques publiques de développement de capital humain et des compétences (enseignement scolaire, enseignement supérieur, formation professionnelle) devraient être réformées pour accompagner de façon optimale le processus d'émergence et celui du développement de façon générale.



**Industrialisation, innovation et développement : une analyse par les systèmes nationaux d'innovation**

**Safaa AISSAOUI**

Université Hassan II, Casablanca

L'importance de l'industrie dans le processus de développement est largement reconnue dans la littérature économique. La création d'emplois, l'élévation du niveau des revenus, la réduction de la dépendance vis-à-vis de l'étranger sont tous des arguments en faveur de l'industrialisation des pays en développement. Or, la nature de l'industrialisation a changé. Elle se base de plus en plus sur des techniques sophistiquées et novatrices. Dans ce contexte, l'innovation trouve toute sa place. Elle est considérée comme le moteur principal de la croissance économique. En effet, la création de nouvelles connaissances est aujourd'hui centrale pour la compétitivité des pays et des entreprises qui les composent.

Le Maroc, en voulant s'intégrer dans une économie fondée sur les connaissances, multiplie les actions pour inciter entreprises et universités à innover. Dans ce travail, nous nous intéressons au système d'innovation marocain. Dans quelle mesure celui-ci favorise-t-il l'innovation aujourd'hui ? Tel est notre questionnement central.

**Références bibliographiques**

BARTELS F.L., VOSS H., LEDERER S. et BACHTROG C. (2012), «Determinants of National Innovation Systems: Policy Implications for Developing Countries», *Innovation, Management, Policy and Practice*, vol. 14(1), p. 2-18.

BRADLEY S.W., MCMULLEN J.S., ARTZ K. et SIMIYU E.M. (2012), «Capital is not Enough : Innovation in Developing Economies», *Journal of Management Studies*, vol. 49(4), p. 684-717.

CHAMINADE C., INTARAKUMNERD et P., SAPPRASERT K., «Measuring Systemic Problems in National Innovation Systems. An Application to Thailand», *Research Policy*, vol. 41, p. 1476-1488.

FAGERBERG J. et SRHOLEC M. (2008), «National Innovation Systems, Capabilities and Economic Development», *Research Policy*, vol. 3, p. 1417-1435.

FREEMAN C. (1995), «The National System of Innovation in Historical Perspective», *Cambridge Journal of Economics*, vol. 19(1), p. 5-24.

HADJIMANOLIS A. et DICKSON K. (2001), «Development of National Innovation Policy in Small Developing Countries: the Case of Cyprus», *Research Policy*, vol. 30, p. 805-817.

HIRA A. (2008), «Learning from the Tigers-comparing Innovation Institutions in Rapidly Developing Economies with Latin America», *Problemas del Desarrollo Revista Latinamericana de Economia*, vol. 40(156), 125-148.

INTARAKUMNERD P., CHAIRATANA P.A. et TANGCHITPIBOON T. (2002), «National Innovation System in Less Successful Countries: the Case of Thailand», *Research Policy*, vol. 31, p. 1445-1457.

KITAVONIC J. (2007), «The Applicability of the Concept of the National Innovation Systems to Transitions Economies», *Innovation, Management, Policy and Practice*, vol. 9, p. 28-45.

METCALFE S. et RAMLOGAN R. (2008), «Innovation Systems and the Competitive Process in Developing Economies», *The Quarterly Review of Economics and Finance*, vol. 48, p. 433-446.

Ministère de l'Industrie, du Commerce, de l'Investissement et de l'Economie numérique, Statistiques du FSI et les références des projets soutenus par ce fonds, [En ligne] : <http://www.data.gov.ma/data/storage/f/2014-05-22T13%3A48%3A20.005Z/statistiques-fsi.docx>

Page consultée le 24 novembre 2014.

NIOSI J., SAVIOTTI P., BELLON B. et CROW M. (1993), «National Systems of Innovation : in Search of a Workable Concept», *Technology in Society*, 15(2), p. 207-227.

NIOSI J. (2002), «National Systems of Innovation are x-efficient (and x-effective) Why are some Slow Learners», *Research Policy*, vol. 31, p. 291-302.

Ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement Supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche scientifique, Direction des Sciences (2009), *Stratégie nationale pour le développement de la recherche scientifique à l'horizon 2025: mise en œuvre à travers le programme d'urgence 2009-2012*.

OMPIC (2014), *Rapport d'activité : 5 premiers mois 2014* [En ligne] : <http://www.ompic.org.ma/ressources/upload/rapport%20activite%20debut%202014.pdf>

Page consultée le 18 septembre 2014.

PERKINS D.H., RADELET S. et LINDAUER L. (2008), *Economie du développement*, De Boeck, (3<sup>e</sup> édition).

## Financement de la politique industrielle du Maroc

Nicolas MOUMNI

Université d'Amiens, France

Universellement, le processus de développement économique de tout pays s'appuie sur le financement de ses entreprises, en général, et sur celui des firmes industrielles, en particulier.

Malgré les réformes et les changements intervenus dans l'économie marocaine depuis la décennie 90, les entreprises n'ont pas atteint le niveau d'industrialisation de certains pays en développement ou émergents comparables.

A l'échelle macroéconomique du Maroc, faudrait-il imputer cette situation à l'existence d'une épargne privée ne trouvant pas son allocation optimale dans des projets d'investissement rentables économiquement et utiles socialement, ou plutôt à l'insuffisance d'investisseurs de long terme disposés à prendre des risques économiques ?

De son côté, la puissance publique, via des investissements publics ou des partenariats public-privé dans l'éducation, la santé et les infrastructures, devrait être l'autre acteur principal d'investissements à long terme, et particulièrement au Maroc où ces besoins s'avèrent impérieux dans la contribution au développement économique et au progrès social.

Notre hypothèse centrale consiste, dans ce travail, à soupçonner l'existence de rigidités dans les sources et instruments de financements de l'industrie au Maroc. Mais en amont, une question subsidiaire, mais néanmoins cruciale, se pose sur l'inefficace utilisation du capital humain marocain doublée, peut-être, de son insuffisance en volume.

La problématique est donc : y a-t-il véritablement des projets d'investissement industriel innovants, économiquement rentables et pérennes ne trouvant pas de financements au Maroc ?

Depuis la décennie 90, les pouvoirs publics ont impulsé la libéralisation financière et l'ouverture de l'économie marocaine. Le système bancaire

et financier marocain a intégré des progrès significatifs en matière d'accès au financement des entreprises. Cependant, cette modernisation institutionnelle est loin d'être achevée ; de nombreuses faiblesses persistent encore et entravent l'allocation efficiente des financements à long terme nécessaires au développement des entreprises industrielles marocaines.

Nous nous attachons, dans ce travail, à examiner les différentes sources de financement bancaires et boursières ainsi que les solutions alternatives de financement à long terme susceptibles de soutenir et d'accélérer l'industrialisation du Maroc.

### Références bibliographiques

ABDELLAOUI M., HAOUDI A. (2010), «Outils de financement et contraintes de développement des PME au Maroc», Université de Fès, Maroc.

ALAOUI MRANI H., BOUMAHDI I. (2003), «Analyse du mode de financement, de la productivité et du coût de la main-d'œuvre des entreprises industrielles au Maroc», Ministère des Finances et de la Privatisation, document de travail, n° 94, novembre, Rabat, Maroc.

Attijariwafa bank (2013), Résultats au 31 décembre.

AZZOUZI B. (1990), «PME marocaine : de la promotion au développement au Maroc», Alinmaa, n° 8-9.

Banque européenne d'investissement pour la Méditerranée (2009), «Les besoins des PME méditerranéennes», 5e Conférence FEMIP, Rabat, Maroc.

BENDRIOUCH A. (2007), «L'accès au crédit des PME au Maroc», Forum pour le développement en Afrique du Nord, le Commerce pour la croissance créatrice d'emploi», février, Marrakech.

BENGRICH M. (2006), «Contribution à l'étude du comportement financier des petites et moyennes entreprises marocaines», Thèse pour le doctorat national en sciences de gestion, Marrakech, Maroc.

BENTABET M. (2000), «Création d'entreprise: dimension théorique et données marocaines», Edisca, Editions de l'ISCAE, Casablanca.

Bulletin «Statistiques monétaires» de BAM, 2011 et 2012.



Stratégie nationale pour le développement de la recherche scientifique à l'horizon 2025 (2009), Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche scientifique, Direction des sciences.

SVARC J. (2006), «Socio-political Factors and the Failure of Innovation Policy in Croatia as a Country in Transition», *Research Policy*, vol. 35, p. 144-159.

The Global Competitiveness Report 2013-2014 (2013), World Economic Forum, Genève.

WAMA W. (2009), «Enhancing the Role of Knowledge and Innovation for Development», *International Journal of Technology Management and Sustainable Development*, vol. 8 (3), p. 199-220.

**L'industrie peut-elle se passer de «territoires»? Un essai de discussion à partir de l'économie des conventions**

**Michel HOLLARD**

Université Pierre Mendès-France, Grenoble, France

L'objet de cette communication est de discuter des rapports entre industrie et territoires en se référant à l'économie des conventions. Le point de départ sera constitué par un bref rappel à grands traits du développement en longue période de la région grenobloise qui permettra de préciser comment utiliser dans ce cas le concept de «convention» et de montrer la grande variété et le caractère évolutif dans le temps des liens industrie-territoires. On abordera ensuite la question du rapport industrie-territoire au Maroc en s'appuyant sur des textes récemment parus sur le sujet. On discutera notamment de la distinction entre proximité et territoire, entre «simple agglomération productive et synergie locale» (Piveteau Piermay, 2009).

**Références bibliographiques**

ADERGHAL M., BERRIANE M., IRAKI A., LAOUINA A. (2013), «Projet de territoire, territoire de projet: synthèse d'un colloque international», *Géo Dev*, vol. 1.

ASKOUR K. (2009), *les Réseaux de coopération productive au Maroc : le cas de la filière agro-alimentaire*, PUM.

BEN YOUSSEF A., ELAHEBOCUS N., M'HENNI H. et RAGNI L. (2013), «Are Technoparks High Tech Fantasies? Lessons from the Tunisian Experience»,

*European Review of Industrial Economics and Policy (ERIEP)*, Number 5, on line March.

BENABDELJIL N., «Les modes management des entreprises au Maroc entre contingences culturelles et économiques», *Revue internationale PME*, vol. 20, n° 2, 2007 ; Berriane M. (dir.) (2011), *Territoires et développement durable*, Bulletin de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, n° 9, juin.

BLOCH D. (dir.) (2011), Grenoble, cité internationale, cité des innovations rêves et réalités, PUG.

COURLET C. (dir.) (2006), *Territoire et développement économique au Maroc*, l'Harmattan.

COURLET C., EL KADIRI N., FEJJAL A., JENNAN L. (2013), «Le projet de territoire comme construit d'acteurs et processus de révélation des ressources: l'exemple marocain» *Géo Dev*, 1.

COURLET C. (2014), «Le moment territorial dans les sciences sociales», WP.

EYMARD-DUVERNAY F. (dir.) (2006), *l'Economie des conventions : méthodes et résultats*, la Découverte.

HOLLARD M. (2014), «Economie des conventions et développement territorial : une discussion à partir du développement de la région grenobloise», *Revue d'économie industrielle* 147, p. 183.

IRAKI A., TAMIM M. (2013), «La région : bilan économique et territorial», *Géo Dev*.ma.

KAMAL A. (2012), *Industrialisation et concentration urbaine au Maroc*, PUM.

PIERMAY J.L. (2011), «L'attractivité sans le territoire? L'industrie marocaine a-t-elle besoin du territoire?», *Annales de géographie* 2, n° 678, p. 204-215.

PIERMAY J.L., PIVETEAU A. (2009), «L'impensé du local dans le programme Emergence du Maroc: le cas de Tanger», in Mezouaghi M., *les Localisations industrielles au Maghreb ; attractivité, agglomération et territoires*, Tunis-Paris, IRMC-Karthala, p. 209-232.

PIVETEAU A. (2011), «Etat et développement économique local : un lien à repenser», *Contribution Nations Unies Commission économique pour l'Afrique*, Rabat, février.

STORPER M. (2013), *Keys to the City : How Economics, Institutions, Social Interaction, and Politics Shape Development*, Princeton University PRESS.

CELIER P. (2004), «Définition(s) des PME au Maroc et en Europe», communication à l'ENSET de Mohammedia, mai, Maroc.

Conseil d'analyse économique (2010), «Investissements et investisseurs de long terme», rapport.

Direction de la Politique économique générale (2000), «Les PME au Maroc : éclairage et propositions», Document de travail, n° 50, Rabat, Maroc.

GALLOIS L. (2012), «Pacte pour la compétitivité de l'industrie française», Rapport au Premier ministre, 5 novembre, France.

Implantation bancaire, Rapport de la Direction de la Supervision bancaire, BAM, 2011.

Indicateurs-clés des statistiques monétaires, BAM, février 2014.

La Vie éco (2014), «Les détails de la nouvelle stratégie industrielle», Internet.

Le dispositif d'incitations fiscales, Direction générale des Impôts.

LOULID A. (2008), «La gouvernance des entreprises et le développement durable», Thèse de doctorat en sciences de gestion, Amiens, France.

MOUNTASSIR L. (2014), «La PME marocaine: un levier économique en panne», Internet.

Note de conjoncture (2014), Direction des Etudes et des Prévisions financières, Ministère de l'Économie et des Finances, n° 205, mars.

Rapport annuel de BAM, exercice de 2012.

Rapport économique et financier (2013), Ministère de l'Économie et des Finances.

Revue électronique: la nouvelle T.com, janvier (2013).

Tableau de bord, BAM, Juin 2011.

Tableau de bord des indicateurs macro-économiques (2013), Direction des Etudes et des Prévisions financières, Ministère de l'Économie et des Finances, avril.

Tableau de bord des principaux indicateurs économiques, financiers et sociaux (2013), Direction des Etudes et des Prévisions Financières, Ministère de l'Économie et des Finances, avril.

Tableau de bord n° 8, Etablissements de crédit et assimilés, BAM, (2011) juin.

## Industrialisation et développement au Maroc. Arguments

**Noureddine EL AOUI**

Université Mohammed V, Rabat,  
et Académie Hassan II des Sciences et Techniques

La perspective Made in Morocco prend appui sur une série d'arguments, à la fois théoriques et historiques, plaidant en faveur d'un recentrage de la stratégie du développement national sur le processus d'industrialisation.

La perspective combine, en termes d'approche, les nouvelles exigences en matière de développement économique et social que traduit, au niveau national, notamment le «Plan d'accélération industrielle», et les avancées de l'économie du développement mettant en évidence le rôle de la politique industrielle.

Dans le prolongement de cet «argumentaire», il y a lieu de tenter une amplification des développements suggérés autour des nouveaux ressorts d'une stratégie de développement centrée sur l'industrialisation, des modes d'articulation industrialisation/développement, des conditions d'accumulation (matérielle et immatérielle) nécessaires, des formes institutionnelles appropriées, des exigences en matière de capacités humaines, des conventions de qualité (qualité des produits, des procédés et des processus), des normes sociales, environnementales, etc.

Une telle perspective doit tenir compte d'une triple articulation :

- exigence d'une croissance accélérée et soutenue et perspective de développement humain et durable ;
- critères d'efficacité économique et principes de justice sociale ;
- contraintes d'insertion internationale et impératif d'intégration nationale.

Elle pourrait prendre appui sur trois types de «ressources» :

- D'abord les expériences historiques, à la fois nationales et internationales, permettant de prendre en considération l'effet «héritage colonial», la «dépendance du chemin», la variété des trajectoires institutionnelles, les limites



des politiques de développement mises en œuvre, depuis les indépendances politiques, en Afrique, en Asie et en Amérique latine.

- Ensuite les « expériences de pensée » et les « modèles théoriques » issus de l'économie du développement qui connaît, aujourd'hui, un regain d'intérêt et tend à explorer de nouvelles perspectives théoriques, notamment institutionnalistes (macro-économie et microéconomie du développement, économie expérimentale), mais aussi cognitives, comportementales et neuronales.
- L'objectif de refonder la stratégie nationale du développement s'inscrit dans le prolongement des enjeux et des conclusions à plusieurs maturités mis en exergue par le Rapport du Cinquantenaire sur le développement humain (2005) :
  - enrayer les processus régressifs et stopper les « inacceptables (société à plusieurs vitesses, accès inéquitable aux soins de santé de base, vulnérabilité aux risques naturels et technologiques, faible compétitivité économique et croissance engendrant une aggravation du chômage, ampleur des déficits, mauvaise gouvernance) ;
  - renforcer la cohésion sociale et territoriale et la participation des populations ;
  - asseoir le processus du développement sur le savoir et l'innovation.

Il importe, dès lors, de reformuler les approches et les méthodes sous-jacentes à une « stratégie du développement » plus appropriée pour notre pays selon une double démarche analytique :

- évaluation objective et critique des politiques mises en œuvre et des processus de l'action publique en matière de développement sur la base d'« indicateurs de processus » ;
- mise en évidence des inflexions de trajectoires, voire des ruptures requises par une montée en cohérence et en efficacité de la stratégie du développement souhaitable.

L'élaboration d'une stratégie du développement souhaitable pour le Maroc suppose, comme préalable, de procéder à une clarification des quelques perspectives suivantes :

- redéfinir les objectifs et la hiérarchie des priorités du développement ;
- reconfigurer les plans sectoriels et les programmes structurants à l'œuvre sur la base de la cohérence d'ensemble et compte tenu de l'impératif d'intégration du tissu productif national ;
- identifier les ressorts institutionnels de la stratégie du développement national.

### Références bibliographiques

Académie Hassan II des Sciences et Techniques (2012), Développer la recherche scientifique et l'innovation pour gagner la bataille de la compétitivité, novembre.

ACEMOGLU D. et ROBINSON (2012), Why Nations Fail : The Origins of Power, Prosperity, and Poverty, Crown Business.

ACEMOGLU D., AGHION P. et ZILLIBOTTI F. (2002), « Vertical Integration and Distance to Frontier », Mimeo MIT.

AOKI M. (2001), Fondements d'une analyse institutionnelle comparée, Albin Michel, Paris, 2006.

ARROW K. (1962), « The Economic Implications of Learning by Doing », Review of Economic Studies, 29.

BANERJEE A., DUFLO E. (2011), Repenser la pauvreté, Seuil, Paris.

BARRO R. (1990), « Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth », Journal of Political Economy, 98(5).

Conseil régional du développement agricole (2001), Stratégie 2020 de développement rural, Rabat.

GIRSANOV I.V. (1960), « On Transforming a Certain Class of Stochastic Processes by Absolutely Continuous Substitution of Measures », Theory of Probability and its Applications, 1960.

HIRSCHMAN A.O. (1958), Stratégie du développement économique, Editions ouvrières, Paris, 1964.

Haut-Commissariat au Plan (2008), Prospective Maroc 2030, Rabat.



- Institut royal d'études stratégiques (2009), Inégalités et cohésion sociale: une analyse économique (EL AOUI N. (dir.), Amrani T., El Othmani J., Hanchane S., Taouil R.).
- KALDOR N., MEERLES J.A. (1962), A New Model of Economic Growth.
- KEYNES J.M. (1936), Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie, Payot, Paris, 1988.
- KRUGMAN P. (1991), «Increasing Returns and Economic Geography», The Journal of Political Economy, vol. 99, n° 3, June, p. 483-499.
- LEONTIEF W. (1966), Input-Output Economics, Oxford University Press, Oxford.
- LUCAS R. (1988), «On the Mechanics of Economic Development», Journal of Monetary Economics, 22 (1), 3-42.
- MARSHALL A. (1919), Industry and Trade, Macmillan, London.
- Observatoire national du développement humain (2011), Evaluation des progrès en matière d'inclusion, Rabat.
- Observatoire national du développement humain (2008), Rapport sur le développement humain 2008, Rabat.
- PASCON P. (1967), «La nature composite de la société marocaine», Lamalif, n° 17.
- PERROUX F. (1981), Pour une philosophie du nouveau développement, Aubier-Presses de l'UNESCO, Paris.
- PNUD (2013), «L'essor du Sud : le progrès humain dans un monde diversifié», Rapport sur le développement humain 2013.
- PNUD (1990), «Définir et mesurer le développement humain», Rapport sur le développement humain 1990.
- RODRIG D. (2008), Nations et mondialisation. Les stratégies nationales de développement dans un monde globalisé, Paris, la Découverte, coll. "Textes à l'appui".
- ROMER P. (1986), «Increasing Returns and Long Run Growth», Journal of Political Economy, octobre.
- Royaume du Maroc (2005), Cinquante ans de développement humain et perspectives 2025, Rabat.
- SCHUMPETER J. (1912), Théorie de l'évolution économique. Recherche sur le profit, le crédit, l'intérêt et le cycle de la conjoncture.
- SEN A. (1999), Un nouveau modèle économique: développement, justice, liberté, éditions Odile Jacob, 2000.
- SEN A. (2009), l'Idée de justice, éditions Flammarion, Paris, 2010.
- STIGLITZ J., SEN A., FITOUSSI J.P. (2009), Richesse des nations, bien-être des individus, Odile Jacob, Paris.
- STIGLITZ J., SEN A., FITOUSSI J.P. (2009), Vers de nouveaux systèmes de mesure, Odile Jacob, Paris.





**L'industrie aéronautique : évolution  
au niveau mondial - Quelles ambitions  
et quels défis pour le Maroc ?**





**Discours du Secrétaire perpétuel Pr. Omar FASSI-FEHRI  
à l'ouverture du colloque organisé le 16 janvier 2014  
par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques sur le thème  
«l'industrie aéronautique : évolution au niveau mondial –  
quelles ambitions et quels défis pour le Maroc»**

**Honorables invités,  
Mesdames et Messieurs,**

Je voudrais d'abord exprimer le plaisir que j'éprouve de prendre la parole à l'ouverture de cette journée scientifique, organisée par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques en collaboration avec le Groupement des Industries Marocaines Aéronautiques et Spatiales (GIMAS) sur le thème «l'industrie aéronautique : évolution au niveau mondial – quelles ambitions et quels défis pour le Maroc».

Je remercie le Président du GIMAS, M. Hamid Benbrahim El Andaloussi pour sa contribution décisive à l'organisation de cette journée et à la concrétisation d'une idée, que nous partageons en commun, celle de développer une activité de R&D et d'innovation au niveau de cette industrie, permettant ainsi une meilleure manière de la pérenniser.

Je remercie également les membres du collège des sciences physiques et chimiques de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, plus particulièrement son directeur mon collègue le Pr. Mostapha Bousmina, pour le choix du thème de cette journée amplement justifié par l'intérêt et l'importance qu'occupe aujourd'hui l'industrie aéronautique dans l'économie de notre pays et aussi pour l'élan de mobilisation d'un nombre important et respectable d'industriels de l'aéronautique, d'entrepreneurs, de décideurs, d'académiciens, de chercheurs, de scientifiques et d'ingénieurs, venant de l'intérieur et de l'extérieur du Maroc, pour débattre de l'état des lieux de l'industrie aéronautique au Maroc et à l'échelle mondiale, pour réfléchir sur les nouvelles opportunités et potentialités qu'offrent les diverses expériences internationales pour notre pays, pour étudier les meilleurs moyens d'améliorer la qualité de formation dans ce secteur, pour renforcer la R&D et l'Innovation dans ce domaine, bref comme explicité dans le titre de cette journée, «examiner les ambitions à saisir et les défis à relever».

Je remercie sincèrement les personnalités qui ont bien voulu accepter notre invitation aussi bien celles venant de l'étranger que celles venant de l'intérieur du Royaume, et tout particulièrement les représentants des grands groupes existant dans le domaine de l'aéronautique au niveau mondial (Safran, Boeing, Airbus, Bombardier,...). Je salue

enfin la présence parmi nous des représentants de nos Universités; et je remercie les Présidents de ces Universités pour leur participation et leur contribution à cette réflexion.

**Mesdames et Messieurs,**

Sous la direction et l'impulsion de notre Souverain Bien-aimé, Sa Majesté le Roi Mohammed VI – que Dieu perpétue Ses bienfaits, le Maroc connaît ces dernières années des mutations profondes touchant presque tous les secteurs socioéconomiques. Plusieurs chantiers engagés témoignent de la volonté de doter le pays d'infrastructures de base, et de plateformes logistiques et industrielles capables d'induire un développement qui se veut global, durable, harmonieux, équitable et non exclusif. Le lancement de ces différents chantiers et la réalisation effective de plusieurs de ces grands travaux d'infrastructure (ports – aéroports – autoroutes - plans nationaux sectoriels : énergie, agriculture, industrie ...) sont en passe de changer radicalement la structure de l'économie marocaine et d'accroître considérablement son potentiel de croissance, son attractivité, sa compétitivité et sa capacité à contribuer au développement humain.

En l'espace d'une décennie, le secteur de l'aéronautique au Maroc a connu un essor remarquable. Il a enregistré une croissance annuelle moyenne de 17%. Ainsi, en 2005, près de 30 entreprises employaient près de 2200 personnes et généraient un chiffre d'affaire d'environ 600 Millions de DH. Sept ans plus tard, en 2012, une centaine d'entreprises employaient plus de 9.500 salariés et généraient un chiffre d'affaire à l'export d'environ 6,4 milliards de DH.

La dernière illustration du dynamisme de ce secteur est le lancement en septembre 2013, en présence de Sa Majesté le Roi, de la construction de la première usine en Afrique du constructeur canadien d'aéronefs «Bombardier», qui insufflera une nouvelle dynamique au développement du secteur de l'aéronautique au Maroc, en raison des retombées économiques escomptées en termes d'accroissement des exportations et de développement du tissu industriel local.

Toutes ces réalisations sont le résultat d'une ferme volonté de hisser le secteur de l'aéronautique à des niveaux de compétitivités plus élevés, et le fruit d'une offre attractive et compétitive, des aides directes à



Pr. Lahcen DAOUDI (Ministre de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de la Formation des Cadres)  
 Pr. Omar FASSI-FEHRI (Secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques)  
 Pr. Mostapha BOUSMINA (Chancelier de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques)  
 M. Hamid BENBRAHIM EL ANDALOUSSI (Président du GIMAS)

la formation, ainsi qu'une infrastructure d'accueil de qualité permettant l'édification de véritables centres d'excellence couvrant aussi bien la production et les services, que la maintenance et l'ingénierie.

A l'avenir, cette dynamique va se confirmer encore davantage, comme le laissent entrevoir les perspectives prometteuses de développement sur le marché mondial; tendance confirmée par les études prospectives réalisées (croissance annuelle de 4,2% en moyenne dans les deux prochaines décennies et doublement d'ici 2032 de la flotte mondiale aérienne).

Dans cette perspective, le Maroc pourra tabler légitimement sur un développement de son industrie aéronautique, et verra certainement se développer encore plus ce secteur qui sera porté par l'élan de cette fulgurante demande mondiale, avec à la clé, des chiffres d'affaires importants, une incidence positive sur les exportations de produits de haute technologie et aussi un impact réel sur le marché local de l'emploi.

Mais, pour que notre pays puisse garder un avantage compétitif dans l'industrie aéronautique, le développement de ce secteur ne doit pas s'appuyer uniquement sur le coût de la main d'œuvre qualifiée, la sous-traitance et autres incitations en particulier financières; son développement a aussi besoin de recourir au développement des activités de R&D et d'innovation.

En fait, le secteur de l'aéronautique se trouve caractérisé par une industrie procédant d'une technologie très poussée et dont la R&D et

l'innovation représentent non seulement une partie intégrante du processus de production, mais constituent parfois le produit final de l'industrie. Le succès de l'industrie aéronautique nécessite donc le développement de la R&D dans ce secteur; en particulier, il est recommandé qu'une partie des activités R&D réalisées par les entreprises installées dans notre pays soit faite localement en s'appuyant sur le personnel de recherche national dans le cadre d'un partenariat public-privé et des passerelles entreprise-université.

J'espère que la tenue de cette journée permettra d'identifier des thèmes de recherche et même des équipes de recherche susceptibles de mener des programmes de R&D à même de contribuer à pérenniser ce secteur et à développer sa compétitivité.

Permettez-moi, à la fin de cette intervention, de renouveler mes sincères félicitations aux organisateurs de cette journée et aussi de renouveler mes plus vifs remerciements aux éminentes personnalités présentes avec nous que nous écouterons avec le plus grand intérêt et le plus grand plaisir.

Je souhaite plein succès aux travaux de cette journée et œuvrons ensemble pour que la recherche scientifique et l'innovation technologique contribuent effectivement et activement à la solution des problèmes de développement et au bien être social de nos citoyens.

Merci pour votre attention.



## L'Industrie aéronautique : évolution au niveau mondial – Quelles ambitions et quels défis pour le Maroc? \*

### Introduction

L'industrie aéronautique mondiale connaît depuis 2010 une croissance soutenue de son activité, portée en grande partie par le secteur civil. Les besoins des grands pays émergents tels que le Brésil, l'Inde ou la Chine en matière d'équipement aéronautique et d'appareils de transport civil, sur les vingt prochaines années sont très importants. A court et moyen terme, cette dynamique va s'accroître encore d'avantage, comme le laissent entrevoir les perspectives prometteuses de développement sur le marché mondial ; tendance confirmée par les études prospectives réalisées et qui prévoient une croissance annuelle moyenne de 4.2% au cours des deux prochaines décennies et un doublement d'ici 2031 de la flotte aérienne mondiale.

Depuis plus d'une décennie, le Maroc a mis en place une stratégie pour l'émergence, le développement et la pérennisation d'une industrie aéronautique locale, aux portes de l'Europe et faisant du Maroc une plateforme industrielle intégrée de dissémination particulièrement vers l'Afrique Subsaharienne. S'inscrivant dans les grandes orientations de Sa Majesté le Roi Mohammed VI que Dieu L'assiste, cette politique prospective et anticipative dans le cadre du pacte National prioritaire 2009-2015 pour l'émergence industrielle et tout particulièrement des industries aéronautiques a permis au Maroc en moins d'une décennie de mettre en place une plateforme aéronautique et spatiale compétitive et de qualité, de plus d'une centaine d'entreprises et de plus de 10000 compétences dans les nouveaux métiers liés à ce secteur. Au Maroc, au leadership reconnu dans ce secteur dans le monde Arabe et en Afrique, ce secteur connaît aujourd'hui une forte croissance annuelle de l'ordre de 17% et un chiffre d'affaires à l'export d'environ 6.4 Milliards DH en 2012.

L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, de par ses missions statutaires, est invitée à accompagner, entre autres, ce grand chantier qu'est le plan de développement des industries aéronautiques et spatiales. Elle est invitée à «contribuer à l'instauration d'une concertation permanente entre le monde de la recherche et de l'innovation technologique et celui des activités économiques et sociales (...) encourager

la réalisation de programmes de recherche définis en fonction des priorités nationales, et leur affecter le cas échéant, des ressources financières appropriées».

C'est dans cette perspective que l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, avec le concours du Groupement des Industries Marocaines Aéronautiques et spatiales (GIMAS), a organisé une session ordinaire le 16 Janvier 2014 sous le thème «**L'Industrie aéronautique : évolution au niveau mondial - Quelles ambitions et quels défis pour le Maroc?**» Cette session a vu la participation des trois grands avionneurs mondiaux, en l'occurrence, Airbus, Bombardier et Boeing ainsi que SAFRAN et une cinquantaine d'entreprises innovantes locales. L'ensemble des participants se sont activement joints aux débats tout au long de cette journée, faisant montre de l'intérêt qu'ils portent à ce type de rencontre. Du côté académique, douze établissements et universités ainsi que l'OFPPPT ont présenté leurs programmes de recherche, de R&D, de prestation de services, d'innovation et de formations liées aux industries aéronautiques et à fort potentiel de transfert de technologie de la recherche vers l'industrie.

Plus de 450 participants, dont une bonne majorité de jeunes chercheurs, ont débattu des défis à relever et des opportunités offertes pour notre pays dans le secteur des industries aéronautiques en matières de transfert de nouvelles technologies et de création d'emplois dans des nouveaux métiers et aussi de création de richesse par la conquête de nouveaux marchés, assurant ainsi la pérennité de cette activité de pointe.

La richesse et la diversité des présentations et des débats ont permis d'ores et déjà de mettre en place les premiers jalons de Partenariats Publics Privés entre les Universités et les entreprises à même de répondre aux besoins de celles-ci en matière de R&D, d'innovation et de formation de nouvelles compétences.

L'ensemble des participants unanimes sur la réussite de cette journée, et tout en félicitant l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, se sont donnés rendez-vous dans un proche avenir pour concrétiser leur partenariat par l'organisation

\* Synthèse du colloque organisé le 16 janvier 2014 par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, avec le concours du GIMAS.

d'une journée qui sera consacrée aux projets et travaux conjoints Universités-Entreprises dans le domaine des industries aéronautiques et spatiales.

### Table ronde et recommandations

La table ronde organisée lors de cette session ordinaire a été l'occasion pour tous les participants de participer à ce débat et d'émettre des propositions et recommandations à même de permettre à cette industrie prometteuse de relever les nombreux défis auxquels elle est amenée à faire face. La table ronde a porté essentiellement sur les acquis et les défis du secteur de l'aéronautique et sur les points suivants :

- a. Aspects institutionnels,
- b. Financement publique et privé,
- c. Formation,
- d. R&D et innovation.

Ont participé à cette table ronde modérée par Mostapha Bousmina (Académie Hassan II des Sciences et Techniques) : Souad Belamalle (Bombardier), Jean Jaques Vander Slikke (SAFRAN), Mohamed Smani (R&D Maroc), Tijani Bounahmidi (Université Mohammed V, Rabat), Hamid Benbrahim El Andaloussi (GIMAS).

### Introduction de la table ronde par le professeur Mostapha BOUSMINA, Chancelier de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques.

Mesdames, Messieurs,

J'aimerais d'abord remercier l'ensemble des participants à cette journée. Nous avons assisté sincèrement à des présentations extrêmement intéressantes et je remercie l'ensemble des intervenants aussi bien ceux du matin que ceux de l'après-midi.

Nous avons assisté à d'excellentes présentations, nous avons beaucoup appris, nous avons appris que le secteur de l'aéronautique est un secteur extrêmement exigeant, très technique, et le nombre d'intrants au plus haut niveau de la pyramide est très restreint : il y a peu de joueurs et plus on descend, plus nous avons l'opportunité de plus de joueurs. Quand on descend vers le bas de la pyramide, c'est-à-dire la sous-traitance, là il y a l'opportunité pour tout le monde de prendre part à ce secteur extrêmement important pour notre pays, le Maroc. La pyramide par contre est inversée au niveau des investissements; nous investissons peu, d'après ce que nous a expliqué M. Bachelet, dans la recherche et dans les



Mohamed Smani (R&D Maroc), Jean Jaques Vander Slikke (SAFRAN), Souad Belamalle (Bombardier), Mostapha Bousmina (Académie Hassan II des Sciences et Techniques), Hamid Benbrahim El Andaloussi (GIMAS), Tijani Bounahmidi (Université Mohammed V, Rabat) et Abdeslam Hoummada (Académie Hassan II des Sciences et Techniques)



laboratoires et plus on monte dans la pyramide plus on veut transformer cette recherche et la concrétiser, et plus les investissements deviennent de plus en plus importants.

Nous avons écouté cette après-midi un potentiel extraordinaire de chercheurs Marocains et je vous avoue qu'ici à l'Académie, ça nous fait énormément plaisir de voir qu'il y a vraiment des compétences Marocaines sur lesquelles on peut construire quelque chose dans ce secteur, qui joue un rôle extrêmement important dans l'économie Marocaine.

Mes interrogations vont successivement porter sur les domaines de la compétitivité dans le secteur de l'aéronautique, sur les investissements, sur le système national de formation/recherche/innovation, sur l'intégration industrielle et enfin sur le partenariat public/privé).

### I- Compétitivité du Maroc dans le domaine de l'aéronautique

#### **Comment situer la compétitivité dans le secteur de l'aéronautique par rapport aux autres pays? (Monsieur Jean Jaques Vander Slikke)**

Sur le plan de la compétitivité effectivement ce que l'on peut considérer, il y a un partenariat gagnant-gagnant entre SAFRAN et le Maroc. Sur le plan du marché, bien sûr ce qui est intéressant en termes de croissance pour le Maroc, pour profiter de la croissance des grands acteurs que ça soit Airbus ou que ça soit Boeing tel que ça était précisé ce matin. Effectivement l'engagement que nous avons avec les partenariats que nous avons noués et dans les systèmes de Co localisation mis en place au Maroc, je rappelle que la Co-localisation c'est en fait chacun fait une brique dans la chaîne de valeurs de l'équipement et ça c'est très important.

Si le Maroc grossit nous grossissons, si nous grossissons le Maroc grossit. Aujourd'hui, on est présent sur le Boeing 737, Airbus A320, un certain nombre d'Airbus, également sur Bombardier etc... Il y a un autre aspect aussi important en termes de compétitivité, développer une industrie, c'est aussi avoir une Supply Chain qui soit des plus optimisées et, bien sûr, agrégée autour de cette Supply Chain un nombre de PME et d'en favoriser l'accompagnement ; et l'autre aspect de la compétitivité c'est effectivement de tirer, j'allais dire vers le haut, les activités sans parler méthodes industriels et puis bien sûr la R&D, tout ça amène de facto à une autre composante qui est la formation et là, bien sûr, SAFRAN a beaucoup

aidé sur le plan de la mise en place de l'institut des métiers de l'aéronautique qui bénéficie à un parterre d'industriels sur la plate-forme pas uniquement limité à Nouasser mais pour tout le Maroc.

Et aujourd'hui ce que vous faites Monsieur le Chancelier sous cette coupole magnifique fait effectivement que l'avenir est bien engagé dans des partenariats beaucoup plus structurés pour cette R&D qui sera profitable pour les deux parties sur les produits dont nous aurons besoin demain.

### II- Attractivité, fidélisation et pérennisation des investissements

#### **Quels sont les besoins de Bombardier pour que son installation au Maroc puisse se développer et faire de Bombardier-Maroc une plateforme qui, certes, peut desservir la planète mais aussi desservir la région et est-ce que Bombardier a dans ses plans de développer des activités d'ingénierie et de R&D au Maroc? (Madame Belamalle)**

Donc la question a deux volets bien sûr. Je pense que je vais partir de ce que Monsieur Jean Jaques Vander Silck a bien expliqué par rapport à la Supply Chain en reprenant ça de la façon suivante: aujourd'hui, on est décidé d'investir au Maroc un montant de 200 Millions de USD. On arrive avec nos kits prêts à être assemblés, on assemble et on envoie, soit à Montréal ou à Belfast pour que ça soit installé dans les avions. Pour moi, ce n'est nécessairement pas le modèle idéal, l'idéal c'est de faire du Sourcing localement. On n'est pas encore arrivé là, la Supply Chain n'est pas assez, on va dire, développée, pour que ça soit le cas, mais il faut que ça soit le cas, c'est nécessaire, parce que la valeur et l'attractivité de l'offre Maroc va être plus intéressante si c'est fait. Bien sûr ça ne se fait pas avec un claquement des doigts, mais le plus important c'est d'entamer une stratégie puis d'avoir une vision claire par rapport aux prochaines étapes pour y arriver et ça nous ramène à la question du Professeur Bousmina qui, une fois qu'on pense à tout ça, on se dit si le Maroc veut être une plateforme pour autre chose par rapport à ce qu'on fait aujourd'hui, il faut avoir des résultats, on veut consolider, on veut voir des résultats, on veut voir une base solide et puis si aujourd'hui, on veut penser à autre chose, réussissons ce qu'on fait aujourd'hui avant de faire autre chose, ça c'est la première réaction, la deuxième réaction; moi-même à l'intérieur de Bombardier j'essaie de pousser des idées, je cherche l'information et des fois c'est pénible. Ici aujourd'hui on est plutôt dans une session de travail et je vais être transparente

par rapport à quelques frustrations que je peux vivre aussi dans ce sens-là, quand on veut par exemple pour l'ingénierie chercher l'information, on veut savoir la topographie des ingénieurs au Maroc, certains chiffres et les Universités qu'est ce qu'elles font. Cet après-midi j'étais très surprise de voir toutes les thématiques que les Universités et les écoles touchent et qui n'est pas visible et puis les Marocains peut être à l'intérieur du Maroc pensent que tout le monde le sait mais après les limites des paroles personne ne le sait, donc c'est une réalité, il faut faire face à ça, il faut trouver des solutions à ça. Donc même-moi à l'intérieur de Bombardier si je veux vendre des idées ça ne passe pas nécessairement parce que quand on parle ingénierie ou R&D on pense à l'Inde, il y a des pays qui se vendent beaucoup plus l'offre de R&D et de formation ou d'ingénierie. Il y a des pays qui vendent leur offre de façon attractive et de façon plus sérieuse.

Je pense qu'il y a du travail à faire dans ce sens parce que déjà tous les gens qui ont présenté aujourd'hui, c'était extraordinaire de voir tous les thèmes, mais il faut une centralisation de l'information et il faut que cette offre soit attractive. Il faut que la Maroc vend qu'est-ce qu'il peut faire pour les autres, c'est bien de dire qui va venir ici pour faire quoi que ce soit. Je pense que c'est important que la question soit posée dans le sens contraire parce que comment on fait pour que l'offre Maroc pour l'investissement, on dit qu'est-ce qu'on est capable de faire dans ce sens. Je pense que pour la recherche et pour l'ingénierie il y a du travail à faire et c'est par rapport à ça qu'il faut faire du travail et continuer dans ce sens.

### **III- Le système national de formation, de recherche, de R&D et d'innovation à l'écoute des partenaires**

#### ***Comment les Universités Marocaines et les Institutions de formation et de recherche nationales peuvent accompagner le secteur et aider à sa pérennisation? (Monsieur Tijani Bounahmidi)***

Je vous remercie Monsieur le Président. Avant de répondre à votre question pertinente, je tiens tout d'abord à féliciter l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques ainsi que le Groupement des Industries Marocaines de l'Aéronautique et de l'Espace d'avoir organisé cette excellente journée sur l'industrie de l'aéronautique au Maroc. En effet, en réunissant les principaux acteurs de cette industrie au Maroc, qui sont aussi les leaders mondiaux dans ce domaine, avec les représentants des principaux opérateurs

du système d'enseignement supérieur et de recherche national, la présente journée est unique dans son genre au Maroc et je recommande à ce que de telles journées puissent être organisées aussi pour les autres métiers mondiaux du Maroc.

En réponse à votre question et selon les informations qui ont été présentées aujourd'hui par les membres du GIMAS et les représentants des universités et établissements d'enseignement supérieurs marocains, je pense que le développement et la pérennisation du secteur de l'Aéronautique au Maroc nécessite une contribution à deux niveaux du système d'enseignement supérieur et de recherche-innovation national.

#### **Niveau 1 : La formation des ressources humaines du secteur de l'Aéronautique**

Le premier niveau est celui de la formation de ressources humaines répondant aux besoins des entreprises du secteur en matière de formation initiale et continue. Pour une bonne adéquation formation-emploi dans ce domaine, les professionnels du secteur doivent être impliqués de façon très importante dans la conception et la mise en œuvre de ces formations. C'est d'ailleurs pour répondre à cette exigence que GIMAS a créé, avec le soutien du Gouvernement marocain, l'Institut des Métiers de l'Aéronautique basé sur la formation par alternance. Cet institut vise la formation de techniciens spécialisés dans les différents métiers développés par les entreprises actuelles du GIMAS assurées à des étudiants de niveau Bac+2 en une année à deux ans, ce qui correspond à peu près à un cursus d'une licence professionnelle.

Ainsi, les établissements d'enseignement supérieur marocains pourraient contribuer à la formation des ressources humaines des entreprises du secteur de l'Aéronautique en intervenant dans des processus suivants :

- assurer des formations de niveau Bac+2 répondant aux prérequis des formations de l'IMA.
- monter des formations de niveau licence-professionnelle répondant aux besoins non couverts par l'IMA. Ces formations devraient être définies, conçues et mises en œuvre en concertation étroite entre les établissements de formation concernés et le GIMAS, en faisant contribuer ce dernier à la réalisation de la formation par alternance notamment.
- former des ingénieurs et des cadres de management pour le secteur, avec une forte implication des entreprises du GIMAS.



- mener une activité de formation continue au profit des ressources humaines des entreprises affiliées au GIMAS dans des domaines répondant à leurs besoins.

### **Niveau 2 : la recherche scientifique et le développement et innovation technologiques**

Le deuxième niveau est celui du développement des activités de RDI. La présente journée a mis en évidence les activités de recherche scientifique et technologique menées par les grands groupes de l'industrie aéronautique mondiale, représentés au sein du GIMAS, pour faire progresser les technologies de l'avionique et répondre aux défis de la compétitivité de ce secteur. Plusieurs champs disciplinaires scientifiques et technologiques sont concernés : les matériaux, la construction mécanique et l'électromécanique, l'électronique des systèmes embarqués et les systèmes d'information, l'énergétique et la production de nouveaux carburants, la mécanique des fluides et l'interaction fluide-structure, l'environnement et le développement durable...

La journée a mis, aussi, en exergue un potentiel significatif du système d'enseignement supérieur et de recherche national dans plusieurs disciplines liées au secteur de l'industrie aéronautique, mais sans lien réel avec les opérateurs de ce secteur.

Le caractère cyclique de l'activité aéronautique, et le long cycle de vie des équipements, dicté par les exigences de rentabilité des investissements mis en jeu ainsi que par les conditions très sévères de sécurité liées au transport aérien, infligent un rythme aux activités de recherche nécessitant de longues durées avant l'exploitation commerciale des solutions technologiques préconisées par les activités de R&D dans ce domaine. Ces caractéristiques de la R&D en aéronautique combinées aux efforts continus des entreprises du secteur pour améliorer leur compétitivité inciteraient probablement les entreprises du GIMAS à chercher à collaborer avec le potentiel latent en R&D du système d'enseignement supérieur et de recherche-innovation national, si celui-ci saisit cette opportunité qui peut le porter à un niveau supérieur de son développement.

Pour ce faire, le système d'enseignement supérieur et de recherche-innovation national doit œuvrer à :

- créer en son sein un réseau des structures de recherche nationales menant des activités pouvant intéresser l'industrie aéronautique.

La création de ce réseau peut être menée en concertation étroite avec le GIMAS.

- identifier des projets de recherche utiles pour le secteur et monter des partenariats avec les entreprises autour de ces projets. Les activités liées à ces projets peuvent être menées dans le cadre de projets de fin d'études, de mémoires de Master et de thèses de doctorat dans un cadre contractuel approprié permettant un encadrement et un financement adéquats de ces activités. Le co-encadrement des travaux par les entreprises mettrait à contribution des centres de RDI des entreprises mères, membres du GIMAS.
- mettre en place un fonds pour le développement de la RDI en aéronautique cofinancé par le Gouvernement marocain et les industriels du GIMAS. Ce fonds pourrait être géré à l'instar des fonds de RDI développés pour les phosphates et l'énergie.

### **Conditions nécessaires pour une contribution réussie du système d'enseignement supérieur et de recherche-innovation au développement et pérennisation de l'industrie aéronautique marocaine :**

Comme on peut constater à travers les préconisations ci-dessus, celles-ci nécessitent des collaborations d'un niveau avancé entre les établissements d'enseignement supérieur et de recherche, et les industriels du secteur de l'aéronautique. Cette exigence n'est d'ailleurs pas spécifique à ce secteur mais elle s'applique à tous les secteurs d'activité socioéconomiques. Elle est essentielle pour le succès des formations autant que pour celui des activités de la recherche et l'innovation. Les opérateurs du monde académique, socioéconomiques et institutionnels sont convaincus de la nécessité de la satisfaction de cette exigence pour atteindre une collaboration étroite entre les établissements d'enseignement supérieur et la recherche, d'une part, et les entreprises, d'autre part. Cependant, force est de constater qu'au Maroc, des efforts déployés depuis plus de deux décennies n'ont pas encore permis d'atteindre cet objectif.

En effet, le travail effectué par la COSEF, en 1999, a préconisé des mécanismes pouvant permettre de réussir ladite collaboration : interfaces université-entreprise, incubateurs et pépinières d'entreprises, parcs scientifiques

et technologiques, Groupements d'intérêt public, prise de participations par des universités dans le capital des entreprises et création de sociétés filiales des universités. Ces mécanismes ont été adoptés par la loi 01-00 portant organisation de l'enseignement supérieur et la loi 08-00 relative à la création des GIP.

La mise en place de la réforme de l'enseignement supérieur basée sur la loi 01-00 depuis la promulgation de cette loi n'a malheureusement pas permis de réussir le développement de ces mécanismes dans les milieux académiques marocains, malgré de nombreuses tentatives menées par la plupart des universités et établissements d'enseignement supérieur. L'échec de la mise en place de tels mécanismes s'est répercuté sur la qualité des formations et des activités de recherche-innovation qui n'est guère meilleure que ce qu'elle était à la fin du siècle dernier.

Ayant contribué de façon très significative au montage et à la création de tels mécanismes, je me permets d'émettre une conclusion qui est, à mon avis, essentielle à prendre en considération si on veut évoluer positivement dans le sens d'une bonne collaboration entre les mondes académique et socioéconomique : la gouvernance des universités et établissements d'enseignement supérieur doit intégrer dans ses principes et composantes une dimension entrepreneuriale assez prononcée.

En effet, une telle collaboration nécessite à ce que les établissements d'enseignement supérieur et de recherche adoptent les mêmes méthodes de travail que celles pratiquées par les entreprises; d'où l'intérêt des interfaces université-entreprise. Cependant, l'efficacité de ces dernières ne peut être assurée que si elles gérées de manière privée.

Cette condition est satisfaite par les universités et établissements d'enseignement supérieur privés ou à gestion privée. L'expérience des deux quinze dernières années montre qu'elle est difficile à satisfaire par les universités et établissements d'enseignement supérieur publics. Or, ces derniers représentent actuellement la plus grande partie du système d'enseignement supérieur et de recherche-innovation national. C'est donc là le principal défi à relever par ce système pour qu'il puisse contribuer efficacement au développement de secteur de technologies de pointe comme celui de l'industrie aéronautique.

#### IV- Intégration industrielle

**Quelles sont les perspectives du secteur et quel est son impact sur le tissu industriel Marocain?**

**Quelles sont les ambitions du pays dans ce secteur à court, moyen et long termes? (Monsieur Hamid Benbrahim El Andaloussi)**

L'Aéronautique est une:

- Industrie globale touchant à des technologies sensibles.
- Industrie en croissance structurelle et durable dans le monde pour les 2 décennies à venir.
- Industrie qui initie et féconde d'autres industries et technologies qui trouvent leurs applications plus tard dans différents secteurs de la vie de tous les jours.
- Industrie de long terme où les barrières d'entrée technologiques et financières sont très élevées, ce qui explique un nombre limité d'avionneurs et des motoristes, dans le monde.

En une décennie, le Maroc s'est imposé comme pôle aéronautique, le plus compétitif à la porte de l'Europe, qui accompagne le développement des groupes internationaux : Safran, Boeing, AIRBUS, BOMBARDIER, mais aussi des PME de référence, en contrepartie de la création d'emplois des jeunes dans des métiers de haute technologie.

Aujourd'hui, le Maroc dispose d'une stratégie concertée et partagée entre l'Etat et les Industriels. Il a aussi des atouts certains pour engager une nouvelle phase de développement, et profiter de l'opportunité stratégique de forte croissance que lui offre ce Secteur :

- au niveau de l'offre grâce à la plateforme intégrée de Nouacer : MidParc répondant aux besoins des PME qui représentent l'essentiel du tissu industriel dans le monde.
- au niveau formation des techniciens et opérateurs : l'Institut des Métiers Aéronautiques (IMA) partenariat innovant dans le domaine de la formation, développé entre l'Etat et le secteur industriel, centre piloté par le GIMAS, le groupement des industriels.
- au niveau financier avec la mise en place d'un fond dédié, miroir «AEROFUND – ACE» français, pour accompagner les PME et les jeunes entrepreneurs.



Au-delà de la croissance d'une industrie stratégique pour le Maroc, notre ambition est l'édification d'une grappe industrielle de 20 000 emplois, à l'horizon 2020, sur la plateforme de Nouacer avec les composantes : l'Industrie et Services associés, Recherche Technologique, formation technique et Agences Gouvernementales, ce qui exige :

- le renforcement de la Supply chain au Maroc pour plus de compétitivité de la base Maroc.
- l'élargissement de ce secteur aéronautique à d'autres industries connexes : le spatial, la défense, la sécurité électronique embarquée, aux composites, l'ingénierie...
- la diversification de certaines industries marocaines actuelles de la métallurgie pour intégrer le secteur de l'aéronautique.
- l'implication de jeunes talents dans le secteur, grâce au support de l'Etat et l'accompagnement de grands donneurs d'ordre tel que Safran.

Enfin et pour assurer le succès de cette nouvelle phase de développement du secteur aéronautique, l'établissement de partenariats innovants entre cette industrie et l'université dans le domaine de recherche technologique.

Dans un monde global, en transformation rapide, face à la concurrence d'autres pays qui veulent, eux aussi, profiter du développement technologique qu'offre l'industrie aéronautique, le pôle aéronautique marocain doit réunir les conditions énoncées ci-dessus, pour aller plus vite, plus loin et plus haut, pour renforcer sa compétitivité et par la suite sa pérennité, dans un secteur jeune qui emploie des jeunes (âge moyen supérieur à 30 ans, plus de 50% féminine, minimum Bac+2), un secteur qui insère le Maroc dans l'Economie du savoir et s'inscrit dans le grand chantier de modernisation accélérée du Maroc sous la haute conduite éclairée de SM le Roi Mohammed VI.

### **V- Les outils de mise en œuvre des partenariats publics/privés et d'accompagnement des plans sectoriels de développement**

***Comment initier, renforcer et développer les liens entre le monde académique et le monde de l'industrie aéronautique? (Monsieur Mohamed SMANI)***

L'industrie aéronautique mondiale connaît depuis 2010 une croissance soutenue de son activité, jamais égalée, portée en grande partie par le secteur civil.

Plusieurs interventions au cours de ce séminaire ont insisté sur l'importance de la formation, de la R&D et de l'innovation. Le renforcement en effet de l'investissement dans le capital intellectuel des entreprises est un préalable incontournable pour concrétiser la volonté affichée de monter en gamme dans la chaîne de valeur des métiers de l'aéronautique. Le secteur de l'aéronautique, retenu par le Pacte National pour l'Emergence Industrielle parmi les secteurs prioritaires pour la période 2010-2015, les entreprises du secteur bénéficient à ce titre de dispositifs d'appui notamment à l'investissement (Fonds Hassan II) et à la formation.

### **Parmi les acquis importants on peut relever:**

1. L'Institut des Métiers de l'Aéronautique dont la gestion, confiée aux professionnels du secteur est un modèle réussi de partenariat public privé. Il constitue une bonne pratique applicable à d'autres secteurs prioritaires.
2. la création récente d'un fonds d'investissement dédié à l'aéronautique qui vise à financer l'implantation de sociétés étrangères et à soutenir les entreprises marocaines et les créateurs d'entreprises dans ce secteur.

Ainsi, et en moins de cinq ans, le Maroc a réussi à mettre en place une plateforme aéronautique et spatiale de qualité dans des conditions de compétitivité internationale :

- Une centaine d'entreprises installées
- Plus de 10 000 emplois créés
- Taux de croissance annuel : entre 15 et 20%
- Chiffre d'affaires (2011) : 750 Millions d'Euros

### **Comment monter en gamme dans la chaîne de valeur? C'est le défi de la R&D et de l'innovation**

Comment passer progressivement d'une activité à forte intensité de main d'œuvre à une production locale plus capitalistique (physique et intellectuelle) et à forte technicité ?

Il s'agit plus concrètement de développer de nouvelles compétences dans les domaines de l'ingénierie, de l'innovation et de la R&D. et de maîtriser de nouvelles technologies clés pour le secteur.

### **A. La R&D et l'innovation dans le secteur de l'aéronautique**

La filière aéronautique et spatiale est aujourd'hui à la pointe de la R&D dans le monde. Les dépenses

en R&D des entreprises classent ce secteur en quatrième position après les Technologies de l'information et de la communication, Les sciences de la vie, L'industrie manufacturière

Les dépenses consacrées à la R&D par le secteur de l'aéronautique dans le monde se situent entre 8 et 17% du Chiffre d'affaires, estimé en 2012 à 600 Milliards de US\$, soit deux fois plus que la moyenne des secteurs industriels.

Aux USA en 2012, le budget R&D de l'aéronautique et de la défense, avoisine les 75 Milliards de US\$. La société BOEING y a consacré 4 Milliards de US\$ et y emploie 60 000 chercheurs.

En France en 2012, le chiffre d'affaires du secteur s'est élevé à 42,5 Milliards d'Euros dont 7% a été consacré à la R&D soit 2,959 Milliards d'Euros. L'effectif des chercheurs est de 16 423.

Le nombre de brevets déposés en 2012 par le trio des entreprises de tête est significatif de l'intensité de la compétition internationale:

- SAFRAN : 556 (3<sup>ème</sup> déposant national)
- EADS : 377 (7<sup>ème</sup>)
- THALES : 273 (11<sup>ème</sup>)

## B. Défis et opportunités pour le Maroc

Le Maroc ambitionne de conduire la mutation du secteur pour lui permettre de monter en gamme dans la chaîne de valeur. Les entreprises du secteur pourront ainsi :

- Créer plus d'emplois qualifiés,
- Saisir les opportunités de diversification vers d'autres domaines : l'espace et la défense,
- Favoriser la création de start-up et attirer l'implantation de nouvelles entreprises de technologie

Nous proposons quelques pistes de réflexion pour créer un écosystème favorable à cette mutation : deux groupes de propositions, les unes portant sur les aspects organisationnels et les autres sur les aspects financiers :

### Aspects organisationnels

L'objectif est de développer une plateforme de recherche technologique et de formation qui associerait les grandes entreprises, les PME et les universités pour les projets de recherche technologiques du secteur mais aussi pour la maîtrise des technologies clés pour les besoins en émergence.

L'ambition est d'intensifier la dynamique «industrie - recherche - formation» pour permettre :

- de véritables sauts technologiques, source de compétitivité et de pérennité pour les entreprises
- une valorisation effective de la propriété intellectuelle générée par les projets
- le transfert éventuel au niveau international.

Cette plateforme ou campus d'innovation technologique pourrait notamment :

1. Susciter la création de laboratoires de recherche sous contrat dans le domaine de l'aéronautique. Ces laboratoires labellisés seraient soutenus par les politiques publiques et auraient pour mission de développer des technologies innovantes à travers l'encadrement de thèses industrielles répondant aux besoins du marché.
2. Mobiliser les compétences universitaires par des appels à projets de recherche ciblés «aéronautique». A ce sujet je rappelle que le Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique a lancé le 22 juillet 2013 un appel à projet dans les domaines prioritaires de la recherche scientifique et du développement technologique. Parmi les neuf domaines figure en premier lieu, l'aéronautique. Ces projets seront financés par le Fonds de Soutien à la Recherche Scientifique et au Développement Technologique. Six projets auraient été soumis concernant l'aéronautique.
3. Faciliter la mobilité des acteurs entre l'entreprise et l'université :
  - Encourager les cadres des entreprises à assurer des cours au niveau de l'Université avec un statut valorisant de conférencier
  - Accueillir des thésards et des stagiaires étudiants par les entreprises
3. Susciter la création d'entreprises innovantes (spin off, start up)
4. Identifier et mettre en place un réseau de chercheurs dont les compétences seraient mises à la disposition des PME
5. Développer la coopération avec les écoles d'ingénieurs et les universités marocaines pour mutualiser leurs moyens et créer des laboratoires communs qui travailleraient avec les industriels.



### Aspects financiers

Plusieurs sources de financement existantes peuvent être mobilisées :

- Fonds de soutien à la recherche et au développement technologique
- Mmesures en faveur de l'innovation de la Stratégie Maroc Innovation
- Financements européens dans le cadre des appels à projets
- Financement de la R&D par les entreprises du secteur qui pourraient y consacrer un pourcentage de leur chiffre d'affaires

La mise en place d'un Crédit Impôt Recherche permettrait de créer un puissant levier pour favoriser la recherche industrielle. Il pourrait dans une première étape concerner les entreprises du secteur à titre expérimental avant sa généralisation à d'autres secteurs prioritaires.

Le CIR est largement utilisé à travers le monde. A titre d'exemple, en France, 18 000 entreprises ont utilisé cet incitatif en 2010 pour un montant de 5,05 Milliards d'Euros.

### C. Conclusions

L'industrie aéronautique au niveau mondial connaît depuis 2010 une croissance soutenue

jamais égalée et portée en grande partie par le secteur civil.

L'émergence réussie du secteur aéronautique au Maroc depuis les cinq dernières années appelle à assurer sa pérennisation et à poursuivre son développement.

Cela implique une adaptation permanente des entreprises et leur accompagnement pour monter dans la chaîne de valeur. Elles pourront ainsi :

- Créer plus d'emplois qualifiés
- Acquérir les compétences pour générer des innovations technologiques et contribuer à la conception, la réalisation, l'exploitation et le renforcement de leur partenariat avec les grands donneurs d'ordre sur les marchés internationaux,
- Intégrer les contraintes de sûreté spécifiques à ce secteur,
- Ceci implique également de construire une relation université - entreprise forte permettant d'intégrer de la connaissance à travers les activités d'une R&D répondant aux besoins des entreprises du secteur et de faire émerger une nouvelle génération d'entreprises innovantes.







**Le Maroc à la croisée des mobilités  
humaines mondialisées. Mutations  
socio-spatiales et nouveaux rapports  
aux territoires depuis l'an 2000**





**Le Maroc à la croisée des mobilités humaines mondialisées.  
Mutations socio-spatiales et nouveaux rapports  
aux territoires depuis l'an 2000 \***

M. ADERGHAL, Université Mohammed V, Rabat, Maroc



En hommage à Mohamed Berriane, Professeur de géographie à la FLSH, l'Université Mohammed V-Rabat a organisé, les 25 et 26 juin 2014 un colloque international sous le titre «**Le Maroc à la croisée des mobilités humaines mondialisées. Mutations socio-spatiales et nouveaux rapports aux territoires depuis l'an 2000**».

Durant les deux jours du colloque, la mobilité dans un contexte migratoire marocain en transition, a été au centre des débats suscités par des interventions ayant permis de se poser des questions fondamentales autour de son intérêt au niveau du champ du savoir des sciences sociales.

Au-delà des axes qui permettent de structurer le programme du colloque, le thème de la mobilité s'est imposé par sa dimension transverse pour impliquer aussi bien les modes de vie des sociétés, soumis aux changements et inscrits dans la durée historique, que les sens donnés aux territoires et les interactions dans lesquelles ils se trouvent engagés.

La mobilité a été appréhendée dans ses différentes dimensions, migration interne et internationale, et dans ses rapports avec la construction des territoires, la gestion des pôles urbains, les relations villes-campagnes, le développement régional et local, le tourisme et l'environnement.

Cette mobilité représente un élément fédérateur dans l'œuvre de Mohamed Berriane et cette note se propose de s'arrêter sur les moments forts de la personnalité scientifique de ce chercheur.

**Un géographe de la génération des fondateurs de la géographie marocaine**

Les discours de M. le Président de l'Université Mohammed V-Rabat et de M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, au cours de la séance inaugurale du colloque, ont rappelé le statut universitaire et académique de Mohamed Berriane et souligné son rôle novateur et pionnier dans divers domaines de la recherche et de la formation en sciences sociales. Les autres intervenants, collègues et amis, ont reconstitué ce parcours en évoquant des souvenirs qui les lient à un homme réputé

pour sa sensibilité d'âme et sa rigueur d'esprit qui font de lui un chercheur qui sait rassembler et un professeur qui sait transmettre.



Pr. Mohamed Berriane, membre résident de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

Les interventions de Said Boujrouf, Ouidad Tebaa (Université Cadi Ayad de Marrakech) et J-F Troin (Universités François Rabelais de Tours) sont revenues sur le parcours du géographe professeur issu de la génération des fondateurs de la géographie marocaine contemporaine. Elles nous permettent de savoir qu'en apparence son itinéraire de formation et de recherche n'a rien d'insolite, puisqu'il a suivi le cursus académique classique aboutissant au doctorat d'Etat et au professorat. Il est le plus jeune parmi sa génération qui, à l'âge de 24 ans, intègre la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Rabat, comme assistant au département de géographie en 1976, pour ensuite suivre le parcours à l'époque obligatoire qui pour aboutir au grade de Professeur devait passer par celui de Maître-Assistant et de Maître de Conférence. Son souci de toujours tenir à créer des synergies entre la recherche, son animation et son administration et la formation de jeunes chercheurs, lui imposa d'être présent comme acteur dynamique sur la scène universitaire, par la création de formations diverses et la contribution aux réformes de l'enseignement et de la recherche. Il a eu aussi une contribution active dans la promotion du savoir géographique, à travers les publications

\* Synthèse du colloque en hommage à Mohamed Berriane, géographe du tourisme, des mobilités et du développement local, membre résident du collège Etudes stratégiques et développement économique.

d'ouvrages et la gestion de revues, relancée et relookée, comme la Revue de Géographie du Maroc, ou nouvellement créée comme la revue en ligne GéoDéve.ma. Il a également contribué à l'animation et à l'organisation de la recherche à travers les structures de recherches qu'il a mises en place et dont il a assuré la coordination, notamment l'Equipe de Recherche sur la Région et la Régionalisation (E3R), le pôle de compétence RELOR, le Laboratoire Mixte International (LMI-MediTer), qu'il co-dirige encore, et le Centre d'Etudes et de Recherches Géographiques (CERGéo). Une carrière qui sera couronnée par sa nomination entre 2005 et 2008 au poste de Doyen de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Rabat et à partir de 2006 comme membre correspondant de l'Académie Hassan II des Sciences et techniques, tout d'abord comme membre correspondant (2006-2014), puis à partir de 2014 comme membre résident.

Pour lui, la production du savoir scientifique relève aussi bien du besoin de répondre à une curiosité intellectuelle que de la nécessité de participer au développement du pays.

L'originalité de l'œuvre de Mohamed Berriane c'est d'avoir ouvert la voie à la communauté des géographes marocains de participer, à partir d'un point de vue géographique, aux grands débats nationaux sur l'aménagement du territoire et le développement durable. Le chercheur habité par la curiosité d'explorer les champs nouveaux de la géographie est doublé d'un expert dont l'apport a sans doute marqué le politique comme actant dans la fabrication de l'espace marocain dans un contexte marqué par la globalisation des échanges.

Mais la géographie marocaine n'allait pas avoir la chance de produire un géographe de cette stature, si le hasard ne l'a pas mis sur le chemin de deux rencontres qui eurent une influence remarquable sur sa carrière : la rencontre avec Jean-François Troin qu'il accompagna, alors qu'il était encore élève au Lycée, dans ses travaux de terrain sur les Souks. On sait l'apport de ce géographe à la connaissance dynamique des structures commerciales dans l'organisation régionale de l'espace marocain. La deuxième rencontre porte sur la culture de tout un pays dont la tradition universitaire est fort différente de celle de la France. Le rapport affectif et cognitif avec l'Allemagne affectera ses problématiques de recherche et lui permet, au contact de la géographie allemande, d'ouvrir ses horizons et d'orienter ses recherches selon une connaissance des faits socio spatiaux les plus pertinents et des questions qui s'imposent le plus à la curiosité

scientifique de par le monde. On retrouvera en partie cette influence dans les analyses du tourisme interne et la prise en considération de la dimension culturelle et patrimoniale dans l'analyse des systèmes territoriaux. En témoigne le nombre d'articles et d'ouvrages cosignés avec des chercheurs allemands. Cette tendance au partenariat international dans la recherche et la production scientifique s'est confirmée au fil des ans et a intégré des pays comme l'Espagne (Université Autonome de Madrid et Université de Grenade) ou l'Angleterre (Université d'Oxford) avec là aussi des co-publications qui font référence dans la thématique des migrations.

C'est ce qui explique la complexité des thèmes abordés et le foisonnement de ses publications durant plus de quarante années de recherche sans interruption, et qui couvrent plusieurs domaines de la recherche géographique, du tourisme au développement local et régional, en passant par l'émigration, l'urbanisation et l'environnement. Au total ce sont 143 références, dont 34 articles individuels et en co-signature, 22 ouvrages en tant qu'auteur, directeur ou co-directeur, 64 chapitres d'ouvrages, 13 contributions à des actes de colloques, 12 publications en ligne, et 5 travaux sous presse dont la publication est prévue pour 2015.

Après ses premières armes dans la recherche géomorphologique sur le littoral de Rabat, Mohamed Berriane s'est dirigé vers l'exploration des mécanismes qui font et défont les espaces. Ces mécanismes, il les appréhende d'abord à travers ce qui jaillit dans la société comme la particularité fondamentale de l'homme moderne, c'est-à-dire sa mobilité dans ses deux dimensions de plus en plus interdépendantes, le tourisme et l'émigration internationale.

### **Un pionnier des études géographiques sur le tourisme au Maroc**

Le Maroc est considéré comme un pays attractif sur le plan touristique bien avant le protectorat. Le tourisme et la recherche de lieux de dépaysement faisaient partie des motivations qui poussaient des Européens à s'aventurer dans un Maroc resté longtemps fermé au simple voyageur européen. Cette pratique touristique si ancienne a marqué les images produites sur le Maroc et a influencé les représentations que s'en font les occidentaux jusqu'à aujourd'hui. Il est certain que l'activité n'a commencé à prendre de l'ampleur que depuis le lendemain de la seconde guerre mondiale ; et dans sa dimension balnéaire, elle deviendra, avec la fin des années soixante, un secteur fondamental de l'économie nationale avec d'importantes répercussions socioculturelles



au niveau des espaces touristifiés. Mais face à sa progression comme phénomène économique et socio spatial, les sciences sociales marocaines, en l'occurrence la géographie, ne lui ont pas prêté un intérêt proportionnel compte tenu de la difficulté à le classer parmi les champs de recherche délimités par la tradition disciplinaire universitaire. Une situation qui n'est pas propre au Maroc, puisque les études touristiques ont mis du temps pour s'imposer dans le champ scientifique des sciences sociales (Morisset et al., 2012). Dans les années soixante-dix, peu de géographes, parmi lesquels Mohamed Berriane, s'aventuraient sur ce terrain nouveau de la recherche. Surtout que les mutations spatiales imposées par le tourisme se limitaient au littoral méditerranéen du Maroc du nord-ouest ou à la baie d'Agadir. C'est par sa qualité de chercheur qui découvre les faits qui agissent sur le devenir de la société et de l'espace, et d'homme qui a appris à affiner son sens de l'observation parce qu'il est géographe et grand voyageur, que Mohamed Berriane a pris conscience de l'importance qu'allait prendre le tourisme dans la société marocaine. Ses approches du tourisme se fondent sur sa considération comme phénomène socio spatial multiforme, dans ses différentes dimensions, interne et internationale, et comme révélateur des mutations des sociétés. Il est aussi un élément fondamental de la structuration des espaces régionaux, et dans sa dimension rurale, associé aux nouvelles représentations du patrimoine et des produits de terroir, il peut être un levier de développement local des arrière-pays et un vecteur de leur articulation sur le littoral (Berriane, 1980, 1989, 2009, 2014).

### L'innovation dans les études migratoires

Les mobilités qu'engendrent les phénomènes migratoires interrogent la recherche géographique bien au-delà des flux causés par des différentiels économiques entre pays riches attractifs et pays riches répulsifs. Pour Mohamed Berriane, il s'agit là d'une question bien plus fondamentale dans la mesure où la mobilité constitue un facteur essentiel dans la dynamique des territoires. Tout en étant variables dans le temps et dans l'espace, les processus migratoires ont d'abord touché les régions rurales, Rif, Souss et montagnes atlasiques, souffrant d'handicaps dus à l'excentricité géographique, à la marginalisation par les flux économiques et les politiques publiques, avant de s'étendre aux villes et campagnes des autres régions. Cette géographie des migrations marocaines est loin de se présenter dans une forme figée, représentée par les découpages institutionnels, car elle résulte bien d'une organisation spatiale dynamique. Ces mêmes migrations, souvent facteurs de déficits

démographiques et de dysfonctionnement des économies locales, sont aussi à l'origine de nouveaux phénomènes socio spatiaux, liés à l'urbanisation, aux nouvelles configurations des régions et à l'implication des migrants dans une vie relationnelle en réseaux transnationaux.

En fait les mutations continues des contextes migratoires à partir de la décennie 70, avec la fermeture de la frontière européenne et l'instauration de la réglementation sur le regroupement familial, ont eu un impact important sur les processus, les formes migratoires, les profils des migrants et la diversification des destinations. Ce qui se traduit en conséquence sur les types de rapports que ces migrants entretiennent avec leur pays d'origine et le pays d'accueil, ainsi que sur l'instabilité des images et des représentations et des attitudes que les Marocains en général ont de l'émigration et de l'Europe. Celle-ci étant encore considérée comme destination privilégiée des Marocains candidats à l'émigration. (Berriane et Hopfinger, 1992, Berriane, 1996, Berriane et Lopez Garcia, 2004, Berriane et Cohen, 2011, Berriane et De Haas, 2012, Berriane, 2014).

### Tourisme, migration et développement local

L'intérêt de Mohamed Berriane pour le tourisme et les migrations a convergé ces dernières années vers une prise en considération du rôle qu'ils pourraient jouer dans le développement local. Ce qui implique par la force des choses des questionnements autour de la gouvernance des territoires. Dans le domaine du rapport entre tourisme rural et développement, ses travaux, menés au sein de l'Equipe de Recherche sur la Région et la Régionalisation, montrent que les actions volontaristes n'ont pas toutes été couronnées par le même succès. En effet depuis la mise en place de la stratégie du tourisme rural en 2002 (OMT-Ministère du tourisme, 2002) l'action des pouvoirs publics, à travers la mise en place des PAT (Pays d'Accueil Touristique) et autres produits de niche, s'est trouvée concurrencée par des initiatives spontanées prises par des acteurs locaux, issus du tissu associatif. Contournant les lourdeurs bureaucratiques, ces associations arrivent à mobiliser des partenariats, réunissant des acteurs issus de différents horizons, ministères, organismes nationaux et internationaux, ONG, Agences de développement. Cette capacité de mobilisation, est en elle-même un indicateur de l'existence dans le monde rural d'une dynamique territoriale importante. Celle-ci, même si elle ne donne pas partout le même résultat, abouti dans certaines situations, Chefchaouen, Imouzzer Ida ou Tanane,



par exemple, à la création de “véritables territoires touristiques informels en marge des destinations officiels du tourisme international” (Berriane et Moizo, 2014). La vulgarisation de l’outil internet dans les campagnes les plus reculées, ouvertes au tourisme, a rendu possible une autonomie d’action des investisseurs propriétaires d’auberges et de gîtes ruraux qui accèdent facilement aux bassins d’émission de la clientèle touristique. Ce qui a été interprété comme une sorte de mondialisation par le bas (Berriane et Nakhli, 2011). Un autre aspect de cette mondialisation vécue à partir des marges, on le rencontre aussi à travers la contribution des migrants au développement de leur pays d’origine.

Les approches développées se sont d’abord intéressées aux questions liées à l’investissement des migrants absorbé, dans un premier temps, par l’immobilier donnant lieu à l’extension des espaces bâtis, matérialisé par la croissance des grandes villes, d’un côté, et le déclenchement d’un processus de micro urbanisation dans les campagnes, de l’autre. Mais il n’en demeure pas moins que dans cette même catégorie sont apparus des migrants entrepreneurs attirés par l’investissement dans les secteurs productifs. Les situations étudiées dans la région de Nador montrent que les migrants, même en cultivant un sentiment affectif envers leurs régions, ne manquent pas de se plaindre des contraintes qui les empêchent de faire aboutir leurs projets d’investissement dans les secteurs productifs (Berriane, 1997).

Mais cette situation, expliquée par la faible présence de l’Etat dans une région périphérique, a tendance à être dépassée. La ville de Nador, affiche, depuis la fin du deuxième millénaire, un

dynamisme manifeste. Tributaire des ressources externes, ce dynamisme s’appuie aussi sur des facteurs de développement en rapport avec les projets d’infrastructure conduits par les autorités gouvernementales, qui montrent un changement d’attitude des pouvoirs publics envers les régions périphériques (Berriane, 2000). Pour Mohamed Berriane, c’est la convergence de ces deux éléments, à savoir des migrants entrepreneurs et une politique volontariste de développement, qui a donné au grand Nador la capacité d’une agglomération à effet polarisateur sur une multitude d’entités locales vivantes sur lesquelles s’appuie la structuration de l’espace régional. Celui-ci, à travers le rôle pris par l’émigration internationale dans son développement, s’individualise par un fort ancrage dans la mondialisation.

Une autre région périphérique s’est imposée au regard du géographe épris de question de développement, l’Anti Atlas et le Sous. Nous retenons ici surtout les travaux qui amènent Mohamed Berriane à s’intéresser à l’action associative dont les principaux protagonistes sont des collectifs de migrants. En effet la région connaît actuellement un renouveau rural remarquable à trois éléments : i) l’extension de cultures traditionnelles, inscrites dans une perspective de développement par les terroirs, safran à Taliouine, amandiers à Tafraout, roses à Kelaat Mgouna, ii) les événements festifs, moussems, foires, festivals et salons, qui célèbrent ces produits, et deviennent un moyen de communication des nouvelles images des territoires périphériques, iii) l’émergence sur la scène locale des organisations associatives et des coopératives, ainsi que du propriétaire de l’auberge. Toutes des formes



Le Professeur Mohamed Berriane entouré des participants au colloque



d'organisation sociale innovantes impliquées dans un nouveau rapport aux ressources naturelles rares. Derrière cette dynamique on trouve les traces de l'Association Migration et Développement dont l'action est à l'origine d'une manière nouvelle de traiter le terroir et par là de développer le territoire (Berriane, Aderghal et al. 2012, Aderghal, Berriane et Amzil, 2014).

## Bibliographie

Berriane M. et Aderghal M., (2011) «Los procesos migratorios entre Marruecos y Andalucía: experiencias y mecanismos», in A. Cohen y M. Berriane, (dir.) De Marruecos a Andalucía: Migracion y espacio social. Edition : Editorial Universidad de Granada, Campus Universitario de Cartuja - Granada.

Morisset L.K., Sarrasin B. et Ethier G. (Ss. la dir.), (2012), Epistémologie des études touristiques, Presses Universitaires du Québec, 231p.

Berriane M, (1980), L'espace touristique marocain. ERA 706, Urbanisation au Maghreb, CNRS, Université de Tours, 171p.

Berriane M. (1987) Tourisme national et migrations de loisirs au Maoc, étude géographique. Pub. de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Rabat, Série Thèses et Mémoires, n° 16, 500p.

Berriane M. et Hopfinger H, 1992, «Migration internationale de travail et croissance urbaine dans la Province de Nador (Maroc)». Revue Européenne des Migrations Internationale.

Berriane M. (1996), Remigration Nador I Regionalanalyse der Provinz Nador.

Berriane M., (1997), «L'émergence de l'ancien émigré du Rif oriental comme acteur du local», in. Berriane M. et Popp H (ed.) : Migrations internationales entre le Maghreb et l'Europe. Les effets sur les pays de destination et les pays d'origine. Actes du Colloque maroco-allemand de Munich, 1997- Rabat 1998. Pub. de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Rabat, Série : Colloques et Séminaires n° 75 : 217-227.

Berriane M., 2000, «Le local et son rôle dans la réhabilitation et le développement d'une région périphérique : le cas du Rif oriental», in. M. Berriane et P. Signoles (edit.) : Les espaces périphériques à l'heure de la mondialisation. Pub. de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Rabat, Série Colloques et Séminaires, n°88 : 211-224.

Lopez Garcia B. et Berriane M. (dir.) (2004), Atlas de la inmigracion marroqui en España, Madrid : UAM Ediciones.

Berriane M. (2009), «Tourisme des nationaux, tourisme des étrangers : articulations, stratégie des acteurs et appropriation de l'espace», in. M. Berriane (ss. la dir.) Tourisme des nationaux, tourisme des étrangers: Quelles articulations en Méditerranée? Pub. de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Rabat - Série Essais et Etudes n° 41 : 125-168.

Berriane M. et Nakhli S. (2011), «En marge des grandes chantiers touristiques mondialisés, l'émergence de territoires touristiques et leur connexion directe avec le système monde», in. Le Maghreb dans la mondialisation : subalternité et fragmentation territoriale, Revue Méditerranée, N°116.

Berriane M. et Cohen A. (dir.), (2011), De Marruecos a Andalucía : Migracion y espacio social. EUG. Granada, 423p.

Berriane M., Aderghal M. et al. (2012), Tourisme rural, gouvernance territoriale et développement local en zones de montagne, Publications ONDH.

Berriane M. et De Haas H. (edit. by), (2012), African Migrations Research. Innovative Methods and Methodologies. Africa World Press, 254 p.

Berriane M. (ss la dir.), (2014), Le tourisme dans les arrière-pays méditerranéens. Des dynamiques territoriales locales en marge des politiques publiques, Edité par l'Université Mohammed V Rabat, l'Université Euro-Méditerranéenne de Fès (Pôle Sciences Humaines et Sociales) et Le Laboratoire Mixte International MediTer.

Berriane M. et Moizo B., (2014), «Initiatives locales, politiques publiques et développement du tourisme en milieu rural au Maroc : Bilan de 15 années de tourisme dans les arrière-pays», in. M. Berriane (ss. dir.), Le tourisme dans les arrière-pays méditerranéens. Des dynamiques territoriales locales en marge des politiques publiques, Edité par l'Université Mohammed V Rabat, l'Université Euro-Méditerranéenne de Fès (Pôle Sciences Humaines et Sociales) et le Laboratoire Mixte International MediTer : 21-42.

Aderghal M., Berriane M. et Amzil L. (2014), «La montagne marocaine : y a-t-il un renouveau par les terroirs? Etudes dans les massifs d'Oulmes et du Siroua», in. M. Berriane (ss. dir.), Le tourisme dans les arrière-pays méditerranéens. Des dynamiques territoriales locales en marge des politiques publiques, Edité par l'Université Mohammed V Rabat, l'Université Euro-Méditerranéenne de Fès (Pôle Sciences Humaines et Sociales) et Le Laboratoire Mixte International MediTer.







## **Appui à la recherche scientifique et technique**





## Etude de l'efficacité de la consommation de l'huile d'argane sur le profil lipidique et les statuts anti-oxydant et hormonal et détermination de l'effet hydratant de la peau chez les femmes ménopausées (ARFEM)



Pr. Zoubida Charrouf

Faculté des Sciences, Université Mohammed V, Rabat, Maroc

### Principaux objectifs scientifiques du projet

Ce projet vise la valorisation de l'arganier, un arbre endémique au Maroc où il joue un rôle socio-économique et environnemental très important. Son produit principal, l'huile d'argane, est maintenant reconnu à l'échelle internationale aussi bien comme une huile alimentaire que comme ingrédient pour la cosmétique.

**L'Objectif général de ce projet est de démontrer** le bénéfice pour la santé et le bien être de la consommation régulière de l'huile d'argane chez les femmes ménopausées.

Cet objectif se décline en deux objectifs spécifiques :

**Objectif spécifique à visée état nutritionnel :** déterminer chez les femmes ménopausées l'impact de la consommation de l'huile d'argane sur son état nutritionnel.

**Objectif spécifique à visée cosmétique :** déterminer chez les femmes ménopausées l'impact de la consommation de l'huile d'argane et/ou son application sur l'hydratation de la peau.

Ce projet a été géré par l'Association Ibn Al Baytar et porté par 4 chercheurs :

- Zoubida CHARROUF, Faculté des Sciences, Université Mohammed V - Agdal, Rabat;
- Hassan AGUENAOU, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kenitra;
- Yahya BENSOUA, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Mohammed V - Souissi, Rabat;
- Abdelfattah DEROUICHE, Faculté des Sciences Ben M'Sik, Université Hassan II - Mohammedia, Casablanca.

Au total, 16 chercheurs de différentes disciplines ont été impliqués dont 3 internationaux.

Compte tenu de l'ampleur de cette étude clinique, des fonds supplémentaires ont été recherchés auprès de la Fondation Lepercq et du Laboratoire de la Fraternelle de la gendarmerie Royale.

Cette étude d'efficacité répond aux normes internationales de la recherche scientifique (Approbation par le comité d'éthique; Consentement éclairé des participantes ; Critères d'inclusion; Critère d'exclusion; Pré-enquête; Enquête). Elle est composée d'une phase de stabilisation «P.S» de 2 semaines suivie d'une phase d'intervention «P.I» de 8 semaines. La figure 1 représente le protocole de l'étude.

152 femmes ménopausées ont été retenues sur 500 femmes. Leur âge moyen est de  $55,49 \pm 6,18$ . Elles sont supposées saines et ne consomment ni hormones de substitutions ni additifs vitaminiques. Après avoir signé la lettre de consentement, elles ont intégré dans leur petit déjeuner durant la P.S 25g /j de margarine végétale. Après randomisation, 77 femmes ont substitué la margarine par 25ml/j d'huile d'olive «F.O» et 75 femmes par l'huile d'argane «F.A». Les mesures du poids, de la taille, du profil lipidique et de la VitE ont été effectuées à la fin du P.I et P.S.

L'effet de la consommation et l'application de l'huile d'argane sur l'hydratation de la peau a été recherché chez 30 femmes. L'huile d'argane a été appliquée sur les bras gauches des deux groupes olive et argane.

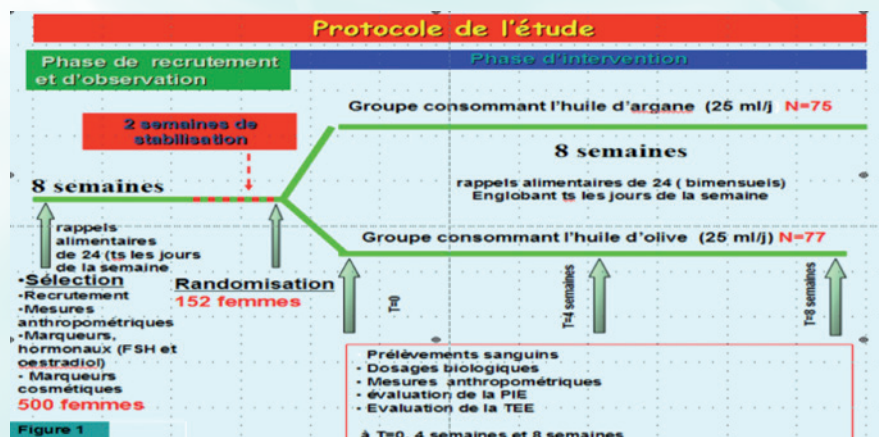
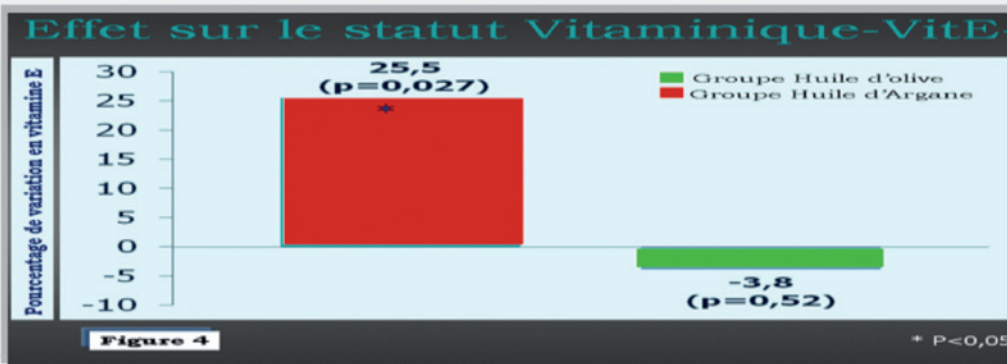
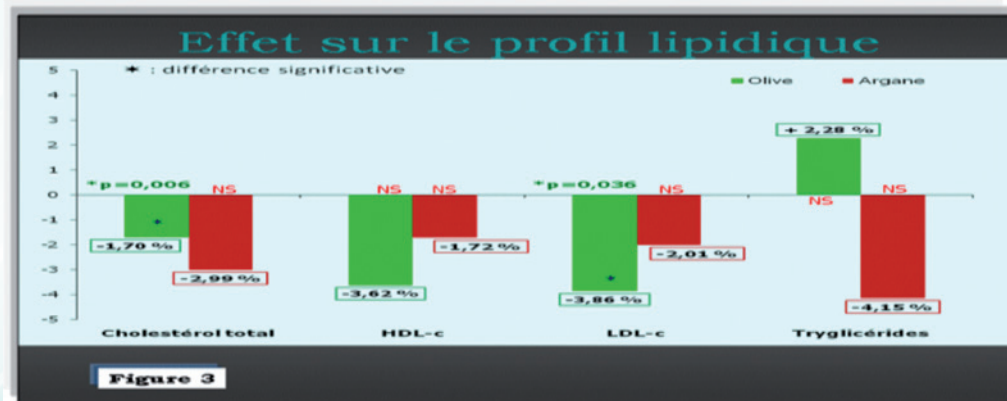
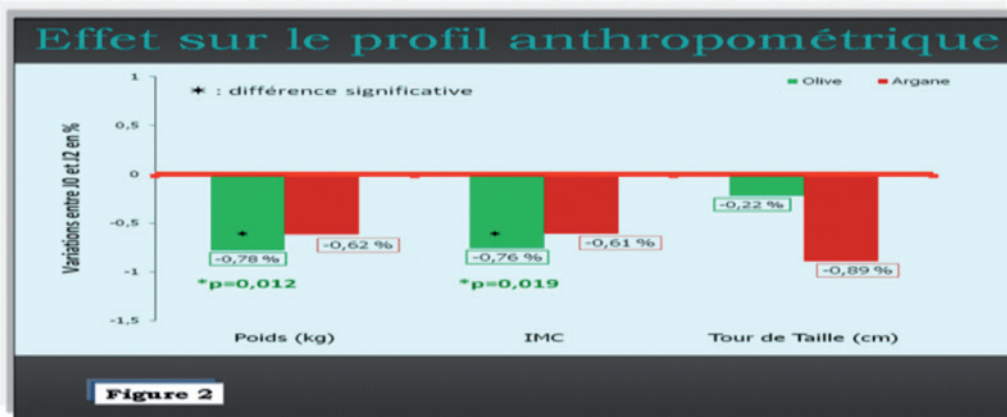


Figure 1

Les résultats obtenus entre la fin de la P.S et de la P.I ont montré chez les F.O une diminution significative du Poids, IMC «Figure 2», Cholestérol Total et c-LDL «Figure3» respectivement -0,78% (p=0,012), -0,76% (p=0,019), -1,70%(p=0,006) et -3,86%(p=0,036) et chez les

F.A une augmentation significative du VitE sérique +25,5%(p=0,027) «Figure4». Une diminution des triglycérides de 4,15% a été observée chez les femmes à l'huile d'argane mais elle n'est pas significative.





Pour ce qui concerne l'effet cosmétique, cette étude a montré que la consommation et/ou l'application quotidienne de l'huile d'argane pendant une période de 8 semaines ont un effet bénéfique sur le vieillissement cutané chez les femmes ménopausées. Cet effet a été traduit par l'amélioration de l'hydratation, caractérisée par la restauration de la fonction barrière et le maintien de la capacité de rétention d'eau de la peau ainsi que par une amélioration de l'élasticité cutanée (figures 5 et 6).

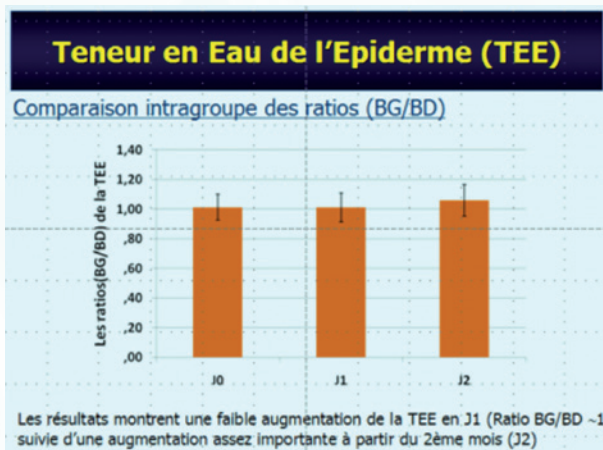


Figure 5 : Teneur en Eau de l'épiderme

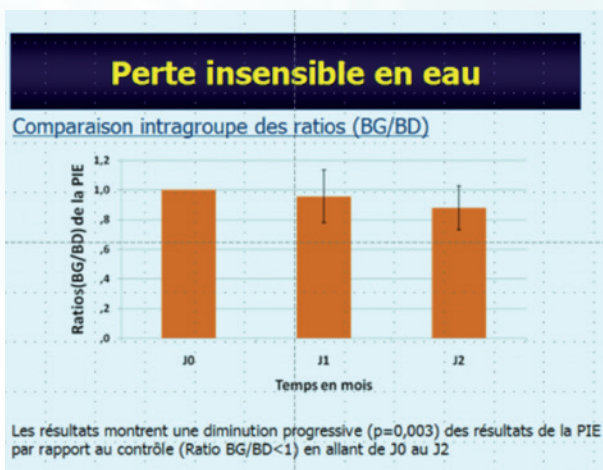


Figure 6 : Perte insensible en eau

## Retombées scientifiques et socioéconomiques du projet

### A) Articles scientifiques

Trois articles scientifiques ont été publiés et deux autres sont en cours de préparation :

- 1) Kenza Qiraouani Boucetta, Zoubida Charrouf, Abdelfattah Derouiche, Younes Rahali, Yahya Bensouda, «Skin hydration in postmenopausal women : argan oil benefit with oral and/or topical use?», *Przegląd Menopauzalny*, 13(5), 280-288, 2014.

- 2) Hanae El Monfalouti, Zoubida Charrouf, Asma El Hamdouchi, Hanane Labraimi, Imane Chafchaoui-Moussaoui, Badreddine Kartah, Khalid El Kari, Yahya Bensouda, Abdelfattah Derouich, Sylvie Dodin, Clément Denhez, Dominique Guillaume, Hassan Aguenau, «*Argan oil and postmenopausal Moroccan women: Impact on the vitamin E profile*», *Natural Product Communications (NPC)*, 8(1), 55-57, 2013.
- 3) Kenza Qiraouani Boucetta, Zoubida Charrouf, Hassan Aguenau, Abdelfattah Derouiche, Yahya Bensouda, «*Does Argan oil have a moisturizing effect on the skin of postmenopausal women?*», *Skin Research and Technology*, 19,356-357, 2013.

### B) Conférences plénières et communications

Les résultats obtenus ont été présentés dans plusieurs manifestations scientifiques nationales et internationales.

- Zoubida Charrouf «*Argan Oil, the 40-years-of-research Product* » 12<sup>th</sup> Euro Fed Lipid Congress. Montpellier (France) 14-17 septembre 2014.
- Zoubida Charrouf «*Argan Oil, Raising the standard of living in rural Morocco*». Global Spa and Wellness Summit, Marrakech 9-12 septembre 2014.
- Zoubida Charrouf et Hanae El Monfalouti. «*Propriétés Anti-Oxydantes et Photo-Protectrices de l'huile d'argane : Etudes chimiques et physiologiques*». 2<sup>ème</sup> congrès International sur l'arganier. Agadir, 9 au 11 Décembre 2013.
- Zoubida Charrouf, «*Recherche et innovation pour le développement durable de l'arganeraie Marocaine*», In Séminaire international «Les produits agricoles et agroalimentaires de terroir et leur impact sur le développement local». Université Saad Dahlab, Blida, Algérie, 19 - 20 décembre 2012.
- Labraimi Hanane, Charrouf Z., Derouiche A., Bensouda Y., Mokhtar N., Aguenau H., «*Effet de la consommation de l'huile d'argane et de l'huile d'olive sur le statut nutritionnel des femmes ménopausées*», *CI-SAN*, Oran, Algérie, P058, 5 - 6 décembre 2012.
- Charrouf Zoubida, «*Recherche et innovation pour le développement durable de l'arganeraie Marocaine*», Conférence pour étudiants à l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), Québec, Canada, 7 septembre 2012.
- Charrouf Zoubida, «*Economie verte et développement durable : cas de l'Arganeraie*», Assises Euro-méditerranéennes, 23 et 24 mai 2012, Fès, Maroc.

- Derouiche Abdelfettah, Elbraimi Hanane, Benajiba Nada, ElKabbaj Saad, Mokhtar Najat, El Mzibri Mohamed, BensoudaYahya, Dodin Sylvie, Charrouf Zoubida, Aguenau Hassan, «*Nutritional benefits of Olive and Argane oils on the protection against atherosclerosis in postmenopausal women*», XVI International Symposium on Atherosclerosis (ISA2012), Sydney, Darling Harbour, Australia, 25 - 29 March 2012.
- Labraimi H., Derouiche A., Charrouf Z., Bensouda Y., El Kari K., El Mzibri M., Mokhtar N. et Aguenau H., «*Effect of olive oil consumption on lipid profile and anthropometric profile on postmenopausal moroccan women*», Congrès Physiologie, Pharmacologie, et Thérapeutique (P2T), Dijon, France, 4 - 6 avril 2012.
- Charrouf Zoubida, «*Renaissance de l'arganeraie*», In Forum Francophone préparatoire à Rio +20. Lyon, France, 6 - 9 février 2012.
- Labraimi H., Charrouf Z., Benajiba N., EL Monfalouti H., Elkhari K., Derouiche A., ElKabbaj S., Mokhtar N, El Mzibri M., Dodin S., Bensouda Y., Aguenau H., «*Bénéfice de la consommation d'huile d'olive ou d'argane chez les femmes ménopausées*», Premier congrès international sur l'arganier: acquis et perspectives de la recherche scientifique, 1er Congrès International de l'Arganier, Agadir, Maroc, 14 - 17 décembre 2011.
- Labraimi H., Derouiche A., Charrouf Z., Bensouda Y., El Hamdouchi A., Barkat A., Hamrani A., Aglago E., El Menchawy I., El Kari K., Atalhi N., Mehdad S., Choua G., El Mzibri M., El Haloui N., Mokhtar N. et Aguenau H., «*Effet de la consommation de l'huile d'olive sur le profil lipidique et anthropométrique des femmes marocaines ménopausées*», 16ème Congrès National de Néonatalogie et de Nutrition, Rabat, Maroc, 2 - 4 décembre 2011.
- Derouiche A., Labraimi H., Benajiba N., EL Monfalouti H., Elkhari K., ElKabbaj S., Mokhtar N., El Mzibri M., Dodin S., Bensouda Y., Charrouf Z., Aguenau H., «*Évaluation du bénéfice de la consommation de l'huile d'olive et d'argan sur le profil anthropométrique, lipidique et oxydatif chez les femmes ménopausées*», 1st NorthAfrica and Middle East (MENA) Conference «Investing in Nutrition for development», Marrakech, Morocco, 21st to 23rd October 2011.
- Derouiche Abdelfettah, Bensouda Yahya, Elbraimi Hanane, Benajiba Nada, ElKabbaj Saad, Mokhtar Najat, El Mzibri Mohamed, Dodin Sylvie, Aguenau Hassan, Charrouf Zoubida, «*Etude d'efficacité de la consommation de l'huile d'argane sur les statuts lipidique, antioxydant et hormonal et la détermination de l'effet hydratant de la peau chez les femmes ménopausées*», Académie Hassan II des Sciences et Techniques, Rabat, 30 Juin 2011.
- Derouiche A., Benajiba, N., Aguenau, H., «*Impact de la consommation de l'huile d'olive sur le statut nutritionnel : Cas du Maroc*», SIAM 2011 Meknès, Rencontre «L'Oléiculture : Santé et Nutrition», 30 avril 2011.
- Bensouda Yahya, «*Effet de l'application externe de l'huile d'argan sur le ralentissement du vieillissement cutané chez la femme ménopausée*», Atelier, Agence de Développement Social (ADS), organisé par l'Agrotech en bilan du projet de recherche «*Valorisation des Produits de l'Arganier*», Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Agadir, 31 mars 2011.
- Labraimi H., Charrouf Z., Derouiche A., Bensouda Y., El Hamdouchi A., EL KARI K., N., Mokhtar N. et Aguenau H., «*Effect of olive oilconsumption on the anthropometric and lipid profile of Moroccan postmenopausal women*», Workshop international, Transition nutritionnelle et santé des populations, ENCG, El Jadida, Maroc, 12 - 13 Novembre 2011.
- Bensouda Yahya, «*Y-a-t-il un effet anti-vieillesse cutané de l'application de l'huile d'argan?*», 2<sup>ème</sup> Symposium international nutraceutique & environnement santé : Nutraceutique & environnement longévité / dermo-esthétique & vieillissement cutané., Narbonne, France, 28 - 30 janvier 2011.
- Qiraouani Kenza, Charrouf Zoubida, Aguenau Hassan, Derouiche Fetah, Bensouda Yahya «*Etude de l'efficacité de la consommation et de l'application de l'huile d'argan sur l'hydratation de la femme ménopausée*». Centre d'Etudes Doctorales des Sciences de la Vie et de la Santé, Faculté de Médecine et de Pharmacie de Rabat, 2<sup>ème</sup> Journée Scientifique, 22 janvier 2011.
- Labraimi H., Derouiche A., Charrouf Z., Bensouda Y., Mokhtar N., Aguenau H., «*Impact of argane oil consumption on lipid profile and body composition in menopausal Moroccan women*»The Fourth African Nutritional Epidemiology Conference (ANEC IV), Nairobi, Kenya, 4 - 8 October 2010.
- Labraimi H., Derouiche A., Charrouf Z., Bensouda Y., Mokhtar N., Aguenau H., «*Impact of argane oil consumption on lipid profile and body composition in menopausal women*», 2nd World Congress of Public Health Nutrition and 1st Latin American Congress of Community Nutrition, Porto, Portugal, 23 - 25 September 2010.
- Labraimi H., Derouiche A., Charrouf Z., Bensouda Y., El Hamdouchi A., Barkat A., Hamrani A., Aglago E., El Menchawy I., El Kari K., Atalhi N., Mehdad S., Choua G., El Mzibri M., El Haloui N., Mokhtar N. et Aguenau H., «*Effet de la consommation de l'huile d'olive et de l'huile d'argan sur le profil lipidique et anthropométrique*



*des femmes marocaines ménopausées*» Journée scientifique «*Nutrition et Cancer*», Rabat, Maroc, 11 décembre 2010.

#### Communications affichées

- Qiraouani Boucetta Kenza, Charrouf Zoubida, Aguenou Hassan, DerouicheFettah, Bensouda Yahya, «*L'application de l'huile d'argan, peut-elle restaurer les dégâts de la ménopause sur l'hydratation cutanée?*», 1<sup>er</sup> Congrès International de l'Arganier, Agadir, Maroc, 14 – 17 décembre 2011.
- Qiraouani Boucetta Kenza, Bensouda Yahya, «*Etude de l'efficacité de la consommation de l'huile d'argan sur l'hydratation de la femme ménopausée*», II<sup>ème</sup> journée du CEDOC SVT, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Rabat, Janvier 2011.
- Labraimi H., Derouiche A., Charrouf Z., Bensouda Y, El Hamdouchi A., Barkat A., Hamrani A., Aglago E., El Menchawy I., El Kari K., Atalhi N., Mehdad S., Choua G., El Mzibri M., El Haloui N., Mokhtar N. et Aguenou H., «*Cancer et Ménopause*», Journée scientifique «*Nutrition et Cancer*», Rabat, Maroc, 11 décembre 2010.

#### C) Encadrement des étudiants de Master

Deux Master ont été réalisés sur des sujets en relation avec le projet : El Ghalia ALOUBI et Nadia HIBBI. Elles étaient toutes deux encadrées par Prof Abdelfettah DEROUICHE de la Faculté des Sciences Ben M'Sik, Université Hassan II-Mohammedia, Casablanca.

- El Ghalia ALOUBI : *Étude de l'efficacité de la consommation de l'huile d'argane et de l'huile d'olive sur le profil lipidique et le statut corporel chez une cohorte de 58 femmes ménopausées marocaines.*
- Nadia HIBBI : *Contribution à l'étape de stabilisation de l'étude de l'efficacité de l'huile d'argane sur le profil hormonal, lipidique, statut antioxydant et l'hydratation de la peau chez la femme ménopausée.*

#### D) Soutenances de thèses de doctorat

Trois thèses ont été soutenues :

- Hanane LABRAIMI (Doctorat National) : *Elaboration de la table de composition des aliments consommés au Maroc et effet de la consommation de l'huile d'olive et de l'huile d'Argane sur le statut nutritionnel des femmes ménopausées.*  
Encadrée par Prof Hassan AGUENAOU de l'Unité mixte de recherche en nutrition et alimentation URAC 39, Université Ibn Tofail-CNESTEN, Kénitra.

- Hanae EL MONFALOUTI (Doctorat National) en cotutelle (France (Reims)-Maroc) : *Contribution à la détermination des propriétés photo protectrices en anti-oxydantes des dérivés de l'arganier : Etudes chimiques et physiologiques.*

Encadrée par Prof Zoubida CHARROUF de la Faculté des Sciences, Université Mohammed V, Rabat.

Hanae EL MONFALOUTI est lauréate du 3<sup>ème</sup> prix de thèse jeunes chercheurs au 2<sup>ème</sup> congrès international de l'arganier en décembre 2013.

- Kenza QIRAOUANE (Doctorat National) : *Effet de la consommation et/ou de l'application de l'huile d'Argane sur le vieillissement cutané des femmes ménopausées.*

Encadrée par Prof Yahya BENSOUADA de la Faculté de Médecine et Pharmacie de l'Université Mohammed V, Rabat.

#### E) Médiatisation du projet

Un reportage TV a été réalisé sur le projet et diffusé par France 2.

14 conférences grand public, 2 émissions radio et des articles dans les journaux ont été organisés pour le recrutement des femmes.

#### Remerciements

Ce projet, financé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, a pu être réalisé grâce à la contribution de la Fondation Lepercq et du Laboratoire de la Fraternelle de la gendarmerie Royale à Rabat.

Nos remerciements vont également aux huileries de Souss pour la fourniture de l'huile d'olive et de la margarine non hydrogénée et à toutes les femmes volontaires qui ont participé à cette étude.







## **Activités de l'Académie**





## Activités des collèges

Durant ce semestre, l'Académie Hassan II a connu une intense activité animée par les six collèges. Ce rapport, bilan des activités des collèges scientifiques, rapporte les principales manifestations qui ont été organisées. Il est à noter qu'outre ces activités les collèges scientifiques sont en charge aussi d'activités régulières durant toute l'année tels que :

- Suivi des projets de recherche financés par l'Académie,
- Suivi des collaborations Internationales soutenues par l'Académie,
- Suivi des conventions de coopération entre l'Académie et les différentes institutions publiques et privées Nationales et étrangères,
- Animation et suivi des Clubs Scientifiques parrainés par l'Académie.

### A- Sessions ordinaires, symposia et ateliers

#### 1- Session ordinaire sur le thème «le financement des projets de recherche par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques».

Cette session a été organisée, le 29 Septembre 2014, suite au rapport, de la commission d'évaluation des projets financés par l'Académie, présenté lors de la session ordinaire anniversaire du 17 Mai 2014. Ce rapport d'évaluation établi par la commission s'est basé sur les rapports d'état d'avancement fournis régulièrement par les coordonnateurs de projet ainsi que sur les visites effectuées aux différents laboratoires porteurs de projets. Cette évaluation a aussi comme objectifs entre autres ; l'amélioration des procédures de sélection et de financement ainsi qu'un meilleur positionnement de l'Académie dans le système de recherche national.

#### 2- Journée sur le thème «Epidémiologie prospective de l'accident vasculaire cérébral ischémique, rôle des affections cardiaques, des facteurs nutritionnels, biologiques et génétiques».

Cette journée a été organisée par le collège scientifique des Sciences et Techniques du Vivant le 28 Octobre 2014.

A l'occasion de la Journée mondiale de l'accident vasculaire cérébral «AVC», le Collège des sciences et techniques du vivant (CSTV), en collaboration avec le Groupe marocain de recherche sur l'AVCI «GMRAVC», a organisé le 28 Octobre 2014 une journée dédiée aux AVCI avec comme thème; **L'AVCI, Facteurs de risque et impact**. A cette manifestation ont participé des chercheurs et experts nationaux dans les domaines de la neurologie, la cardiologie, la génétique et la biochimie métabolique. L'objet principal de cette journée de réflexion est de prendre connaissance des résultats du projet de recherche intitulé : **Etude épidémiologique,**

**clinique, génétique et métabolique des accidents vasculaires cérébraux ischémiques**, qui a reçu le soutien de l'Académie Hassan II des sciences et techniques de 2008 à 2014.

#### 3- Séminaire sur le thème «Génomique et cancers».

Ce séminaire a été organisé par le collège scientifique des Sciences et Techniques du Vivant le 28 Novembre 2014.

Ce séminaire avait pour principal objectif : réunir le plus grand nombre de cliniciens, chercheurs, spécialistes et experts appartenant à la communauté scientifique et biomédicale nationale, afin de présenter et de comparer les résultats de leurs travaux de recherche, de dessiner des perspectives dans les domaines présentés et débattus, ainsi que des modes de coopération à l'échelle nationale et internationale. Il a aussi comme objectif de faire connaître l'état de la recherche au Maroc dans le domaine choisi, et pour dialoguer entre eux et envisager une collaboration plus étroite entre les équipes existantes et futures.

#### 4- Session ordinaire sur le thème «Analyse, probabilités et interactions».

Cette session ordinaire a été organisée par le collège scientifique des Sciences et Techniques du Vivant le 28 Novembre 2014.

L'organisation de cette session ordinaire avait plusieurs objectifs. Le premier consiste à renforcer la visibilité et le prestige de notre Académie en invitant des mathématiciens reconnus dans leur domaine de recherche au niveau international. Le second vise à faire le point sur plusieurs directions de recherche ayant connu des développements importants lors de ces dernières. Le troisième est de montrer la vitalité de la recherche en mathématiques au Maroc en impliquant des collègues mathématiciens marocains.

#### 5- Session ordinaire sur le thème «Politique industrielle et stratégie de développement économique».

Cette session ordinaire organisée par le collège des études stratégiques et du développement économique avait comme objectifs :

- Faire le point sur la politique industrielle à l'œuvre au Maroc, son contenu et son impact sur le développement économique et social.
- Analyser ses composantes sectorielles et son redéploiement territorial en relation à la fois avec la compétitivité externe et l'exigence d'intégration interne.
- Interroger les fondements théoriques d'une stratégie de développement national centrée sur la dynamique d'industrialisation en référence aux expériences internationales les plus pertinentes en matière d'émergence industrielle.

- Mettre en évidence les nouveaux ressorts de l'impulsion du développement par l'industrialisation, notamment le savoir, la recherche/développement, l'innovation, la qualité, l'inclusion sociale.
- S'interroger sur les dispositifs institutionnels et les modes de régulation du processus de développement tiré par le régime d'industrialisation.

## Axes

- Politique industrielle et stratégie du développement: fondements théoriques et formes d'articulation
- Politique d'accélération industrielle, son contenu, ses objectifs, son impact
- Les nouveaux ressorts du développement industriel (savoir, innovation, qualité, inclusion)
- Processus d'industrialisation et conditions du développement humain et durable au Maroc.

## 6- Session Plénière Solennelle 2015 sur le thème «Les risques naturels : Séismes, vague tempête, et phénomènes climatiques extrêmes»

Le collège des Sciences et Techniques de l'Environnement de la Terre et de la Mer, en charge de la préparation de la Session Plénière Solennelle 2015 a déployé tous les efforts durant ce semestre pour finaliser un programme scientifique de très grande qualité scientifique qui sera adopté définitivement prochainement selon les procédures habituelles.

## B- Les Journées «Jeunes et Sciences au service du développement»

Ces journées, organisées du 24 Novembre au 02 décembre 2014, ont été caractérisées cette année par une forte implication des Académies Régionales pour l'Education et la Formation (AREF) ainsi que les collèges scientifiques de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques. La participation des collèges scientifiques de l'académie est résumée dans le tableau ci-après :

- Nombre total de manifestations : 111
  - o Conférences : 40
  - o Visites et excursions : 10
  - o Films documentaires : 4
  - o Compétitions scientifiques et concours : 5
  - o Expositions : 13
  - o Rencontres et Ateliers : 39

Ce bilan partiel ne tient pas compte des activités organisées par les AREF, le bilan global de ces journées sera dressé après le 30 Décembre 2014, du fait que plusieurs AREF ont un programme étalé sur plus d'un mois.

Notons que cette année a vu la participation de plusieurs associations et fondations et dont on peut citer : la Fondation Mohammed VI pour la protection de l'Environnement, la fondation KIDS, l'association R&D Maroc ainsi que l'association ABC-MATHINFO.

La séance inaugurale a été organisée, le 24 Novembre 2014, conjointement par l'Université Hassan II de Casablanca et l'AREF du grand Casablanca.



Séance inaugurale à la Bibliothèque Universitaire Mohamed Sekkat à Casablanca

## C- Enseignement des Sciences

Les collèges scientifiques participent activement à la commission chargée d'élaborer un portefeuille d'expériences et d'outils pédagogiques et didactiques destinés aux collèges et lycées. Cette commission coordonnée par Monsieur le Chancelier a tenu plusieurs réunions en présence des enseignants et responsable du Centre national d'Innovation Pédagogique et d'Innovation (CNIPE). Les clubs scientifiques parrainés par l'Académie joueront le rôle de relais d'animation et de diffusion au sein de leur établissement et dans leur région.

### - Visite des clubs scientifiques

Un rapport préliminaire d'évaluation des clubs scientifiques préparé par la commission d'évaluation coordonnée par Professeur Ali Boukhari, et finalisé lors de la réunion tenue le 20 Juin 2014. Ce rapport est le résultat des visites effectuées aux clubs déjà parrainés par l'Académie et aussi de l'étude des nouvelles candidatures effectuée par le Centre National d'Innovation Pédagogique et d'Expérimentation (CNIPE) du MENFP. Les visites effectuées ont concerné, jusqu'à présent 6 lycées : à Rabat, Kénitra, Salé et Taza.



## Journées «Les jeunes et la science au service du développement»

### Les Energies Renouvelables \*

La diminution des réserves mondiales en combustibles fossiles combinée à l'augmentation de la demande mondiale en énergie, notamment des économies émergentes, ont provoqué une hausse importante des cours des produits pétroliers. Aussi les problèmes liés aux changements climatiques induits par les gaz à effet de serre ont poussé un grand nombre de pays à préparer leur transition énergétique et à reconsidérer leur politique énergétique en l'orientant vers un mix énergétique sûr, équilibré et non polluant. C'est dans ce contexte que le Maroc, qui ne recèle pas de réserves de pétrole avérées, a adopté une politique volontariste en matière d'énergies renouvelables pour alléger, ne serait-ce que partiellement, sa facture pétrolière et aussi pour répondre aux besoins croissants, en matière d'énergie, de sa croissance économique et sociale.

Au Maroc la demande en électricité s'est accrue, ces dernières années, d'environ 8% par an. A l'horizon 2020, le Maroc vise à couvrir 42% de ses besoins en énergie électrique à partir des énergies renouvelables, à parts égales entre le solaire, l'éolien et l'hydro-électrique.

Fidèle aux orientations de Sa Majesté le Roi Mohammed VI, que Dieu L'assiste, en matière de développement économique et sociale, notamment en énergies renouvelables et aussi en matière de promotion de la jeunesse, l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, organise, en partenariat avec le Ministère de l'Éducation Nationale et de la Formation Professionnelle et la Fondation Mohammed VI pour la Protection de l'Environnement, l'édition 2014 des journées «les jeunes et la science au service du développement» dont la thématique principale retenue pour cette année est «Les énergies renouvelables».

L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, de par ses missions statutaires, se doit d'apporter sa contribution à ce grand chantier national qu'est le plan de développement des énergies renouvelables. En effet, elle est appelée à

*«émettre des recommandations sur les priorités et sur les moyens susceptibles d'assurer la réalisation des objectifs nationaux en matière de recherche» ainsi que de «suivre en permanence, au profit de la communauté nationale, les progrès de la technologie».* L'édition 2014 des journées «les jeune et la science au service du développement» sur Les Énergies Renouvelables ambitionne d'apporter des éclairages scientifiques et technologiques ainsi que les retombées socio-économiques de ces nouvelles technologies auprès des jeunes en particulier et de la société en général.

De par sa situation géographique privilégiée, le Maroc dispose de gisements importants en énergies renouvelables, dont l'énergie solaire, avec plus de 3000 heures d'ensoleillement par an. Cette énergie inépuisable, gratuite et non polluante compte parmi les premières énergies exploitées par l'homme. Avec une intensité moyenne de 300 watt au mètre carré, le soleil fournit à la terre en une heure l'équivalent de la consommation énergétique annuelle mondiale.

Des progrès technologiques significatifs ont été enregistrés ces dernières années et d'autres sont en cours en matière de production d'énergie électrique utilisant les technologies solaires thermodynamiques ou photovoltaïques. Néanmoins, beaucoup reste à faire en matière d'amélioration des rendements des capteurs et des centrales solaires ainsi qu'en matière de stockage de l'énergie électrique produite.

La production d'électricité éolienne connaît une forte croissance et les investissements en fermes éoliennes sont en forte progression. Plusieurs gisements éoliens, géographiquement bien répartis sur plusieurs régions du Royaume, sont en cours d'aménagement en parcs éoliens terrestres, le potentiel de développement est encore plus important si on tient compte des gisements éoliens offshore. Cependant l'énergie éolienne est par nature intermittente, la production d'électricité

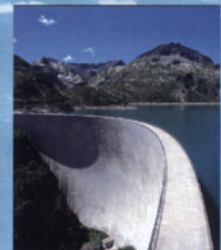
\* Thème de l'édition 2014.



# Journées **LES JEUNES & LA SCIENCE** au service du développement

## Thème : les énergies renouvelables

24 novembre - 02 décembre 2014



**Ministère de l'Éducation Nationale,  
et de la Formation Professionnelle**

**Académie Hassan II  
des Sciences et Techniques**



éolienne doit être couplée à d'autres sources de production d'électricité et ajustée en permanence pour l'accorder à la consommation instantanée. Dans ce sens le Maroc a déjà opté pour une stratégie et un plan énergétique déclinés dans les Discours Royaux et en particulier celui du 30 juillet 2010 '**... il importe de poursuivre l'exploitation optimale de l'énergie éolienne et de généraliser l'implantation de stations y afférentes dans toutes les régions appropriées sur le Royaume... De même qu'il est nécessaire de donner une forte impulsion au décollage de notre grand projet de production d'énergie solaire, pour lequel nous avons institué une agence spécialisée et affecté des investissements colossaux**'.

Le Maroc a plus de 3000 km de côtes. Les technologies de récupération des énergies marines, actuellement non matures technologiquement, pourraient, à court ou à moyen terme, se développer notablement et occuper une part du mix énergétique. Certaines de ces énergies, énergie de la houle, des courants, des marées et énergie thermique des mers font actuellement l'objet de programmes intenses de Recherche et Développement et d'opérations de démonstration destinées à en vérifier la faisabilité technique et à les améliorer.

Ainsi, en matière de production de l'énergie électrique par les énergies renouvelables, les journées «les jeunes et la science» seront une occasion pour dresser l'état de l'art des différentes technologies, ainsi que les tendances en matière de recherche future dans ces domaines. Il est à noter que ces technologies nécessitent des ressources humaines bien formées et des entreprises marocaines en mesure de contribuer à la mise en place d'une industrie autour des énergies renouvelables notamment solaire. C'est une occasion aussi pour sensibiliser notre jeunesse aux problèmes de l'environnement, à l'économie de l'énergie et aussi les informer des nombreuses possibilités de carrières scientifiques et des nouveaux métiers liés aux technologies des énergies renouvelables, à l'efficacité énergétique et à la protection de l'environnement en général. Les manifestations autour de cette thématique aborderont plusieurs applications dans différents secteurs de l'économie tels que le transport, l'industrie, le bâtiment, la production de l'eau potable, le traitement des eaux usées et l'agriculture.

**Extrait du message de Sa Majesté le Roi adressé aux participants à la conférence sur :**

**«Les défis énergétiques dans l'espace Euro-Méditerranéen»**

tenue à Ouarzazate le 14 septembre 2012

*«La croissance économique et le développement des modes de consommation que connaît le Maroc exigent une promotion qualitative des capacités disponibles, outre l'adoption d'une planification rigoureuse pour faire face à la double problématique énergétique et environnementale.*

*Si notre pays ne possède pas de ressources d'énergie fossile traditionnelle, en revanche, il dispose, grâce à Dieu, de ressources énergétiques renouvelables éoliennes et solaires de qualité supérieure, ainsi que des conditions appropriées pour leur exploitation, qu'il s'agisse du foncier ou des infrastructures électriques et hydrauliques.*

*Convaincu de l'importance capitale de la protection et la préservation de l'environnement, et ayant, très tôt, et du fait de sa position géographique, pris conscience des effets potentiels des changements climatiques, le Maroc s'est résolument engagé dans le processus de développement durable, qui est indissociable du développement humain.*

*Par conséquent, nous ne cessons d'inscrire parmi nos priorités le développement des énergies renouvelables, qui représentent une option incontournable, pour satisfaire une bonne partie des besoins énergétiques de notre pays. Notre objectif est de faire en sorte que les énergies renouvelables puissent couvrir d'ici à 2020, plus de 40% des besoins du Maroc en énergie électrique, dans le cadre de partenariats fructueux entre les secteurs public et privé.»*

## Coopération

### FORUM «SCIENCE, TECHNOLOGIE ET INNOVATION»

Placé sous l'égide du gouvernement marocain et co-organisé par la BAD et le gouvernement finlandais, le second Forum sur la Science, la Technologie et l'Innovation (STI) en Afrique s'est tenu, du 14 au 17 octobre 2014 à Rabat, au sein de l'Académie du Royaume, en vue de débattre sur des idées et des projets scientifiques nouveaux et d'œuvrer pour créer une culture de l'innovation et de l'entrepreneuriat en Afrique. Ses objectifs principaux ont concerné :

1. L'évaluation de l'état actuel des STI en Afrique.
2. La présentation des meilleures pratiques et innovations mondiales dans les secteurs de l'eau, de l'énergie, des ressources naturelles, de l'éducation, de la santé, de l'agriculture et du changement climatique.
3. L'étude des choix éclairés sur les applications des TIC pour améliorer l'efficacité du développement.
4. Le Développement des compétences (particulièrement en STEM, apprentissage/lecture et mathématiques), et la création d'emplois.
5. La création de partenariats stratégiques pour faire avancer l'agenda des STI.

A l'issue du Forum, 21 ministres et/ou leurs représentants (Ouganda, Malawi, Niger, Kenya, Gambie, Tanzanie, Bénin, Sénégal, Côte d'Ivoire, Togo, Mauritanie, Burundi, République du Congo, Burkina Faso, Swaziland, Sao Tomé et Príncipe, Madagascar, Gabon, Egypte, Maroc, Rwanda) ont signé la Déclaration de Rabat sur la science, la technologie et l'innovation (voir ci-après).

### DECLARATION MINISTERIELLE DE RABAT

Nous, ministres africains et chefs de délégations réunis à Rabat au Royaume du Maroc en date du 14 au 17 octobre 2014 dans le cadre du Second Forum sur la Science, la Technologie et l'Innovation (STI) en Afrique;

Partant des orientations de la nouvelle stratégie STIA-2024 qui vise à «satisfaire les demandes en connaissance, en technologie et en innovation dans diverses activités de développement économique et social» d'une part, et du souci d'éviter les duplications dans la conception et la mise en œuvre des politiques nationales et régionales en matière de Science, Technologie et Innovation, d'autre part;

Prenant en considération les multiples interventions des différents acteurs dans la promotion des politiques STI au sein du continent et l'engagement réaffirmé des organisations régionales, multilatérales et internationales, notamment la BAD, l'UNESCO, l'ISESCO et la CEA en faveur de l'avancement des STI en Afrique;

Conscients de la nécessité d'un nouveau modèle éducatif en Afrique débouchant sur la formation d'un capital humain de qualité capable d'assurer la croissance inclusive en répondant aux objectifs de développement durable;

Conscients du rôle des TIC en particulier la connexion à haut débit pour le développement du STI;

Se référant à l'engagement des chefs d'État et de gouvernement africains à consacrer au moins 1% du PIB à la recherche-développement (R&D);

Appréciant les progrès réalisés notamment l'adoption de la Stratégie 2024 de la science, la technologie et l'Innovation pour l'Afrique (STIA-2024), les actions et efforts du réseau africain des académies des sciences (NASAC) pour la promotion de la science et de la technologie, les centres d'excellence en matière des sciences et technologies de l'eau, les biosciences, l'université panafricaine, la multiplication des programmes de bourses de recherche, les opérations d'appui dans le domaine du renforcement des capacités en STI, la mise en place de l'observatoire africain des STI (AOSTI)...

Réaffirmant notre détermination à soutenir sans faille la promotion des politiques et initiatives régionales dans le domaine des STI en continuité avec la déclaration ministérielle du premier forum STI pour l'emploi des jeunes, le développement du capital humain et la croissance inclusive organisé en avril 2012 à Nairobi au Kenya.



Convenons de ce qui suit :

1. Harmoniser nos politiques, lois, stratégies, programmes et plans d'action de STI en vue d'accélérer les progrès vers l'économie du savoir dans une optique d'intégration régionale accrue;
2. Intensifier, mieux orienter et canaliser la recherche appliquée en réponse aux problèmes concrets auxquels sont confrontées nos sociétés notamment dans les domaines de l'eau/assainissement, de la santé, de l'éducation, de l'énergie, de l'agriculture/sécurité alimentaire et nutritionnelle, des ressources naturelles; des changements climatiques et de la communication;
3. Consolider les liens entre la production de connaissances et le développement de l'entreprise, de la communauté, et encourager les jeunes notamment les filles à davantage s'orienter vers les filières scientifiques et technologiques;
4. Renforcer l'enseignement des matières scientifiques et des mathématiques tout en adoptant de nouvelles approches interactives et flexibles utilisant de manière innovante les nouvelles technologies; et renforcer les réseaux interuniversitaires en sciences et technologies;
5. Développer l'enseignement supérieur et la recherche, faciliter la mobilité des chercheurs ainsi que la mise en réseau d'universités africaines, avec une approche holistique en STI, R&D et innovation;
6. Renforcer le rôle catalyseur des investissements publics afin de drainer les investissements privés, à travers les Partenariats Publics Privés, vers le développement des STI en Afrique;
7. Favoriser les initiatives privées et l'entrepreneuriat afin d'accélérer la croissance inclusive et durable et la création d'emploi au profit des jeunes.

Nous nous engageons à :

1. Soutenir les axes stratégiques pour la science, la technologie et l'Innovation pour l'Afrique (STIA-2024) et toutes les actions nécessaires pour «accélérer la transition de l'Afrique vers une économie basée sur le Savoir et l'Innovation». A cet effet, il sera mis en place un dispositif opérationnel de suivi de nos engagements ainsi que des performances réalisées dans le domaine des STI tant au plan national que régional;
2. Œuvrer pour la mise en place d'un fonds fiduciaire en soutien aux initiatives STI dans le Continent à travers des partenariats stratégiques;
3. Systématiser le suivi et l'évaluation des politiques, plans et initiatives afin de rendre compte de leur efficacité et impact d'une part et d'améliorer la capacité d'apprentissage des institutions en matière de STI d'autre part. A cet égard des indicateurs harmonisés de performance, au-delà de la R&D devront être mis en place; et renforcer les organes existants;
4. Poursuivre les efforts d'amélioration du statut des hommes et des femmes chercheurs en mettant en place les mécanismes incitatifs permettant d'accroître la productivité des chercheurs et les orienter davantage vers la recherche opérationnelle;
5. Contribuer aux nouvelles initiatives visant à promouvoir les STI en faveur de la transformation de l'Afrique en particulier, la Stratégie opérationnelle «Priorité Afrique 2014-2021» et le projet de renforcement des capacités en politique STI de l'UNESCO, la Stratégie du Développement du Capital Humain de la BAD (2014-2018). la mise en place des centres d'excellence en STI en Afrique par les institutions régionales et internationales (BAD, Banque mondiale, ISESCO) et la refonte du Groupe de travail de l'ADE pour l'enseignement supérieur afin d'inclure la dimension STI;
6. Renforcer la collaboration entre les différents partenaires et les initiatives régionales dans le domaine des infrastructures, de la formation de compétences, et du développement de l'entrepreneuriat en vue d'optimiser l'utilisation des ressources et garantir la durabilité des diverses interventions;
7. Assurer la mise en place d'un écosystème favorable à l'innovation en vue de la création d'emploi au profit des jeunes et des femmes.

#### REMERCIEMENTS

Nous réitérons nos remerciements les plus sincères à sa Majesté le Roi Mohammed VI, au Gouvernement et au peuple marocains ainsi que l'Académie du Royaume du Maroc pour la qualité de l'accueil et la contribution fort estimable qui a permis au Second Forum sur la Science, la Technologie et l'Innovation en Afrique d'être une réussite. A cette occasion, nous tenons à saluer les efforts et réalisations accomplis par le Royaume du Maroc en matière d'accompagnement des plans de développement sectoriels par la formation, la recherche et la R&D.

Nos remerciements vont également à l'ensemble de nos partenaires pour leur engagement à la promotion des STI.

Rabat le 17 octobre 2014

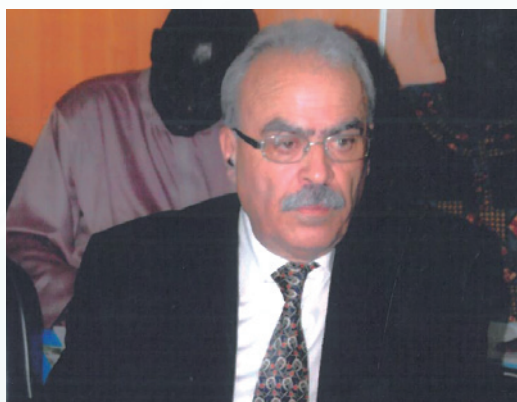
(Suivent 21 noms et signatures des ministres ou de leurs représentants)

## L'offre francophone de formation : état des lieux et perspectives \*

**El Mokhtar ESSASSI**

Membre du Collège «Sciences Physiques et Chimiques»

Le Professeur El Mokhtar ESSASSI, membre du Collège des Sciences Physiques et Chimiques a représenté l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques au Colloque International «L'offre Francophone de Formation : Etat des lieux et Perspectives» qui s'est tenu les 23-24 octobre 2014 au Sénégal.



Le Professeur El Mokhtar ESSASSI, membre résident de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

Le thème de ce colloque renvoie à une question centrale, celle de l'éducation. Il s'agit, après une analyse critique des formations offertes par la francophonie, de leur attractivité et de leur compétitivité au niveau international, de s'interroger sur la capacité de la Francophonie à répondre aux besoins prioritaires en éducation des populations en vue de leur développement. L'éducation ici est inséparable de la formation, de l'apprentissage d'un métier en relation avec le développement, donc en relation avec un projet professionnel. La dimension internationale incluant la recherche n'est pas ici séparable de l'insertion socio-professionnelle. Elle n'exclut pas les autres niveaux de formation. Le colloque s'inscrit dans le cadre des manifestations qui accompagnent le XV<sup>ème</sup> Sommet de la Francophonie. Il est organisé dans un contexte tout autre que celui que les pères fondateurs ont connu au moment où ils ont conçu le projet d'une fédération de pays différents les uns des autres, mais liés par la langue française avec pour vocation d'être un outil de solidarité et de coopération. Depuis lors, des changements significatifs sont intervenus qui concernent autant la Francophonie elle-même que les pays qui la composent dans un environnement politique, économique, social et financier également affecté par des mutations, que l'on ne peut pas ignorer dès lors que l'on se soucie de développement et d'éducation.

Le contexte, qui est le nôtre aujourd'hui, est marqué par la mondialisation ou globalisation dont l'idée-même implique le projet d'une culture commune, unique et identique pour tous, des objectifs économiques communs, des modes d'existence, de consommation communs. Mais paradoxalement, la mondialisation nous présente une autre face d'elle-même, en lien avec le développement. Elle nous révèle que l'un des moteurs le plus puissant du développement est constitué par la science et la technologie, dont les succès et les progrès spectaculaires assurent à l'humanité un pouvoir sans limites. L'offre francophone de formation est-elle suffisamment attractive et compétitive, particulièrement dans le domaine de la science et de la technologie, pour être l'antidote contre l'uniformisation tout en garantissant à chacun l'épanouissement de ses potentialités créatrices dans le respect de sa culture?

Les pays du Sud, en particulier les pays africains ont réalisé des progrès indéniables depuis l'indépendance dans les domaines variés de la santé, de l'économie, de la démocratie. Il reste encore beaucoup à faire. En matière de formation, plus précisément, la plupart des Etats ont entrepris avec plus ou moins de réussite des réformes de leurs systèmes éducatifs. Aucune composante du système éducatif n'a été délaissée: enseignement de base, enseignement technique et professionnel, enseignement supérieur, l'éducation des filles, l'alphabétisation des adultes ont fait l'objet de diagnostic. Si parfois la volonté politique a fait défaut, les initiatives qui ont été prises n'ont pas été vaines. Elles ont permis quelques avancées.

Un changement majeur qu'il est important aussi de signaler, c'est le revirement de la Banque mondiale et du FMI qui sont revenus sur une attitude peu favorable à l'enseignement supérieur, en décidant, dans les années 2000, de reconnaître le rôle positif de l'enseignement supérieur et de la recherche dans le développement, de ne plus considérer séparément les enseignements primaire, secondaire et supérieur, mais plutôt de tenir compte de leur lien en tant que composantes du système éducatif. Cette nouvelle approche de la Banque qui vient de mettre en place un programme de centres d'excellence en Afrique, dont le premier volet est piloté par l'Association des universités africaines, (AUA) s'explique par l'émergence de l'idée nouvelle de «société de la connaissance», reprise par les Nations Unies qui reconnaissent à leur tour que l'enseignement

\* Synthèse du Colloque international de Dakar, 23-24 octobre 2014.



supérieur est l'un des moyens les plus puissants sur lesquels les pays peuvent se reposer pour réduire la pauvreté et atteindre les objectifs de développement économique et social.

Avec ce changement de cap, la Banque peut désormais envisager le financement de l'enseignement supérieur et de la recherche, avec l'assurance que l'on n'investit jamais à perte dans l'enseignement supérieur et la recherche. Quel que soit le pays, investir dans l'enseignement supérieur et la recherche est toujours rentable. Sur ce point convergent les points de vue des conférences régionales des recteurs et des Académies. C'est aussi sur ce point que la Francophonie, dans sa mission de contribuer au développement des pays membres, doit concentrer ses moyens. Il faut préciser qu'il ne s'agit pas de consacrer la totalité de nos efforts à l'enseignement supérieur, mais plutôt de concentrer davantage nos efforts sur l'enseignement technique et la formation professionnelle. Il s'agit de répondre aux besoins socio-économiques de nos pays à travers une qualification professionnelle relative à l'amélioration de la qualité des enseignements/ apprentissages. D'où l'intérêt de ce thème sur «l'offre francophone de formation: Etat des lieux et perspectives».

Cependant, la Francophonie a évolué. Elle s'est dotée de nouveaux statuts sur le modèle des Nations Unies. Devenue une Organisation internationale, avec une dimension politique, donc soucieuse des droits de l'homme, de démocratie, impliquée dans la résolution des conflits dont la plupart résultent d'élections contestées, la Francophonie ne manque pas de susciter quelque interrogation sur la fidélité à ses origines, sur sa capacité à assurer dans le monde d'aujourd'hui, compte tenu de l'évolution des pays qui la composent, les besoins prioritaires de ses membres en matière d'éducation, donc de formation des jeunes et de leur insertion socio-professionnelle. Nous le savons, les jeunes diplômés sans emploi, ou simplement le chômage des jeunes menace la stabilité de nos Etats. C'est

au moment même où la Francophonie ajoute à ses missions la dimension politique que l'éducation et la culture, qui sont liées, reviennent au centre des préoccupations de nos contemporains. Une révision des priorités s'impose. Sur ce problème bien précis que peut encore la Francophonie? A-t-elle la volonté politique d'aller plus loin dans la prise en charge des besoins de formation de la jeunesse? Les recommandations issues de ce colloque proposent à la Francophonie de nouvelles perspectives.

L'analyse du thème s'articule autour de trois axes:

1. La Francophonie et les offres de formations: forces et faiblesses;
2. La Francophonie et la diversité des besoins de formation et développement;
3. La Francophonie, Mobilité Scientifique et internationale.

La cérémonie d'ouverture du colloque sur «L'offre francophone de formation : état des lieux et perspectives», s'est déroulée sous la présidence du Premier Ministre.

Le Professeur Seydou Madani SY, Vice-président de l'ANSTS a transmis les remerciements de l'ANSTS au Comité Scientifique, à l'OIF, à la CONFEMEN et à tous les acteurs qui ont œuvré à la tenue du colloque.

Il s'est réjoui de la désignation de l'Académie comme organisatrice de cet important colloque.

Monsieur El Hadji KASSE, Président du Comité scientifique a réitéré sa confiance envers l'Académie et a rappelé que le colloque s'inscrit dans les activités intellectuelles préparatoires du sommet des chefs d'état prévu en Novembre 2014. Il a souligné que ses conclusions et recommandations seront exploitées pour enrichir les deux documents que ledit sommet aura à produire: la Stratégie économique et la Stratégie de la jeunesse.



Monsieur le Premier Ministre du Sénégal Mouhammad Boun Abdallah DIONE, prononçant son discours d'ouverture du colloque avec à sa droite Prof. Mary Teuw NIANE, Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, Mme Catherine BRECHIGNAC, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences de l'Institut de France et à sa gauche Prof. Seydou Madani SY, Vice-président de l'ANSTS et M. El Hadji Hamidou KASSÉ, Président du Comité Scientifique du XV<sup>ème</sup> Sommet de la Francophonie.

Le Premier Ministre a adressé ses salutations aux personnalités scientifiques et politiques et souhaité la bienvenue aux participants venus de l'espace francophone.

Dans ses commentaires, il a mis l'accent sur l'importance de l'éducation, de la recherche et de l'insertion professionnelle dans le développement des pays et la réduction de la pauvreté et a évoqué le risque de marchandisation de l'enseignement du fait de la mondialisation.

Il a mis en évidence l'intérêt du colloque dont les recommandations seront une contribution scientifique très attendue au XV<sup>ème</sup> sommet des chefs d'état et a invité les participants à mener une réflexion multidisciplinaire et holistique et à bien identifier les besoins et les solutions à apporter.

La conférence inaugurale, présidée par le Professeur Catherine Brechignac, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences de l'Institut de France, devait être prononcée par le Professeur Michèle Gendreau-Massaloux, ancienne Rectrice de l'AUF, Conseiller d'Etat honoraire. En son absence, le Professeur Aloyse-Raymond NDIAYE, ancien Doyen de la Faculté des lettres de l'UCAD, a lu son texte devant l'assistance intitulé: «Formations francophones: Les raisons d'un engagement».

A l'issue de cette présentation, un débat général a été ouvert et a porté principalement sur l'offre francophone face à l'hyperpuissance de l'anglais et l'impératif que constitue l'utilisation des langues nationales dans la transmission des connaissances et la mise en culture de la Science de l'Innovation et de la technologie.

Au sujet de l'hyperpuissance de l'anglais, il a été noté que la dichotomie français/anglais est dépassée. Le monolinguisme n'est pas de mise en ce siècle du savoir, dominé par les échanges culturels, scientifiques, technologiques et économiques qu'impose la mondialisation.

A ce propos, le colloque recommande d'entretenir la pluralité linguistique et culturelle car elle est source d'enrichissement; de travailler au co-développement; de militer pour une francophonie économique et de tenir compte de l'importance de la mobilité professionnelle qui transcende les barrières linguistiques.

En ce qui concerne la dialectique français/langues nationales, la difficulté de transmettre les connaissances scientifiques et technologiques dans ces langues est un réel problème, constatée dans toutes les disciplines (Médecine, Sciences agricoles, Philosophie etc...).

En effet la pauvreté des concepts et instruments pouvant permettre la traduction de la science moderne dans les langues nationales reste un obstacle de taille.

Aussi le colloque recommande-t-il de monter et de soutenir des programmes de recherche dans les sciences sociales, (notamment en linguistique), sur les terminologies scientifiques en langues nationales.

Outre les questions de langue, d'autres aspects de l'offre francophone de formation ont été évoqués.

Les conférences introductives ont donné lieu à des présentations centrées sur l'expérience des pays: la Suisse, le Sénégal, le Canada, la France, le Maroc en rapport avec les trois thèmes majeurs de réflexion du colloque. Chaque intervenant a fait part des leçons tirées de l'expérience de son propre pays. Au cours des débats qui ont suivi les participants se sont interrogés sur les sujets suivants:

- Le multilinguisme dans l'enseignement;
- Les langues nationales, leur place dans la formation et leur rapport à la science et à l'innovation;
- L'approche pédagogique par compétence;
- La fuite des cerveaux;
- La mise en valeur des vacataires professionnels;
- Le rapport entre Science et technologie;
- La formation des formateurs.

L'ensemble des sujets abordés lors de ces discussions avaient été évoqués dans la conférence inaugurale et allaient faire l'objet d'une analyse plus approfondie dans les groupes de travail prévus le vendredi 24 Septembre.

Trois groupes ont été constitués avec des sous-thèmes correspondant aux Conférences introductives.

#### **Groupe 1 :**

Sous-thème: Formation professionnelle et technique: Modèles pédagogiques pour l'insertion professionnelle

#### **Groupe 2 :**

Sous-thème: Nouvelle approche de l'enseignement des sciences et techniques

Sous-thème: La formation des formateurs et la formation des jeunes - Utilisation des nouveaux outils

Sous-thème: Ecole, Monde professionnel et Genre

#### **Groupe 3:**

Sous-thème: Mobilité universitaire et professionnelle et ouverture à l'international

Sous-thème: Les réseaux scientifiques et la recherche internationale

Sous-thème: La formation continue, REL (Ressources Educatives Libres) et valorisation des acquis de l'expérience

Sous-thème : La validation des compétences.



Chaque sous-thème a fait l'objet de communications suivies de discussions. Il avait été demandé à chaque groupe de proposer des recommandations, pertinentes, réalisables, mesurables en réponse à la question: Que faire pour améliorer l'offre francophone de formation?

Les participants, nombreux et motivés, inscrits dans les groupes de travail en fonction de leur centre d'intérêt, sous la conduite de leur président et rapporteur qu'ils se sont choisis eux-mêmes, ont poursuivi la réflexion en l'approfondissant et proposé des recommandations ayant fait l'objet de riches discussions.

La synthèse des recommandations adoptées a été présentée par le Rapporteur Général à la cérémonie de clôture présidée par le Recteur de l'UCAD au nom du Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, empêché. Le Recteur a salué la pertinence de ces recommandations et saisi l'occasion pour inviter tous les participants à faire le plaidoyer de la Francophonie auprès de la Communauté internationale pour investir davantage dans la Formation Professionnelle et Technique.

La Francophonie n'est pas simplement une fédération d'Etats, elle est et demeure un espace de solidarité et de coopération, un lieu privilégié d'échanges d'expériences, de concertations, de mise en commun des priorités pour favoriser l'émergence de projets innovants en vue du développement de ses membres. Dans le contexte de mondialisation dont elle est partie prenante l'offre francophone de formation doit être en mesure de s'adapter aux évolutions rapides qui conditionnent aujourd'hui les comportements des Etats.

Les participants recommandent :

- 1) Redonner la priorité à la qualité des formateurs et à la formation de base en renforçant l'apprentissage de la lecture, l'écriture, du calcul;
- 2) Renforcer les formations scientifiques et technologiques en exigeant, dans un contexte de pluralisme linguistique, une amélioration du niveau du français des différents acteurs intervenant dans toutes les composantes du système;
- 3) Redéfinir la finalité de l'éducation en mettant l'accent sur l'apprentissage d'un métier et la prise en compte des besoins économiques des pays afin de venir à bout du chômage des jeunes. L'orientation professionnelle précoce doit être présente dès le début de l'apprentissage de la lecture, de l'écriture et du calcul et innervé tout le parcours de formation offert. Tout le système éducatif doit s'orienter vers l'acquisition d'un métier. Ce qui implique: a) la création d'un tissu industriel intrinsèquement associé à la formation aux métiers; b) le choix d'un système de formation en alternance selon le modèle des professions médicales et des masters professionnels; c) la mise en place d'un processus d'orientation personnalisé permettant de dessiner l'avenir professionnel en tenant compte des goûts et des aptitudes;
- 4) Consolider la dimension socioprofessionnelle à tous les niveaux du système par la mise en place de formations qualifiantes, y compris dans le Supérieur, de même que la dimension Genre;
- 5) Elaborer une offre de formation aux normes internationales;
- 6) Mettre en place une plateforme d'échanges d'expériences en matière de formation professionnelle au sein de l'espace francophone;
- 7) Mettre en place une procédure de reconnaissance et de validation de l'expérience acquise intégrée ou hors du système formel éducatif en vue de la qualification et de la délivrance;
- 8) Renforcer l'accompagnement des chercheurs francophones par la création d'un réseau de centres d'excellence compétitifs au plan international ou d'instituts de recherche en partenariat avec des entreprises disposant d'une branche recherche capable d'attirer de jeunes docteurs;
- 9) Mettre en place un réseau collaboratif de centres de recherche francophones et d'échanges d'informations scientifiques et de ressources didactiques;
- 10) Mutualiser les expériences multilingues réussies et soutenir des programmes de recherche dans les sciences sociales (notamment en linguistique) sur les terminologies scientifiques en langues nationales. Encourager la pluralité linguistique et culturelle, source d'enrichissement;
- 11) Développer le potentiel des chercheurs en favorisant la mobilité et en encourageant le financement de la recherche scientifique et technologique avec des thématiques pertinents axés sur le développement;
- 12) Promouvoir la collaboration internationale francophone pour la mise en place d'un système d'apprentissage en ligne et rendre systématique et institutionnelle la politique des TIC dans le secteur de l'Education et de la formation;
- 13) Encourager le partenariat privé-public dans le financement de la formation professionnelle et technique.

## Biotechnologie Euroméditerranéenne des micro-algues

El Hassan BELARBI HAFTALLAOUI <sup>1</sup> et Abdelkarim FILALI-MALTOUF <sup>2</sup>

1- Chercheur affilié à MASCIR (Moroccan foundation for Advanced Science, Innovation and Research)

2- Membre correspondant de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

Ce séminaire, de la série d'ateliers «Sciences, Métiers et Société -SMS-» initiée par le Groupe inter-académique pour le développement (GID), a été organisé par l'Université d'Almería (Espagne), en partenariat avec l'Agence Andalouse de l'énergie et l'Agence Andalouse de Coopération au Développement d'une part, l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques Maroc et la Fondation Marocaine pour les Sciences Avancées, l'Innovation et la Recherche (MAScIR) d'autre part.



Membres de la délégation ayant pris part au séminaire: E. H. Belarbi Haftallaoui, A. Sasson, A. Filali-Maltouf et O. Assobhei

Les objectifs et les attentes du séminaire ont été focalisés sur les défis attendus de la biotechnologie des micro-algues sur le plan des applications économiques réalisables dans les pays euro-méditerranéens. Les champs d'application concernaient, parmi d'autres, l'agro-alimentaire, la cosmétique, les biocarburants et le traitement des eaux usées. Les organisateurs ont veillé au partage des expertises et des expériences ainsi qu'à la présentation des dernières informations sur les avancées scientifiques et technologiques dans le domaine.

Une vingtaine d'experts internationaux ont animé des conférences interactives sur les aspects professionnels et techniques ainsi que sur l'évaluation des technologies mises en œuvre dans le domaine. Il a été privilégié l'échange

d'expériences, des bonnes pratiques et des approches visant la résolution de problèmes scientifiques et technologiques, tenant compte des contextes sociaux des pays euro-méditerranéens représentés dans le séminaire (Espagne, France, Portugal, Italie, Maroc, Algérie, Egypte, Jordanie, Liban et Palestine notamment).

En plus des experts étaient présents une quarantaine de jeunes professionnels et d'étudiants impliqués dans des projets de biotechnologie de microalgues dans des universités, des instituts de recherche ou des entreprises privées.

La vingtaine de conférences animées ont porté sur les aspects suivants : (i) optimisation de culture et de productivité des microalgues -ingénierie biologique-, (ii) amélioration génétique des micro-algues pour la production de biocarburants, (iii) sélection des souches pour la production de biomasse d'algues, (iv) photo-bioréacteurs ouverts et fermés (v) traitement de la biomasse de microalgues dans le domaine des biofertilisants et des biocarburants, (vi) utilisation, conversion de la biomasse et développement de processus d'extraction multi-usage (denrées alimentaires, protéines, lipides, les caroténoïdes, les hydrates de carbone), (vii) traitement des effluents et des eaux usées, (viii) production d'hydrogène par des microalgues et (ix) analyses technico-économiques pour la production de la biomasse microalgale et la commercialisation de ses produits.

Les présentations de projets nationaux ou régionaux par des participants ont donné lieu à des discussions riches et fort intéressantes entre les experts technologues, les conférenciers et les participants au séminaire. Ces séances ont porté notamment sur les défis professionnels en termes de conception et de mise en œuvre d'activités Recherche-Développement et Innovation (RDI) dans le domaine ainsi que de leur importance économique.



Lors de la session réservée aux projets industriels, deux projets ont été présentés :

- le projet CO<sub>2</sub> Algaefix par l'Institut de Photosynthèse et Biochimie, Seville et AlgaEnergy, S.A., Madrid,
- le projet ALLGAS par le Département Innovation et Technologie, Aqualia, Madrid.

Par ailleurs, des visites sur le terrain et aux laboratoires et unités pilotes à Almería (usine pilote de biotechnologie des microalgues du groupe Microalgae Marine Biotechnology et installations de démonstration situées à la Fondation Cajamar) ont été un élément clé du séminaire. Ces visites ont été une excellente occasion pour l'échange de points de vue et d'informations entre les scientifiques, les techniciens et les décideurs. Les participants ont pu alors discuter leurs propres expériences, leurs programmes et leurs projets ainsi que leurs attentes à l'échelle scientifique aussi bien qu'économique.



Usine pilote et installations de démonstration de la Fondation Cajamar

Lors de la session de clôture, Pr. Albert Sasson, a résumé les points de vue nationaux et les conclusions des discussions relatives à l'impact des biotechnologies des microalgues sur l'économie dans la région euro-méditerranéenne, aux investissements et aux défis futurs. Une recommandation forte a été formulée quant à l'organisation d'échanges, de visites et d'ateliers de formation en faveur des jeunes chercheurs dans le domaine.



Visite aux laboratoires et unités pilotes de biotechnologie des microalgues du groupe Microalage Marine à Almería

## Coopération avec l'Académie des Sciences de Malaisie



La délégation malaisienne en visite à l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

Dans le cadre des relations qu'entretiennent l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques et l'Académie des Sciences de Malaisie et suite à la visite effectuée en 2013 en Malaisie par une délégation marocaine (cf. Bulletin N°15-p.73, juin 2014), une forte délégation Malaisienne composée des groupes «Energie\*» et «Education\*\*» a séjourné au Maroc du 08 au 15 décembre 2014.

La réception de la délégation Malaisienne a eu lieu à l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques par le Ministre de l'Education Nationale, le Secrétaire Perpétuel de l'Académie Hassan II et le directeur de l'IRESN (Institut de Recherche en Energie Solaire et Energies Nouvelles). Tous ont insisté, dans leurs discours respectifs, sur la nécessité du développement d'une collaboration utile par le biais d'un échange d'expertise s'appuyant sur les expériences des uns et des autres dans les domaines précités. S'agissant de l'éducation en particulier, Monsieur Rachid Benmokhtar n'a pas manqué d'évoquer tout l'intérêt pour tous les pays, en ces moments et circonstances, de «repenser l'éducation, l'enseignement des sciences et la formation des professeurs, à la fois dans leurs contenus, leurs modalités et leurs dispositifs».



Allocution de Monsieur Rachid Benmokhtar, Ministre de l'Education Nationale et de la Formation Professionnelle

Les deux groupes ont par la suite suivi des programmes spécifiques.

### 1) Groupe énergie

Un workshop a d'abord été organisé, qui a permis à plusieurs intervenants Malaisiens et Marocains d'exposer leurs stratégies de développement des énergies renouvelables dans leurs pays et institutions respectifs. Il a été question notamment de :

- Moroccan strategy for renewable energy and energy efficiency  
By M. Yessouf, Morocco's Agency for the Development of Renewable Energies and Energy Efficiency (ADEREE)



- Policies and Standards for the Development of Renewable Energy  
By Academician Tan Sri Hj Ahmad Zaidee Laidin FASc, Senior Fellow of Academy of Sciences Malaysia (ASM)
- Photovoltaic Solar Energy Policy  
Prof Dr Muhammad Ghazie bin Ismail, Assistant Vice Chancellor, Universiti Teknikal Malaysia (UTeM)
- IRESEN presentation By Hicham Frej, Director & Member of Management Board for GEP chez IRESEN/Green Energy Park (GEP - Benguerir)
- The Scientific Knowledge & Application of Solar Energy  
By Prof Dato' Dr Kamaruzzaman Sopian FASc, ASM Fellow & Director of Solar Energy Research Institute (SERI), Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM)
- Impact and Sustainability Solutions by Renewable Energy  
By Prof Abdul Halim Shamsudin FASc, Director of Centre for Renewable Energy, Universiti Tenaga Nasional (UNITEN)
- Microhydro and 'Renewable Energy Island' Project  
By Assoc Prof Dr Azhaili Baharun, Director of Centre of Excellence for Renewable Energy (CoERE), Universiti Malaysia Sarawak (UNIMAS)

Par la suite, les membres de la délégation ont eu un vaste programme de visites d'institutions et d'échange avec des chercheurs et responsables marocains travaillant sur les sources d'énergie renouvelables, notamment à :

- Rabat: Université Mohammed V et MASCIr (Moroccan Foundation for Advanced Science, Innovation and Research);
- Marrakech: ADEREE (Agence de Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique), université Mohammed VI et le 'Green Energy Park' voisin et université Cadi Ayyad.

Signalons à ce propos que le 'Green Energy Park' (plateforme technique entièrement dédiée aux énergies renouvelables que IRESEN installe à proximité de l'université Mohammed VI) est un atout important dans le processus de développement de la ville verte et de son environnement socioéconomique. Il servira à la comparaison des différentes technologies existantes et à la détermination des avantages des unes et des autres. Les différentes technologies

seront testées, éventuellement enrichies et adaptées si nécessaires aux conditions du pays. De même qu'il servira aux universitaires pour mener des expériences sur les sources d'énergie renouvelables. Doté de panneaux photovoltaïques de diverses formes et compositions, de concentrateurs du rayonnement solaire du type cylindroparabolique et des miroirs de Fresnel, le centre est également équipé en matériel sophistiqué de mesure, d'analyse, de dépôt de couches minces et de fabrication de cellules photovoltaïques. Il est également envisagé d'engager des recherches sur le stockage de l'énergie car ce problème demeure au cœur du développement des énergies renouvelables.

La visite de la délégation Malaisienne à Marrakech s'est achevée par celle du centre minier de Guemassa qui appartient à MANAGEM. Cette usine produit par hydrométallurgie du cobalt utilisable comme électrodes de batteries. Elle fabrique aussi du nickel, du cuivre, du plomb, de l'oxyde d'arsenic et de l'oxyde de zinc de grande surface qu'elle récupère dans des minerais pauvres. A partir de la pyrrhotine, l'usine produit aussi de l'oxyde de fer et comme sous-produit de l'acide sulfurique qu'elle n'est plus obligée d'importer. L'usine fait ainsi des économies substantielles puisqu'elle revend une partie de l'acide et recycle l'eau ainsi que les excédents d'énergie du procédé. Cette usine est l'exemple même du type d'usine durable.

La réunion de restitution qui s'est déroulée à Rabat dès la fin des visites de la délégation Malaisienne a permis de dégager des thèmes de recherche susceptibles de faire l'objet d'une collaboration et d'un échange de professeurs, de jeunes chercheurs et d'expérience. Les deux parties ont convenu, compte tenu de leur savoir faire respectifs, de retenir les sujets suivants:

- L'efficacité énergétique (économies d'énergie, matériaux de construction performants, climatisation domestique...)
- L'énergie solaire photovoltaïque (Nouveaux types de matériaux pour cellule, optimisation des matériaux existants ...)
- Séchage solaire (pour produits agricoles ...), distillateurs solaires (production d'huiles essentielles...)
- Stockage d'énergie (Batteries Li-ion).

Il a été convenu à la fin de la réunion que chaque partie rédige un projet sur chacun des thèmes identifiés pour les soumettre à un financement.

## 2) Groupe éducation

Un workshop a été organisé dès la première journée, au cours duquel quatre présentations ont porté sur : (1) *Le curriculum de l'enseignement des sciences dans la politique d'éducation nationale marocaine*, (2) *Les questions actuelles sur la science, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques (STEM)*, (3) *La préparation du capital humain futur dans la science, la technologie et l'innovation (STI) en Malaisie* et (4) *La formation des professeurs dans l'Ecole Normale Supérieure et les Centres Régionaux d'Education et de Formation*.

Le débat qui s'en est suivi a été centré sur les expériences et les approches utilisées pour renforcer l'enseignement des sciences et la formation des professeurs dans les deux pays afin d'identifier les différences, les similitudes et les collaborations à développer.

Le programme des visites a commencé par le Centre Maroc-Coréen de Formation en TICE dans lequel trois présentations ont été données : (1) *Généralisation des Technologies d'Information et de Communication dans l'Enseignement TICE (2006-2013) et perspectives 2021*, (2) *E-learning (une nouvelle façon d'apprentissage de qualité) et formation à distance* et (3) *Mise en œuvre du e-learning pour l'enseignement des sciences par la démarche d'investigation (IBSE) en Malaisie*.

Par la suite, la délégation s'est dirigée vers Marrakech, puis Guelmim et Tan Tan où un riche programme l'attendait pour quelques jours:

- Réception par le vice-président de l'Université Cadi Ayyad et les directeurs des Ecoles Normales Supérieures du Maroc, suivi par deux exposés autour de (1) *la formation des professeurs dans les Ecoles Normales Supérieures du Maroc dans le cadre de la réforme du système d'enseignement supérieur* et (2) *la formation des professeurs en sciences dans le cadre de la nouvelle réforme du Plan Directeur Education en Malaisie*. Ces présentations ont été suivies de discussions qui ont donné lieu à des axes de collaborations qui seront approfondis ultérieurement.



La délégation malaisienne en compagnie des directeurs des Ecoles Normales Supérieures, à l'Université Cadi Ayad

- Réception donnée par le Wali de la région Guélmim-Es Smara suivie par une réunion grand public (autorités, délégués, directeurs, professeurs, parents d'élèves, élèves) au sein de l'Académie Régionale d'Education et de Formation Guélmim-Es Smara et au cours de laquelle Pr. BELAÏCHE a rappelé toutes les actions entreprises par l'Académie Hassan II telles que les manifestations organisées dans le cadre des journées «Les jeunes et la science» ou la création des clubs scientifiques, en mettant l'accent sur leurs rôles dans la promotion de l'enseignement des sciences et l'orientation vers les filières scientifiques, particulièrement dans cette région. Une présentation de Hj Shamsuddin Hassan, qui a porté sur «*l'enseignement des sciences et son évaluation par les instances nationales et internationale*», a été suivie d'un débat très élargi, fructueux et enrichissant et qui a duré près de quatre heures.



Le Wali de la région de Guelmim-Es smara recevant la délégation Malaisienne

- visites des clubs scientifiques des Lycées Bab-Essahara et d'Excellence au cours desquelles les élèves ont présenté les travaux réalisés depuis le début de leur parrainage par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques.
- visite du club scientifique du collège El Mansour Eddahbi de Tan-Tan où une réception a été organisée.





Présentation du club scientifique du Lycée Bab-Essahara Guélmim

A l'issue de leur séjour, une cérémonie de clôture fut organisée en l'honneur de la délégation Malaisienne, au cours de laquelle il a été convenu de commencer la collaboration dès l'année 2015, en se focalisant sur quatre domaines :

1. une e-collaboration sera établie entre les parties Malaisiennes et Marocaines pour partager leurs réflexions sur les préoccupations d'actualité telles que le développement durable. La e-collaboration sera mise en œuvre entre les élèves, les étudiants, les enseignants et professeurs des deux parties: la Malaisie, représentée par l'Académie des sciences, l'Institut de formation des enseignants (ITE), la division des technologies de l'éducation, les écoles publiques et le Maroc, représenté par l'Académie régionale de Guélmim-Esmara, l'ENS-Maroc, le CRMEF-Maroc.
2. l'échange d'étudiants et de professeurs.
3. la formation des formateurs du CRMEF (de l'Académie régionale AREF Guélmim-Esmara), qui recevra deux ou trois professeurs/formateurs de Malaisie pour développer les compétences des étudiants marocains et les futurs enseignants en communication, leadership et gestion de classe.
4. un programme d'échange sera mis en œuvre entre l'ITE et l'ENS.

\* Le **groupe énergie** de la délégation Malaisienne était composé de :

- Academician Tan Sri Hj Ahmad Zaidee Laidin FASc, Senior Fellow of Academy of Sciences Malaysia (Energy Group Leader)
- Prof Abdul Halim Shamsudin FASc, Director of Centre for Renewable Energy, Universiti Tenaga Nasional (UNITEN)
- Prof Dato' Dr Kamaruzzaman Sopian FASc, ASM Fellow & Director of Solar Energy Research Institute (SERI), Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM)
- Prof Dr Muhammad Ghazie bin Ismail, Assistant Vice Chancellor, Universiti Teknikal Malaysia (UTeM)
- Assoc Prof Dr Azhaili Baharun, Director of Centre of Excellence for Renewable Energy (CoERE), Universiti Malaysia Sarawak (UNIMAS)
- Ms Norazwa Musiran (accompagnatrice).

\*\* Le **groupe éducation** de la délégation était composé de :

- Dato' Dr Sharifah Maimunah Syed Zain (Leader of Education Group) ASM Associate, ASM Research Fellow & Member of ASM Science Education Committee
- Mrs Zainon Abdul Majid, Head of Primary Science Unit, Curriculum Development Division (CDD), Ministry of Education Malaysia, MOE
- Dr Noriati A. Rashid, Deputy Rector, Malaysian Institute of Teacher Education (ITE), MOE
- Mr Hj Shamsuddin Hassan, Deputy Director, Educational Technology Division, MOE
- Ms Nur Syahirah Abdul Ghani, Programme Executive (Science Excellence), ASM.



## Recherche en microbiologie appliquée à l'alimentation : coopération avec l'Argentine

Dans le cadre de l'accord de coopération scientifique entre l'Argentine et le Maroc, une action initiée par Pr. Albert Sasson a été mise en œuvre en vue de l'élaboration d'un projet de recherche scientifique. Cette initiative a été menée avec le financement du Fonds Argentin de Coopération triangulaire Sud-Sud (FO.AR) et l'appui de l'ambassade d'Argentine à Rabat. Des échanges et visites entre des chercheurs partenaires marocains et argentins (séjour de deux chercheurs argentins<sup>(1)</sup> au Maroc du 30 septembre au 6 octobre 2013 et visite de travail d'une équipe de chercheurs marocains<sup>(2)</sup> à l'Institut National de Technologie Industrielle (INTI<sup>(3)</sup>) du 1<sup>er</sup> au 5 septembre 2014) ont ainsi permis le montage d'un projet de **coopération scientifique et technologique en biotechnologie agro-alimentaire** porté par le Centre de Biotechnologie Industrielle dépendant de (INTI) de Buenos Aires et la Faculté des Sciences et Techniques de Tanger. Ledit projet a été soumis à l'Académie et au Ministère de l'Agriculture pour soutien partiel. Le programme de la visite des chercheurs marocains a ainsi concerné :

- *le centre de biotechnologie industrielle* : cette plateforme de bioprocessus et de recherche moléculaire, est chargée des fermentations et des cultures cellulaires massives ainsi que de la purification des produits de fermentation et du contrôle de leur qualité microbiologique.
- *le centre INTI-Recherche technologique de l'industrie laitière* : ce centre assure l'appui technique pour le développement technologique de la chaîne agroalimentaire du lait. Ses activités couvrent la formation à la mise en place de structures à vocation industrielle et le développement de nouveaux produits. Il héberge une structure inédite, le laboratoire des analyses sensorielles, pilotée par des non-voyants.
- *le centre Produits carnés*, qui s'occupe de la filière viande et ses dérivées et le centre fournit notamment des services de formation à travers

des cours et d'ateliers d'industrialisation de la viande ainsi que les normes et les bonnes (BPF, BPH et HACCP).



Visite de Monsieur Fouad Yazourh, ambassadeur de Sa Majesté le Roi du Maroc, au centre INTI-Biotechnologie industrielle



Laboratoire des analyses sensorielles, piloté par des non-voyants

1- Il s'agit de Gabriel Fiszman et Alberto Diaz.

2- Il s'agit de Mohammed BAKKALI et Amin LAGLAOUI, de l'équipe de recherche en biotechnologie et génie des biomolécules (ERBGB) de la Faculté des Sciences et Techniques de Tanger et Abdelkarim FILALI-MALTOUF, enseignant chercheur à la Faculté des Sciences à Rabat.

3-L'INTI est un ensemble de plateformes de Recherche / Développement et Innovation (RDI) mis en place par l'Etat argentin pour assurer l'appui technique pour le développement technologique de la chaîne agroalimentaire, allant de la formation à la mise en place de structures à vocation industrielle et au développement de nouveaux produits.





Visite du Centre INTI-Produits carnés

- *le centre Agro-alimentaire*, qui a pour mission de contribuer au développement technologique de l'industrie alimentaire, en particulier d'origine végétale.
- *le centre du plastique*, qui est un laboratoire de référence pour la certification de la qualité des matériaux et des produits.

Une réunion de synthèse a été tenue au siège de l'administration de l'INTI en présence de l'Ambassadeur de Sa Majesté le Roi du Maroc, Monsieur Fouad Yazourh et des représentants des cinq centres de l'INTI visités, du service de développement et du service de la coopération économique et institutionnelle de l'INTI.

Les participants ont souligné l'importance de ce premier projet de coopération entre l'équipe de recherche ERBGB «Biotechnologie et Génie des Biomolécules» de la Faculté des Sciences et Techniques de Tanger et le centre de Biotechnologie Industrielle. L'objectif est d'en faire un modèle à étendre à d'autres centres de l'INTI et de faire profiter le Maroc du savoir-faire de cet Institut et de sa stratégie de soutien et de promotion du

tissu industriel. Ainsi, ces premières investigations ont permis l'identification de nouveaux champs de coopération scientifique et technologiques, notamment en ce qui concerne :

- la préparation des produits de terroirs dans la filière viande. Un échange d'expériences et un transfert de technologie dans le domaine sont envisagés, spécifiquement sur les produits caprins (Tanger) et les produits de lama (INTI) ;
- la valorisation des sous produits alimentaires notamment les grignons des olives,
- l'hygiène des denrées alimentaires par l'analyse et la recherche des mycotoxines,
- le développement et la production d'emballages bioactifs.



Réunion de clôture en présence de Monsieur l'Ambassadeur de Sa Majesté le Roi du Maroc

## Recherche en foresterie : coopération avec le Mexique

Grâce aux efforts déployés par F. Garcia-Garcia et A. Sasson, membres du collège des sciences et techniques du vivant, deux opérations ont pu être réalisées :

1. Une délégation du Haut Commissariat aux eaux et forêts et à la lutte contre la désertification, présidée par son Secrétaire général, a effectué une visite au Mexique du 1<sup>er</sup> au 7 décembre 2014, en vue de procéder à des échanges d'information dans les domaines de la gestion des ressources forestières, de la biodiversité, des aires protégées, de la lutte contre la désertification, des aménagements des bassins-versants, de la lutte contre les incendies de forêts, de la recherche forestière et de la gestion des zones arides. Un cadre de coopération est en cours d'élaboration.
2. Une convention de collaboration entre l'Université Mohammed V de Rabat et l'Université nationale autonome de Mexico (UNAM) est à la signature des deux présidents.







## **Nouvelles des Académiciens**





## Le Pr. Carlos Martinez-Alonso lauréat du Prix Mexico 2014



Le Prix Mexico 2014 a été décerné au Professeur Carlos Martinez-Alonso, membre associé et membre de la Commission de Fondation de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, pour ses contributions significatives à l'avancement des frontières de la connaissance en immunologie et ses travaux, plus récents, dans le champs de la biologie des cellules souches. Le prix a été remis le 8 décembre lors du Sommet Ibéro-américain de Veracruz par le Président du Mexique, le Roi d'Espagne, la Présidente de la République du Chili, le Président de la République d'Uruguay et le Président de la République du Pérou.

Le Prix Mexico est octroyé chaque année à une personne de prestige professionnel reconnu, qui a contribué de manière significative à la connaissance scientifique universelle ou à l'avancée technologique, que son œuvre scientifique soit de grand impact international et chose très importante, la réalisation d'une école de pensée et travaux dans les institutions des pays d'Amérique Centrale, d'Amérique du Sud, aux Caraïbes, en Espagne et au Portugal.

El Premio México de 2014 fue concedido al Profesor Carlos Martinez-Alonso, Académico Asociado y Miembro de la Comisión de Fundación de la Academia Hassan II de Ciencias y Técnicas, por sus aportaciones significativas al avance en la frontera de conocimiento en el campo de la inmunología y sus trabajos más recientes en el campo de la biología de las células madre. El Premio fue entregado el 8 de Diciembre con motivo de la Cumbre Iberoamericana en Veracruz por el Presidente de los Estados Unidos Mejicanos, el Rey de España, la Presidenta de la Republica de Chile, el Presidente de la Republica de Uruguay y el Presidente de la Republica de Perú.

El Premio México, convocado anualmente por el Gobierno de México, se otorga "a una persona de reconocido prestigio profesional que haya contribuido de manera significativa al conocimiento científico universal o al avance tecnológico, que su obra científica sea de gran impacto internacional y, muy importante que haya formado una escuela o recursos humanos significativos, dándose especial atención a que la obra realizada lo haya sido en instituciones localizadas en los países de Centroamérica, Sudamérica, el Caribe, España y Portugal".



Le Roi d'Espagne remettant la médaille du Prix Mexico 2014 au Pr. Carlos Martinez-Alonso



Pr. Carlos Martinez-Alonso saluant le Président du Mexique qui lui remet l'attestation du Prix Mexico 2014

## La Suède honore le Pr. Erik SANDEWALL

Membre du Collège des Sciences de la Modélisation et de l'Information



«This statue has a very interesting title; it is called Leaving traces. This is shown physically by the footprints on the ground in the statue, which you can see there together with most of the quotations that I have talked about.

Maybe the artist - Johan Malmström - wanted to suggest that I have been leaving some traces, but this will be for others to judge. What I would like to read into it, from my point of view, is that the statue person is guided and inspired by the traces left by those that walked the road before him.

This is something that applies to every scientist. There is this well-known phrase that we can do what we do because we stand on the shoulders of giants, but actually I think the observation

that we as scientists are leaving traces is also very much to the point. We are not standing still when we do science, we move ahead, we search our way ahead, and while doing this we leave traces, but we are also led by the traces of those that researched before us. I want to thank Johan Malmström for this fascinating concept as well as for its realization as a statue, and for our interactions when it was prepared.

But most of all I want to thank IDA, as represented here by Mariam Kamkar, for having given me the honor of being elected a statue person, and for having acquired and mounted this very nice statue.»

Extrait du Discours prononcé par E. SANDEWALL à l'occasion de l'inauguration de la statue.



**Le Pr. Daoud AIT KADI lauréat du Prix facultaire  
«Summa Enseignement»  
de la Faculté des Sciences et du Génie  
de l'Université Laval, Canada**



Pr. Daoud Ait Kadi enseigne depuis près de 40 ans au Département de génie mécanique de la Faculté des Sciences et du Génie de l'Université Laval, Canada. Un de ses faits d'armes est d'avoir fortement contribué à la création du programme de baccalauréat en génie industriel. D'ailleurs, il dirige depuis 1992

le programme de diplôme de deuxième cycle dans cette discipline. Il a également joué un rôle majeur dans la mise sur pied du consortium de recherche FORAC pour les produits du bois, une réalisation qui fut couronnée en 2012 par le prix Brockhouse du CRSNG.



André Darveau, doyen de la Faculté des sciences et de génie, Sylvain Moineau, titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur les bactériophages et lauréat du prix Summa Recherche, Daoud Aït-Kadi, professeur au Département de génie mécanique et lauréat du prix Summa Enseignement, Yvon Charest, président et chef de la direction de l'Industrielle Alliance, diplômé de l'École d'actuariat et lauréat du prix Summa Carrière, Pierre Therrien, responsable de travaux pratiques et de recherche au Département de géologie et de génie géologique et lauréat du prix Summa Communauté facultaire, et Denis Brière, recteur de l'Université.

