

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

n°22
décembre 2017

«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

**Les mathématiques appliquées
à des questions de développement (MADEV17)**

**Les Mathématiques en tant
que technologie émergente (Mathlogy)**

**Nanotechnology applications in energy,
environment and health : benefits
and potential risks**

**Savoirs et patrimoines locaux : des atouts
pour le développement des arrière-pays
au Maroc dans un monde qui change**

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

n°22

décembre 2017

«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**

Site internet : 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 ASSOUBEI (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

**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**«Les mathématiques appliquées à des questions de développement (MADEV17)», conférence internationale co-organisée par l'Académie des Sciences de France et l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques..... 11**

- Allocution du Secrétaire Perpétuel à la séance d'ouverture de MADEV17 13
- Allocution du Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences de France, Catherine BRECHIGNAC, 16
- Synthèse de la conférence internationale, Abdelhaq EL JAI & Pierre AUGER 17

«Les Mathématiques en tant que technologie émergente (Mathlogy)», conférence satellite organisée dans le cadre du 9^{ème} Congrès Pan Africain des Mathématiques PACOM 2017, en collaboration avec l'Université Mohammed V de Rabat et l'Union Mathématique Africaine..... 35

- Allocution du Secrétaire Perpétuel à l'ouverture de la conférence satellite Mathlogy 37
- Conférence du Wali de Bank Al-Maghrib, Abdellatif JOUAHRI 39
- Rapport de la conférence satellite, Nadia RAISSI 42

«Nanotechnology applications in energy, environment and health : benefits and potential risks», Atelier international organisé avec l'appui du Collège des Sciences Physiques et Chimiques 45**«Savoirs et patrimoines locaux : des atouts pour le développement des arrière-pays au Maroc dans un monde qui change», séminaire organisé par le Collège Etudes stratégiques et développement économique 61**

- Allocution du Secrétaire Perpétuel à la séance d'ouverture du séminaire 63
- Compte-rendu synthétique, Mohamed BERRIANE 65

Appui à la recherche scientifique et technique 71

- Etude épidémiologique et génétique des leucémies myéloïdes aiguës, Sellama NADIFI 73

Les conférences de l'Académie 79

- Les conférences du second semestre 2017 (résumés) 81
- Les conférences programmées au premier semestre 2018..... 84

Focus..... 85

- Morocco : National policy and strategy aiming at using at best renewable sources of energy, Albert SASSON..... 87

Coopération.....99

- Déclaration des Académies des Sciences sur le changement climatique et l'éducation, Mohamed AIT KADI..... 101
- Colloque Transméditerranéen de Chimie Hétérocyclique, El Mokhtar ESSASSI 108
- Sustainable development goals : a guide for merit-based academies, Rajae EL AOUAD..... 109
- Journées Nationales des Doctorants et des Jeunes Chercheurs 110
- Journée Nationale sur la physique des Neutrinos..... 111

Nouvelles des académiciens..... 113

- Prix d'excellence en science et technologie attribué au Pr. Rajaâ CHERKAOUI EL MOURSILI par l'OCI..... 115
- Pr Mohamed BERRIANE représente l'Académie Hassan II au forum organisé par le GID dans le cadre du programme GID-FastDev Agri..... 116
- Pr. Abdelilah BENYOUSSEF participe à l'organisation du "Novel Materials for Emerging Energy solutions Workshop, Fifth Edition of the International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC'17)" 118
- Pr. El Mokhtar ESSASSI participe à la manifestation de la Société Mauritanienne de Chimie..... 120
- Le First Global Challenge attribue le nom de Rajaâ CHERKAOUI EL MOURSILI à l'une de ses distinctions..... 121

Editorial

Les sciences et les technologies ont connu au cours des deux siècles derniers un essor sans précédent; ainsi, le volume de connaissances accumulées depuis les sumériens est à peine équivalent à celui produit depuis la révolution scientifique du 17^{ème} siècle à nos jours. Les mathématiques sont considérées comme la discipline qui a permis, par son développement, l'éclosion de nouveaux champs et domaines scientifiques et, comme disait Galilée, «*l'univers est écrit en langue mathématique*». Plusieurs civilisations ont connu leur apogée grâce au développement des sciences et leur legs mathématique a été le plus important pour l'humanité; à titre d'exemple, citons la topographie et la cartographie par les égyptiens ou bien l'algèbre, les chiffres arabes, la base décimale et l'algorithmie par la civilisation arabo-musulmane. Les mathématiques sont un langage universel pour l'ensemble des sciences; elles sont à la base des sciences fondamentales et des technologies modernes, telles que les télécommunications, l'énergie, la météorologie ou l'aéronautique, etc. Elles ont conquis d'autres domaines comme la finance, la biologie, la santé, l'agriculture. Les mathématiques aident à prédire et comprendre des phénomènes physiques complexes en passant par la modélisation mathématique, l'analyse mathématique et la simulation numérique. Grâce à ces outils mathématiques particulièrement performants, il est désormais possible de réaliser numériquement des expériences ou bien des objets, avant de passer au prototypage et à la réalisation réelle qui sont par ailleurs fort coûteux et n'admettent pas de marge d'erreur.

La communauté scientifique marocaine travaillant dans les domaines des mathématiques pures et appliquées est considérée comme l'une des plus actives en Afrique, en effet sa contribution à la production scientifique mondiale est de l'ordre de 0.25%, bien loin devant certains pays développés.

Consciente de la nécessité de soutenir ce potentiel scientifique et dans le cadre de ses missions, l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques accompagne la recherche scientifique en mathématiques, à travers l'organisation régulière et tout au long de l'année, de manifestations scientifiques, mais aussi à travers les axes prioritaires des appels à projets financés par l'Académie.

C'est dans ce cadre que s'inscrit l'organisation de la conférence satellite; «les mathématiques en tant que technologie émergente», le 05 Juillet 2017, dans le cadre du 9^{ème} Congrès Pan Africain des Mathématiciens (PACOM2017). La deuxième principale manifestation scientifique concerne l'organisation conjointe de la conférence «Les mathématiques et leurs applications à des questions de développement» (MADEV), par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques et l'Académie des Sciences de France, du 16 au 19 Octobre 2017 à Rabat, dans la

grande salle de conférences de l'Académie du Royaume; elle a regroupé plus de 300 mathématiciens venus de quinze pays africains, d'Europe et d'Amérique et a porté sur les thématiques suivantes :

- 1– Mathématiques appliquées au contrôle des systèmes;
- 2– Mathématiques appliquées et épidémiologie;
- 3– Mathématiques appliquées à l'exploitation des ressources marines;
- 4– Mathématiques appliquées à la production, la dynamique et la diversité des peuplements végétaux;
- 5– Mathématiques appliquées et santé;
- 6– Mathématiques appliquées et économie;
- 7– Mathématiques appliquées et énergie.

Un des principaux objectifs de MADEV17 a été de réfléchir sur de nouvelles approches de soutien à l'innovation scientifique et sur la mise en place de collaborations scientifiques nationales et internationales. Cette conférence internationale a été une occasion de renforcer les connexions entre les mathématiques et la question cruciale du développement, notamment les applications industrielles innovantes susceptibles de créer de l'emploi et d'assurer un développement durable.

Direction des Sciences

«Les mathématiques appliquées à des questions de développement (MADEV17)»

Conférence internationale co-organisée
par l'Académie des Sciences de France
et l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques



**Allocution du Pr. Omar FASSI-FEHRI
Secrétaire Perpétuel de l'Académie Hassan II
des Sciences et Techniques***



**Monsieur le Président de l'IRD,
Madame la représentante de l'Académie des
Sciences de France,
Honorables invités,
Chers collègues,
Mesdames et Messieurs,**

Avec la Haute Approbation de Sa Majesté Le Roi Mohammed VI, que Dieu perpétue Ses Bienfaits, l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques et l'Académie des Sciences de France organisent cette Conférence scientifique, dont nous inaugurons aujourd'hui les travaux, sur "Les Mathématiques et leurs applications à des questions de développement (MADEV17)". Qu'il nous soit permis à cette occasion d'exprimer notre profonde reconnaissance, notre déférente gratitude et nos sincères remerciements à Sa Majesté Le Roi Mohammed VI pour Sa généreuse Sollicitude, Ses précieux Encouragements et pour l'intérêt qu'Il porte aux activités de notre jeune Institution.

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

Lorsqu'il y a un peu plus d'un an mon amie Mme Catherine Bréchnac, Secrétaire Perpétuel de

l'Académie des Sciences de France a proposé à l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques d'organiser ensemble à Rabat une manifestation scientifique, sur le sujet des mathématiques en Afrique à l'occasion du 350^{ème} anniversaire de l'Académie française et du X^{ème} anniversaire de notre jeune Institution, bien sûr nous avons tout de suite accepté et avec plaisir, mais j'étais loin de me douter du succès que cette proposition allait rencontrer; près de trois cents chercheurs dont plus de soixante dix africains venant d'une quinzaine de pays africains participent aujourd'hui à nos travaux. A toutes et à tous je souhaite la bienvenue au Maroc et un agréable séjour parmi nous; je voudrais tout particulièrement saluer la présence parmi nous à cette occasion d'une forte participation des mathématiciens marocains de la diaspora; bienvenue chez eux.

Le succès de notre conférence sur le plan du nombre et de la qualité de la participation augure j'en suis sûr un succès aussi sur le plan scientifique.

Mesdames et Messieurs,

L'Homme a toujours cherché à comprendre le monde qui l'entoure. Les mathématiques 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 connaissances transmises au sein des premières civilisations est lié à leurs applications concrètes: le commerce, la gestion des récoltes, la mesure des surfaces, la prédiction des événements astronomiques, et parfois l'accomplissement de rituels religieux ...

(*) Allocution donnée lors de la séance d'ouverture de la Conférence internationale sur le thème : "Mathématiques Appliquées à des questions de développement", Rabat, 16 octobre 2017.

Les mathématiques se distinguent des autres sciences par un rapport particulier au réel. Elles sont de nature purement intellectuelles et abstraites, basées sur des postulats appelés axiomes, non soumis à l'expérience. Cependant, les résultats mathématiques trouvent des applications remarquables dans toutes les autres disciplines et dans pratiquement toutes les activités humaines.

Les mathématiques sont très certainement le langage commun - la lingua franca - des disciplines scientifiques, en ce sens qu'elles permettent le transfert d'information d'une discipline scientifique à l'autre. Les liens avec la physique par exemple sont connus et anciens : la mécanique Newtonienne et le calcul différentiel, la relativité générale et les tenseurs, la mécanique quantique et les probabilités. Ainsi, Physique et Mathématique progressent en se stimulant l'une l'autre.

Elles ont aidé 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), ont 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 et aujourd'hui par le public le plus large jeune et moins jeune a changé radicalement notre rapport à plusieurs concepts, ainsi qu'à l'information de manière générale et à son traitement.

Aujourd'hui, les mathématiques sont devenues un outil transversal incontournable pour l'avancement technologique et économique de nos sociétés. De nos jours, de nombreux problèmes en économie, en biologie, en santé, en communications, en énergie etc., sont décrits par des équations ou des modèles mathématiques. Et pour étudier ces problèmes de manière rigoureuse et efficace il faut faire des maths ! Il faut savoir utiliser les outils mathématiques existants, mais aussi développer de nouveaux outils, donc développer la recherche scientifique dans ces domaines.

Dans l'activité financière et notamment bancaire, les mathématiques sont devenues un outil indispensable; tant au niveau de la modélisation et de la simulation de l'industrie financière qu'au niveau de la gestion du risque. Cette activité, comme vous le savez aussi, connaît aujourd'hui un essor profond et se détache à présent de ses points d'ancrage classiques pour prendre une entière autonomie en faisant appel à des théories nouvelles et complexes telles que le calcul stochastique, la statistique et l'analyse fonctionnelle.

Tout ça pour dire que contrairement à ce que peuvent penser certaines personnes, la recherche mathématique est aujourd'hui plus vivante que jamais, et cela en grande partie parce qu'elle doit répondre aux nombreux défis posés par l'avancement technologique de nos sociétés. Les mathématiques sont vraiment le langage de l'innovation et la clé des technologies émergentes, et si nos pays veulent véritablement assurer un développement économique à leurs sociétés, ils doivent investir massivement dans l'éducation et la formation de nos élèves et nos étudiants, en particulier en mathématiques.

Mesdames et Messieurs,

Au-delà de ces aspects l'importance des mathématiques, de leur enseignement et de leur développement est reconnue de tous dans la formation de l'esprit dans la structuration de notre cerveau ; elles permettent en effet de développer des qualités particulièrement précieuses comme la rigueur, la ténacité, l'humilité; les mathématiques nous apprennent à nous poser avant chaque action ou décision la question "Pourquoi ?", pourquoi agir ainsi plutôt que autrement.

C'est une véritable école de la vie pour celui qui veut s'en inspirer.

C'est pour toutes ces raisons que je suis profondément convaincu que développer les mathématiques est une priorité, qu'il faut entretenir et renforcer le potentiel scientifique en mathématique dans nos différents pays; cela

passer par de multiples actions, en particulier la fluidification des transferts de connaissances et la fertilisation croisée entre l'enseignement, la recherche et les entreprises dans le respect des objectifs et des compétences de chacun.

Les débats et les discussions à l'occasion des travaux de cette rencontre permettront également d'établir et de consolider une collaboration continue dans le temps, susceptible d'intégrer les utilisateurs de la recherche en mathématiques, 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 outil 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.

Je suis aussi convaincu que les travaux de votre conférence permettront d'approfondir le débat et la réflexion sur l'intégration et l'apport des sciences mathématiques dans le développement socio-économique de nos 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 nos pays respectifs.

Chers amis,

Avant de conclure cette intervention je voudrais remercier les collègues étrangers présents, et remercier toutes les personnalités qui ont répondu à notre invitation; je félicite les organisateurs de cette manifestation, tout particulièrement du côté français Mme Catherine Bréchnac, M. François Gros et le COPED, Mme Olide Macchi, M. Pierre Auger et du côté marocain M. Abdelhaq El Jai, M. Abdeslam Houmada, le Collège scientifique "Science de la Modélisation et de l'Information", et l'ensemble du personnel de l'Académie.

Je remercie tout particulièrement mon ami Pr. Abdeljalil Lahjomri, Secrétaire Perpétuel de l'Académie du Royaume du Maroc et l'ensemble de son personnel pour l'aide qu'ils nous ont apporté comme à l'accoutumée dans l'organisation matérielle de cette conférence

Je souhaite plein succès à vos travaux et je vous remercie pour votre attention.

MADEV : Une Conférence Internationale, fruit d'une collaboration étroite entre l'Académie des Sciences (France) et l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques (Maroc)

Catherine BRECHIGNAC

Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences de France, Institut de France.



L'école Française de Mathématiques pures et appliquées est reconnue pour son excellence et son rayonnement international. Elle est considérée par beaucoup comme la meilleure du monde. Le Maroc, pour sa part, a également su développer une communauté scientifique en mathématiques de tout premier plan et les partenariats entre mathématiciens Français et Marocains et, plus généralement, Africains ne cessent de croître. De nombreux programmes scientifiques en mathématiques concernent des questions cruciales relatives au développement en Afrique. La Conférence Internationale sur "Les mathématiques et leurs applications à des questions de développement" (MADEV) met le projecteur sur l'importance de ces collaborations.

C'est dans ce contexte que l'Académie des Sciences de France et l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques ont décidé d'associer leurs forces pour organiser cette importante conférence internationale MADEV. Pierre Auger, membre de l'Académie des Sciences, mandaté par notre Académie et par son Comité des Pays en Développement (COPED) en assure la préparation en collaboration étroite avec le Professeur Abdelhaq El Jai, membre de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques.

Cette Conférence fait suite à un mini forum qui avait été organisé à Paris dans les locaux de l'Académie des Sciences. Ce mini forum avait permis de déterminer les contours de la future conférence internationale MADEV17 et de rassembler la plupart des organisateurs des différents thèmes ainsi que des chercheurs Africains impliqués.

Cette première conférence internationale suscitera sans aucun doute d'autres conférences MADEV sur des sujets différents et ciblés au niveau des applications des Mathématiques, dans les années à venir. Notre Académie les soutiendra fortement.

Je tiens à remercier ici l'Académie Hassan II des Sciences et des Techniques, tout particulièrement son Secrétaire Perpétuel, le Professeur Omar Fassi-Fehri, son Chancelier, Monsieur Mostapha Bousmina, ainsi que Monsieur le Professeur Abdelhaq El Jai et son réseau TDS, pour les moyens mis en œuvre, pour leur aide déterminante et pour le soutien sans faille qu'ils ont accordé à l'organisation de cette conférence au siège même de leur Académie à Rabat.



Abdelhaq EL JAI ¹

Synthèse de la conférence internationale MADEV17

¹ UPVD - France et Académie Hassan II des Sciences et Techniques (Maroc)

² IRD et COPED de l'Académie des Sciences (France)



Pierre AUGER ²



Participants à la conférence MADEV17

Une des missions fondamentales du COPED de l'Académie des Sciences consiste à soutenir et à aider à l'émergence de communautés scientifiques dans les Pays en Développement et tout particulièrement en Afrique. Ce soutien passe par l'organisation de mini-forums et de conférences internationales. Un des domaines dans lequel le COPED a été actif par le passé concerne les mathématiques et leurs applications. C'est ainsi que d'autres conférences organisées par le COPED dans ce domaine, au Maghreb en 2007 et au Vietnam en 2010, ont connu un grand succès par le passé. En 2016, un mini-forum a été organisé à Paris dans les locaux de l'Académie des Sciences sur les Mathématiques Appliquées à des questions de développement pour préparer MADEV17. Très vite, il a été décidé que cette conférence internationale serait coorganisée par l'Académie des Sciences (F) et l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques (Ma).

Il ne fait pas de doute que le domaine des mathématiques et de leurs applications est bien représenté et plein d'avenir au sein du COPED, ce qui nous permet d'envisager une suite à MADEV17 dans les années qui suivront sur un ou plusieurs thèmes applicatifs ciblés. Les mathématiques

constituent un domaine de recherche nécessitant peu d'investissement en comparaison avec d'autres disciplines faisant appel à des dispositifs expérimentaux très coûteux. Dans ces conditions, les Mathématiques pures et appliquées ont pu se développer plus largement en Afrique et dans les Pays en Développement pour atteindre un niveau scientifique souvent excellent. Les mathématiques trouvent de nombreuses applications dans pratiquement tous les domaines de la science, des sciences physiques et de l'énergie, à la biologie, dans les sciences de l'environnement, de la santé et de la médecine et plus récemment en économie et même dans les sciences sociales. L'esprit de MADEV17 est de partir de problèmes concrets du développement et de montrer comment les mathématiques (et plus largement l'informatique) contribuent à résoudre ces problèmes, ou encore aident à la décision pour ces problèmes. MADEV17 a été l'occasion de mettre en avant les travaux de recherche en Mathématiques Appliquées développées par des équipes Africaines sur des questions importantes de développement qui ont été regroupées en une série de sept thèmes. Chaque thème a été en général animé par un binôme Franco-Africain. Dans chaque session thématique, au moins 50% des conférenciers sont africains.

Afin que la participation des africains soit forte et pour encourager les jeunes chercheurs africains à participer, une prise en charge totale des participants conférenciers a été assurée. L'Académie des sciences a pris en charge (avec divers organismes notamment l'IRD, ainsi que certaines ambassades de France en Afrique) les titres de transport des conférenciers africains. L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques a contribué par une prise en charge locale (hôtel, repas et acheminements) des conférenciers et invités.

Un grand nombre de conférenciers invités à MADEV17 sont venus du Maghreb et d'Afrique sub-saharienne mais également d'Afrique australe. A ces conférenciers, il faut ajouter la participation de nombreux chercheurs (jeunes ou confirmés) émanant d'Afrique et de pays européens, qui ont participé aux sessions posters. La conférence MADEV a réuni des participants de plus de 15 pays. 65 conférences orales y ont été données et une session poster réunissant 55 présentations a été soutenue en continu tout au long de la conférence. L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques a édité un bulletin dédié aux résumés de toutes les conférences et posters de MADEV17. Deux numéros spéciaux de la revue ARIMA (Revue Africaine de la Recherche en Informatique et en Mathématiques Appliquées) de l'INRIA regrouperont une sélection des meilleures contributions à la conférence MADEV 17.

Nous tenons à remercier les responsables de thèmes pour le travail important qu'ils ont réalisé en préparant le programme de leur session. Ils ont invité des chercheurs renommés de haut

niveau ainsi que des chercheurs plus jeunes, appartenant à différents pays d'Afrique, d'Europe et pour certains même à d'autres continents. Nous adressons également nos remerciements aux conférenciers invités qui ont fait le déplacement à Rabat et qui ont permis d'animer les sessions de MADEV. Nous sommes aussi très heureux de la forte participation de jeunes chercheurs lors de la session poster, ce qui montre l'engouement de la jeune génération de mathématiciens appliqués pour la recherche en cours sur ces questions.

Enfin, nous remercions nos Académies respectives pour le soutien qu'elles nous ont apporté tout au long de la préparation et de l'organisation de cette conférence. Nous remercions vivement le Secrétaire Perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et des Techniques, Monsieur Omar Fassi-Fehri, pour avoir accepté la co-organisation de MADEV au siège même de la prestigieuse Académie à Rabat et de lui avoir donné la qualité et le niveau d'excellence.

Enfin, nos chaleureux remerciements à tous les personnels de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques qui ont été attentifs à la qualité et au soin apporté à l'accueil et au confort de tous. Tous nos remerciements à Yves Maurissen et Marie El Jai de l'UPVD, ainsi qu'au personnel de l'Académie des Sciences et du COPED, Anastasia Gestkoff, Marina Jimenez, Aude Leury, qui ont œuvré depuis plus d'un an à la préparation de MADEV.

Ci-après les comptes-rendus des sept sessions thématiques de MADEV préparés par les soins des collègues qui les ont organisées et animées.



Nombre de conférenciers par pays	
Pays	Nombre de conférenciers (travaux en collaboration avec des chercheurs africains)
Afrique du sud	2
Algérie	4
Belgique	1
Benin	2
Burkina Faso	1
Cameroun	9
Canada	2
Congo	1
Côte d'Ivoire	1
Egypte	1
Espagne	1
France	17
Guyane (France)	2
Maroc	16
Mauritanie	2
Pays Bas	1
Sénégal	8
Singapour	1
Togo	1
Tunisie	1



Jean-Michel CORON

Session «Mathématiques Appliquées et Contrôle des Systèmes Réels»

Jean-Michel CORON ¹ & Abdelhaq EL JAI ²

¹ Université Pierre et Marie CURIE, France

² UPVD, France et Académie Hassan II des Sciences et Techniques, Maroc



Abdelhaq EL JAI

La session sur les mathématiques appliquées et contrôle des systèmes réels a été intéressante à plusieurs titres. Elle a suscité un nombre incroyable de propositions de conférences montrant la vitalité scientifique dans ce domaine, essentiellement au Maroc au sein du réseau TDS; bon nombre de ces propositions (22) ont été présentées sous forme de posters. Par ailleurs les conférences qui ont été données concernent aussi bien des aspects théoriques pour le développement d'outils d'aide à la décision, que certaines applications résultant du contrôle de problèmes réels (aide à la thérapie du cancer, imagerie médicale, concentrateur solaire,...). La session a suscité, malgré l'heure tardive, un grand nombre de questions et d'échanges; elle s'est prolongée de plus d'une heure par rapport au timing prévu.

En bref, les résumés des conférences présentées sont les suivants :

Jean-Michel Coron (UPMC, Paris, France) a présenté des méthodes pour contrôler et stabiliser des systèmes, notamment quand les non linéarités sont importantes pour ces deux problèmes. Ces méthodes ont été illustrées sur différents systèmes mécaniques tant en dimension finie (mécanique du solide) qu'en dimension infinie (mécanique des fluides).

Azgal Abichou (École polytechnique de Tunisie, Tunis, Tunisie) a présenté des méthodes pour construire des feedbacks, y compris instationnaires, stabilisant des systèmes de contrôle tant en dimension finie qu'en dimension infinie. Ces méthodes ont été illustrées sur différents problèmes, dont le pilotage de drones et de dirigeables et le forage de puits.

Nihale El Boukhari (Faculté des Sciences de Meknès). Le problème concerne une centrale

solaire basée sur des concentrateurs cylindro-paraboliques orientables suivant la position du soleil. Dans ce travail, il s'agit de déterminer le flux optimal de fluide dans le concentrateur focal du miroir solaire cylindro-parabolique. L'approche pour résoudre ce problème s'appuie sur une "discrétisation" du concentrateur solaire, ramenant le problème à une suite de problèmes de contrôles de systèmes bilinéaires. Le résultat obtenu conduit à une température dans le concentrateur voisine de celle assignée et qui optimise le fonctionnement du système.

Soumaya Boujena (Faculté des Sciences Ain Chock, de Casablanca). Ce travail présente une approche pour la construction d'une image 3D, dans une imagerie médicale. La construction d'une image médicale est inévitablement entachée de bruits qui dégrade l'image et peut-être le diagnostic qui s'en suit. Il s'en suit qu'une étape de diminution du bruit est nécessaire. Pour cela un modèle basé sur une équation différentielle non linéaire est proposé pour agir comme un filtre réduisant le bruit entachant l'image. De ce modèle découle un algorithme de reconstruction en 3D.

Youssef Ouknine (Faculté des Sciences Semailia, Marrakech). We consider the optimal stopping problem with non-linear f -expectation (induced by a BSDE) without making any regularity assumptions on the pay-off process ξ . We show that the value family can be aggregated by an optional process Y . We characterize the process Y as the E_f -Snell envelope of ξ . We also establish an infinitesimal characterization of the value process Y in terms of a Reflected BSDE with ξ as the obstacle. This characterization is established by first showing existence and uniqueness for the Reflected BSDE with irregular obstacle and also a comparison theorem.

Fouzia Segueni (Université d'Oran, Algérie) et Abdennebi Omrane (UMR Espace-Dev, Cayenne, Université de Guyane) ont présenté une étude pour l'identification des paramètres dans un problème de pollution; l'approche utilise celle des sentinelles développée par J.L. Lions. Ce problème apparaît dans l'analyse et le contrôle de problèmes environnementaux, à données manquantes. Ainsi l'approche par sentinelles permet une identification indépendamment des données inconnues.

Dans le problème présenté, la donnée manquante est celle de l'état initial. Il est alors démontré que la sentinelle, non sensible aux données initiales, équivaut à un problème de nulle-contrôlabilité, résolue par une approche variationnelle.

Smahane Saadi (Faculté des Sciences Ben'Msik, Casablanca) a présenté un travail d'aide mathématique à la décision thérapeutique pour le traitement du cancer. Dans cette conférence elle a montré comment la médecine commence timidement à faire appel aux mathématiques pour certains problèmes d'aide à la décision. Le rapprochement entre ces deux disciplines est de plus en plus d'actualité. Dans le cas du cancer, en décrivant le modèle mathématique de la dynamique des cellules tumorales, ainsi que leurs interactions avec les autres cellules et le protocole thérapeutique, on détermine la stratégie de traitement optimal sur une durée de temps finie.

Abdou Sene (Université Gaston-Berger, Saint-Louis, Sénégal) a présenté comment l'approche Lyapunov peut être utilisée efficacement pour stabiliser des systèmes modélisés par des équations aux dérivées partielles. Il a illustré l'intérêt de cette approche sur la stabilisation des équations de Saint-Venant (qui régissent l'écoulement de l'eau dans les rivières) et les équations de Navier-Stokes des fluides incompressibles.



Gauthier SALLET

Session «Mathématiques Appliquées et Épidémiologie»

Gauthier SALLET ¹ & Abdou SENE ²

¹ Université de Lorraine, France

² Université Gaston Berger, Sénégal



Abdou SENE

L'exposé plénier, prévu en début de session par Gauthier Sallet et Abdou Sène, est devenu la conférence inaugurale, en raison de l'absence du ministre Sénégalais de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Mary-Teuw Niane, retenu par le séminaire inter-gouvernemental Franco-Sénégalais.

Mathématiques appliquées et épidémiologie mathématique en Afrique : les problèmes, les défis, les verrous.

Cet exposé a fait le point sur la situation de la recherche en épidémiologie mathématique en Afrique. Les principaux défis et verrous en terme de modélisation mathématique en épidémiologie ont été abordés au cours de cette conférence plénière. Cet exposé a suscité de nombreuses questions. Certaines d'entre elles ont obtenu une réponse détaillée, à l'occasion des diverses interventions dans la session.

La session proprement dite comprenait sept exposés sur des sujets fondamentaux. Chaque exposé a permis de faire le point sur différents problèmes spécifiques à l'Afrique. De nouvelles pistes de recherche ont été présentées.

- Le problème de la spatialisation des modèles a été abordé par l'exposé de Julien Arino (Canada université du Manitoba, Center for Disease Modelling) : *Métapopulations en Épidémiologie*.
- Le contrôle des moustiques, vecteurs de maladie a été traité par Yves Dumont (France, CIRAD) : *contrôle des vecteurs (moustiques) et applications*. Cet exposé a fait une revue des modèles de population vectorielle ainsi que leurs principaux défauts. De nouvelles voies de recherche ont été présentées avec l'objectif d'améliorer les stratégies de lutte anti-vectorielle.
- Les problèmes d'estimation des paramètres inconnus dans les modèles épidémiologiques ont été abordés par l'exposé d'Abderrahman Iggidr (France/Maroc INRIA) : *Utilisation des observateurs en épidémiologie (Théorie du contrôle et épidémiologie)*. Un modèle intra-hôte du paludisme à *Plasmodium falciparum* incorporant le phénomène de séquestration a

été présenté permettant d'illustrer le problème de l'observabilité ainsi que l'identification des paramètres inconnus.

- L'épidémiologie animale et celle des plantes présentent des caractéristiques différentes de l'épidémiologie humaine. L'amélioration de l'élevage et de l'agriculture est un défi que doit relever l'Afrique. L'exposé de Suzanne Touzeau (France, INRA) : *Epidémiologie mathématique : applications en élevage et en culture*, a donné quelques modèles pertinents ainsi que leurs structures particulières, les différenciant des modèles de l'épidémiologie humaine.
- Les modèles épidémiologiques sont complexes et leur simulation est une partie importante de la recherche. Les schémas numériques de certains modèles épidémiologiques peuvent conduire à des incohérences, par exemple une perte de périodicité ou une perte d'équilibre. L'exposé de Jean Lubuma (Congo-Afrique du Sud) : *schémas numériques non standard et modèles épidémiologiques* montre comment on peut bâtir des algorithmes qui engendrent un système discret conservant les propriétés dynamiques du système original.
- Le rôle du coût économique de contrôle d'une maladie infectieuse ne peut être ignoré et il est important vis à vis des décideurs en santé publique. L'exposé de Rachid Ouifki (Maroc/Afrique du sud SACEMA) : *Modélisation de la Trypanosomiase* illustre ce problème. L'impact du climat sur la dynamique des glossines ainsi que la transmission de la maladie aux humains et au bétail (y compris l'impact économique : production de lait, vente de viande...) sont abordés.
- Le mouvement des populations joue un rôle crucial dans le déroulement d'une épidémie. L'exposé de Diene Ngom (Sénégal) : *Be-Codis, un modèle pour prédire la propagation d'une maladie transmissible entre pays. Application à l'épidémie d'Ebola de 2014-2015* aborde précisément cette problématique. Le mouvement des populations, les mesures de prévention ainsi que les paramètres inhérents à chaque pays sont pris en compte.

Session «Mathématiques Appliquées et Ressources marines»



J.-C. POGGIALE

Jean-Christophe POGGIALE ¹ & Djiga THIAO ²

¹ Université Aix-Marseille, France

² CRODT, Sénégal



DJIGA THIAO

La session «Mathématiques appliquées et ressources marines» s'est tenue le mercredi 18 octobre de 14 : 30 à 19 : 00, où 10 exposés ont été présentés pour faire le point sur des problèmes mathématiques en lien avec l'exploitation des ressources biologiques en milieu marin.

Les ressources biologiques marines en Afrique sont sources de nombreux emplois et constituent un enjeu considérable en termes de sécurité alimentaire. Les problématiques associées sont d'ordre écologique, économique et social. La gestion durable de ces ressources nécessite de résoudre des problèmes très variés (optimisation de rendements, estimations de stocks, gestion de la compétition entre flottilles, etc.). Celle-ci doit également s'appuyer sur une meilleure compréhension de la dynamique de la ressource dans son environnement naturel (cycle de vie, comportement, courantologie, interactions biotiques et abiotiques) et sur la définition de critères sociaux et économiques objectifs.

Sur le plan technique, les sciences halieutiques visent principalement à développer des méthodes pour analyser la dynamique d'exploitation des ressources, estimer et suivre le niveau des captures et évaluer l'état et la dynamique des stocks afin d'assurer la gestion optimale et durable. Les mathématiques offrent des concepts et un cadre de pensée qui favorise largement ces développements méthodologiques. Au cours de la session, il y a eu des exposés qui ont porté tant sur l'estimation des stocks et leur dynamique que sur l'optimisation des captures, en tenant compte de facteurs variés (variabilité spatio-temporelle de l'environnement, contraintes économiques, variabilité des prix des ressources, etc.).

L'exposé introductif visait à poser le cadre général et présenter quelques éléments historiques afin de mettre en exergue les challenges actuels, en citant quelques méthodes utilisées, leurs limites et les extensions possibles. A la suite de cet exposé, neuf présentations ont permis d'illustrer à

partir de situations concrètes en Afrique (Maroc, Sénégal, Mauritanie, Afrique du Sud) comment les mathématiques permettaient d'améliorer notre compréhension du fonctionnement de ces systèmes complexes que constituent les environnements naturels des ressources en interaction avec les flottilles.

Estimation des stocks

L'estimation des stocks est sans doute l'un des problèmes les plus difficiles dans la gestion durable de la pêche, compte-tenu de la difficulté d'observation en milieu naturel. La première approche consiste à inférer la biomasse du stock et sa structure en taille/âge à partir des captures effectuées par la pêche commerciale. Compte-tenu des biais évidents et incontournables de cette approche, qui nécessite d'ailleurs des hypothèses fortes sur la distribution spatiale de la ressource (homogénéité, etc.), elle est aujourd'hui complétée par la modélisation mathématique et informatique, ainsi que par le développement d'autres méthodes d'observation des ressources en milieu naturel. L'exposé de Najib Charouki a notamment montré comment ces différentes méthodes permettent d'estimer les stocks sur les côtes marocaines. L'exposé de Djiga Thiao a illustré comment les mathématiques permettent de proposer des stratégies de collecte et d'analyse des données halieutiques en s'appuyant sur des exemples appliqués aux pêcheries sénégalaises.

Modélisation

La modélisation mathématique et informatique est depuis longtemps une composante essentielle de l'halieutique. Elle continue aujourd'hui d'offrir des voies de réflexion et d'intégration de la complexité des systèmes halieutiques. Elle s'étend des modèles relativement simples qui se focalisent sur quelques facteurs (variabilité spatiale, variabilité des prix de vente des ressources, variabilité des comportements des ressources) aux modèles appelés End-to-End qui s'orientent vers une



gestion fondée sur une approche écosystémique (Ecosystem-Based Management). Les exposés de Christophe Lett et de Vamara Koné ont par exemple montré comment le couplage entre modèles physiques (modèle ROMS) et des modèles lagrangiens de transport de particules, permettent de comprendre la dispersion larvaire de petits pélagiques en Afrique du Sud et en Côte d'Ivoire et apportent des éléments de réflexion importants pour une meilleure compréhension du cycle de vie de ces espèces (anchois et sardines notamment). Les exposés d'Ali Moussaoui, de Sidy Ly et de Rachid Mchich ont montré comment les méthodes d'agrégation des variables, en réduisant la complexité des modèles développés, permettent d'apporter des éléments sur l'impact des comportements d'espèces de poissons, du comportement des flottilles pour optimiser les captures. Ces présentations ont également montré l'influence de la dynamique des prix des ressources sur la dynamique des interactions entre ressources et effort de pêche. Enfin, l'exposé de Chakib Jerry a illustré l'apport de la théorie du contrôle optimal sur l'analyse des captures permettant un rendement optimal durable dans le cadre de pêcheries marocaines de petits pélagiques.

Estimation des paramètres des modèles

L'apport des modèles dans les processus d'aide à la décision pour une gestion durable nécessite évidemment une paramétrisation raisonnable et une bonne connaissance des gammes de valeurs des paramètres utilisés. A partir d'une approche bayésienne, l'exposé de Beyah Meisse a illustré comment les mathématiques, et notamment la théorie des probabilités, permettaient de développer des approches efficaces pour une

estimation solide des paramètres d'un modèle de dynamique de population de poulpes exploitée en Mauritanie.

Conclusion

La session a illustré différentes approches allant du contrôle optimal à l'analyse des systèmes dynamiques en passant par la théorie des probabilités ou la simulation numérique de systèmes d'équations différentielles (ordinaires ou aux dérivées partielles), pour améliorer les connaissances et les stratégies de gestion des ressources marines. Un challenge important à relever concerne le développement d'approches permettant d'intégrer et d'analyser la complexité de systèmes essentiellement transdisciplinaires, qui vont de l'étude des ressources (écologie marine) dans leur milieu (océanographie physique) jusqu'aux considérations économiques, sociales et voire juridiques (droit international en milieu maritime), dans un contexte de changement global.



Pierre COUTERON

Session «Mathématiques Appliquées à la production, la dynamique et la diversité des peuplements végétaux»

Pierre COUTERON ¹ & Maurice TCHUENTE ²

¹ Institut de Recherche pour le Développement, France

² TWAS et Université de Yaoundé 1, Cameroun



Maurice TCHUENTE

1. Présentation générale de la session

Cette session avait pour objectif général de présenter les problématiques de modélisation abordées, en référence à l'Afrique, dans un champ thématique, très vaste, correspondant aux peuplements végétaux. Ce dernier est défini par le rôle central joué par la croissance de plantes, ayant des interactions entre elles (logique de peuplement) ou avec leur environnement, biotique comme abiotique. Ce champ apparaît comme jeune et en construction en Afrique du point de vue de la modélisation dynamique. Les approches principales ayant été jusqu'à maintenant surtout inductives et basées sur les statistiques. La formulation de modèles, selon un schéma hypothético-déductif, est plus rare, quoique se développant par rapport à des thématiques diverses, selon des formalismes variés.

La session visait donc, au travers du choix des conférenciers invités, à illustrer la diversité des thématiques concernées (cultures, forêts, agroforêts, savanes, paysages, bassins-versants,...) et des formalismes utilisés : modèles matriciels, statistiques, systèmes d'équations différentielles ordinaires, équations aux dérivées partielles. Ceci, avec l'objectif d'identifier les verrous concernant l'utilisation des modèles pour le développement, de cerner des questions de recherche transversales, et de susciter d'éventuelles futures collaborations parmi les équipes représentées dans l'assistance.

La présentation introductive s'est attachée à rappeler ces objectifs et à introduire les grands enjeux de développement pour lesquels les peuplements végétaux sont centraux : agriculture et sécurité alimentaire, biodiversité végétale, ressources et service écosystémiques des forêts. Les enjeux liés à l'agriculture ont été illustrés par des conférences traitant des modèles d'interactions plantes-insectes (conférence d'Yves Dumont), plantes-vecteurs-maladies-vectorielles (Michael Chapwanya) et plantes-pathogènes (Patrice Takam

Soh). Ceux liés aux végétations non cultivées et aux forêts ont été évoqués au travers de la dynamique des populations d'espèces exploitées dans les forêts tropicales humides (Vivien Rossi). Elles ont aussi été illustrées au travers des grandes incertitudes concernant l'étendue réelle des types de végétations africaines, et des quantités de biomasse et de carbone afférentes. Ces incertitudes incitent à modéliser la dynamique de la végétation et de sa biomasse à des échelles biogéographiques, aux interfaces entre forêts-savanes (conférence d'Alexis Tchuinté-Tamen) et savanes-désert (Mustapha Tlidi).

2. Questions, commentaires et réponses

- Suite à la présentation introductive

Un commentaire concernant le problème de présenter des cartes mentionnant des frontières d'états non consensuelles a été formulé dans l'assistance. Il faut cependant mentionner que les cartes présentées durant la session reprenaient des travaux publiés par d'autres auteurs, qu'il est techniquement, voire même déontologiquement, difficiles de modifier.

Question posée : Est-ce que des modèles de réaction-diffusion ne peuvent pas rendre compte de l'établissement des patrons de végétation évoqués, dans le cas des environnements marqués par l'aridité?

Réponse : Si, tout à fait. D'ailleurs ce sont les formalismes les plus utilisés dans la littérature dévolue au sujet. La question de la pertinence d'un opérateur de diffusion étant cependant discutable dans le cas de la végétation, nous avons évoqué une autre ligne de modélisation qui sera détaillée dans la présentation à venir du Dr Mustapha Tlidi.

- Suite à la présentation d'Yves Dumont

Questions posées : 1- "Comment était préservée la positivité du système ?". 2- A-t-il été possible d'estimer les bassins d'attraction?

Réponses : 1- La positivité est établie dans l'article de Angelov et al. 2017 (Applied Mathematical Modelling, 52 : 437-457). 2- En toute rigueur, cela reste une question à étudier, mais la référence précédente répond partiellement à cette question, grâce à une propriété des systèmes monotones.

- Suite à la présentation de Michael Chapwanya

Questions posées : 1- Comme la méthode n'a été présentée que pour les équations différentielles ordinaires, est-ce que la méthode non-standard des différences finies a aussi été utilisée pour résoudre les équations différentielles partielles? 2- Quelles sont les différences de modélisation entre les termes de "mortalité naturelle des plantes" et de "récolte sanitaire"?

Réponses : 1- Oui, effectivement, et le schéma non-standard utilisé est en cours de publication. 2- Les deux termes sont représentés par deux paramètres différents dans le modèle. La récolte sanitaire est la suppression physique des plantes infectées, et il a pu être établi que la vitesse de l'infection décroît avec l'augmentation de cette récolte.

- Suite à la présentation de Patrice Takam-Soh

Commentaire : On a une forme d'analyse de survie relativement originale, car les covariables dépendent du temps, ce qui n'est pas classique.

- Suite à la présentation d'Alexis Tchuinté-Tamen

Questions posées : 1- Est-ce qu'en considérant la ressource en eau du sol, le modèle prend en compte la topographie? 2 - Est-ce qu'on considère aussi les effets d'érosion liés à cela?

Réponses : Le modèle présenté est minimal et se restreint aux interactions entre deux variables d'état (herbacées et ligneux) en présence de feux. La version du modèle la plus récente utilise une variable climatique, les précipitations totales annuelles, pour paramétrer la croissance des composantes herbacées et ligneuses de la végétation. Ceci revient à supposer un substrat homogène et à ne pas prendre en compte explicitement la ressource en eau du sol et l'influence de la topographie sur cette dernière. L'érosion n'est pas abordée. L'intérêt de l'approche

est de prédire de façon conforme à l'expérience, les physiologies végétales attendues le long d'un gradient climatique, sous la forme d'états stables, pour certains alternatifs (cf. le diagramme de bifurcations et les simulations présentées).

- Suite à la présentation de Vivien Rossi

Question : Les simulateurs forestiers de ce type montrent souvent des variations excessives au travers des premières rotations d'exploitation. Est-ce le cas?

Réponse : Le modèle est de type Markov non-homogène (les transitions dépendent de l'état de la forêt) et ses résultats sont devenus plus stables et réalistes au-delà de la première rotation grâce à une bonne modélisation de la densité-dépendance du recrutement.

- Suite à la présentation de Mustapha Tlidi

Commentaire fait par un auditeur : "L'auto-réplication peut être aussi obtenue au travers de l'approche par automate cellulaire".

Question posée : Quel est le rôle des conditions initiales dans l'obtention de l'auto-réplication des tâches de végétation?

Réponse : Dans le domaine de paramètres qui est favorable à leur existence, les tâches de végétation sont ce qui s'appelle en physique des "structures localisées". Leurs localisations dépendent des conditions initiales. Dans le sous-domaine de paramètres menant à l'auto-réplication, ce processus, en tant que tel ne dépend pas des conditions initiales.



Noura YOUSFI

Session «Mathématiques Appliquées et Santé»

Noura YOUSFI ¹ & Abdeslam BOUTAYEB ²

¹ Faculté des Sciences Ben M'sik, Casablanca, Maroc

² Faculté des Sciences d'Oujda, Maroc



Abdeslam BOUTAYEB

Déroulement de la session

La session a eu lieu le mercredi 18 octobre de 9H à 13H30 à l'Académie des Sciences et Techniques Hassan II, Rabat. Elle a été présidée par Pr. Abdeslam BOUTAYEB et Pr. Noura YOUSFI.

La conférence plénière d'ouverture, intitulée: «Trade-offs between Oncolytic Potency and

Reduced Virus Tumor-specificity in Oncolytic Virotherapy. A Mathematical Modelling Approach» a été animée par le Pr. Rachid OUIFKI de l'Université de Pretoria, Afrique du sud. La présentation a duré 45 minutes et une discussion très intéressante s'en est suivie.

Par la suite, sept conférences invitées se sont déroulées dans l'ordre suivant :

Nom et Prénom du conférencier	Titre de la conférence	Affiliation
M. Ch-Chaoui	Mathematical modeling of immune response against cancer evolution by tools of kinetic theory	Faculté polydisciplinaire de Khouribga, Maroc
A.Lakmeche	Chronic Myeloid Leukemia	Univrsité de Sidi Bel Abbès, Algérie
M. Lamlili	A Mathematical Model with optimal control for the impact of fish consumption and mortality heart disease in Morocco	Faculté des Sciences Oujda, Université Mohamed premier, Maroc
W. Boutayeb	The interaction between glucose, insulin, alpha-cells and glucagon : A mathematical model	Faculté des Sciences Oujda, Université Mohamed premier, Maroc
K. Hattaf	Modeling cell-to-cell transmission and adaptive immune response in HIV infection	CRMF de Casablanca, Maroc
My H. Hbid	State dependent delay differential equations arising in biological, medical and social complex systems	LMD, Marrakech, Maroc
M.A. A. Alaoui	Synchronization of complex network of reaction-diffusion systems of Fitz-Hugh-Nagumo type. Application to neurosciences	LMAH, Le Havre, France

Tous les résultats trouvés ont été agrémentés par des simulations numériques. Ce qui a permis d'apporter un éclairage conséquent sur les modèles présentés.

Bilan

Les conférences ont été présentées de manière claire et très professionnelle. Elles ont suscité des débats très riches. Les problèmes soulevés ont permis d'établir un certain nombre de perspectives à de futurs travaux de recherche et de connexions entre les chercheurs de différents pays, particulièrement d'Afrique et d'Europe. Certaines remarques ont été faites sur le choix du modèle; la source des données; la validité du modèle présenté; la sensibilité des paramètres ou encore la comparaison avec des résultats issus de l'expérimentation.

Conclusion

La session «Mathématiques Appliquées à la Santé» de la Conférence Internationale «Mathématiques Appliquées aux questions de DEVeloppement» a rencontré beaucoup de succès. Les présentations sont d'un bon niveau scientifique, d'un apport certain et d'une meilleure compréhension de certains modèles mathématiques en santé.

La présence à la session d'une centaine d'enseignants chercheurs, Docteurs et Doctorants a permis un débat très fructueux et des échanges scientifiques entre chercheurs seniors et juniors.

Les présents ont unanimement exprimé leur satisfaction quant aux travaux de ces journées et ont remercié vivement les organisateurs en souhaitant se retrouver dans une prochaine édition de MADEV.

Session «Mathématiques Appliquées et Economie»



GAËL GIRAUD ¹



ODILE MACCHI ²



ADRIEN NGUYEN HUU ³

¹ Agence française de développement, France - ² Académie des Sciences, France - ³ Montpellier, France

La session économie a eu lieu le mardi 17 octobre au matin à l'académie du Royaume du Maroc (notes prises par Pierre-Jean Cottalorda)

Odile Macchi, Membre de l'Académie des sciences de France, a introduit cette session, mentionnant son principal organisateur Adrien Nguyen, économiste, qui avait invité la plupart des orateurs mais était malheureusement empêché pour des raisons familiales.

Gaël Giraud : GEMMES, a dynamical system model for development, economics and climate

Gaël Giraud, économiste en chef de l'Agence Française de Développement, a ouvert la session par une magnifique synthèse sur la faillite des modèles économiques mondiaux actuels et par la proposition d'un modèle réaliste tenant compte des déséquilibres. Il a montré que les modèles économiques théoriques actuellement utilisés par de nombreuses administrations ne permettent pas de prédire quoi que ce soit car malheureusement ils s'appuient sur une hypothèse d'équilibre tout-à-fait irréaliste. Son impressionnante démonstration partait de deux observations paradoxales :

- Le crédit bancaire a une influence majeure sur le taux d'emploi, or on peut assister à une très forte expansion monétaire sans tensions inflationnistes;
- L'accroissement de la dette devrait augmenter le spread, mais on assiste (aux USA depuis 2008) à sa baisse.

Ces paradoxes sont incompatibles avec les modèles classiques, ceux qu'utilisent quasi-toutes les institutions financières dans le monde. L'orateur a illustré son propos par les nombreux échecs des modèles standards, notamment en Grèce. Les racines de ces échecs se trouvent dans leur irréalisme multiple :

- on y suppose que toutes les variables sont toujours à l'équilibre, ce qui empêche de décrire des trajectoires hors équilibre, alors que des chocs exogènes inexorables en font sortir ;
- les anticipations des agents sont supposées rationnelles, ce qui n'est pas sûr du tout ;
- les rendements d'échelle sont supposés décroissants, mais ce n'est pas toujours le cas, dans l'industrie mais aussi le numérique, les énergies vertes, etc. ;
- les modèles comportent une confusion majeure entre banque et institution financière non bancaire, alors que les banquiers créent de la monnaie ;
- les inégalités sont supposées n'avoir aucune influence sur l'économie, ce qui est faux ;
- l'énergie et les ressources n'ont pas d'impact sur la modélisation comme si on pouvait produire du PIB sans énergie ;
- les boucles de rétroaction climat quand elles existent, sont inoffensives ;
- l'oubli du théorème Sonnenschein–Mantel–Debreu, critique mathématique fondamentale des fondations micro-économiques des modèles macro-économiques. Notamment, au niveau macroéconomique, il y a de l'émergence.

A partir de ce constat, Gaël Giraud a présenté le modèle GEMMES développé par l'AFD :

- il combine trois sources majeures d'instabilité : climat, finance et inégalités;
- il développe des systèmes dynamiques non-linéaires.

Il en découle des recommandations politiques pour le protocole de la COP21. Gaël Giraud a aussi traité la question de la raréfaction des ressources naturelles, le recyclage n'étant pas une solution définitive, juste un moyen de retarder un peu l'échéance.

La modélisation présente plusieurs traits importants: la rationalité des agents n'est pas parfaite, mais limitée; elle est «stock-flow consistent»; elle permet de formaliser l'approche de Minsky à partir d'une relation prédateur/proie de type Lotka-Volterra; elle inclut la dynamique de la dette; les «business cycles» y sont endogènes; enfin il y a plusieurs équilibres de long terme.

De nombreuses extensions sont possibles, par exemple selon des enjeux liés au climat, dont Gaël Giraud a fait une liste complète. En tenant compte du réchauffement climatique, le bassin d'attraction se rétrécit, et devient plus difficile d'accès. Malheureusement la situation actuelle ne correspond pas au bassin d'attraction des 2°C : il faudrait notamment des salaires plus hauts et moins de chômage. Il faudra fournir de gros efforts pour y arriver et ainsi éviter une catastrophe.

Gaël Giraud a ensuite établi un lien entre la modélisation économique et la thermodynamique, en montrant que les modèles classiques violent les 2 premières lois (on ne fait pas de prospérité sans dissipation d'énergie). L'élasticité du PIB par rapport à la dissipation d'énergie serait de 40 à 60% et non 8 à 10%, donc beaucoup plus importante que prévu jusque-là. En outre il met aussi en évidence le «phénomène de la reine rouge» selon lequel, si on extrait trop vite, on épuise les ressources (pincement de potentiel) mais on ne produit pas plus : ce pourrait bien être l'une des raisons majeures d'effondrement des civilisations. Il y aurait un niveau optimal d'entropie à respecter.

Gaël Giraud a conclu sa présentation sur les outils à disposition pour agir contre le dérèglement climatique, la surexploitation des ressources ou encore la croissance des inégalités humaines. Il propose notamment le recours au contrôle optimal à partir de divers éléments : les taxes, les investissements publics, les subventions (pour la puissance publique), puis des paramètres qui encadrent l'activité économique comme le ratio des réserves des banques. En réponse à une question, il suggère également que la théorie de la viabilité pourrait être une étape suivante de modélisation.

Cette présentation extrêmement claire propose un changement de paradigme macroéconomique, seul capable de répondre à des paradoxes persistants et très handicapants, voire catastrophiques, pour le développement humain.

Nerry Christelle MAKOUTCHOUOP : Modélisation bioéconomique du potentiel de diversification des cultures vivrières au Cameroun.

A la suite de crises mondiales dans les années 80, et alors que la Cameroun était l'un des leaders mondiaux dans la production de cacao, il a fallu diversifier les cultures, notamment pour améliorer les conditions de vie des producteurs.

L'objectif du modèle bioéconomique présenté est d'estimer les combinaisons optimales des ressources qui maximisent la production des cultures vivrières.

A partir de la collecte de données dans des jeunes cacaoyères diversifiées, pour trois types de ménages, l'auteur propose une analyse économétrique pour estimer les fonctions de production et d'utilité, toutes deux de type Cobb-Douglas. Il s'agit ensuite de mettre en place un programme de maximisation de ces utilités, sous les contraintes productives. Les conclusions sont les suivantes :

- l'utilisation optimale des ressources favorise l'obtention de bons rendements en cultures vivrières;
- le respect des quantités consommées recommandées permet aux trois catégories de ménage d'obtenir une satisfaction maximale.

Dans les questions, il a été noté qu'à la place d'une fonction de production de type Cobb-Douglas on pouvait aussi utiliser une fonction CES.

Mamadou Abdoulaye Konte : Dynamic of Consumption Price Index in Senegal: Does the rainfall matter?

M. Kone a présenté un travail d'économétrie sur le lien entre la pluviométrie et le niveau général des prix au Sénégal. L'agriculture est principalement de subsistance, et occupe quasi 50% de la population active, représentant 14% du GDP. En lien avec les

pluies M. Mamadou Kone propose un modèle discret qu'il estime à partir des méthodologies AR et ECM.

La principale conclusion tient à la place des ressources de pluies qui doivent donc être très sérieusement considérées. Il convient notamment de mettre en œuvre des outils de gestion et stockage de cette ressource pour éviter l'impact des chocs.

Marie-Hélène Durand "How much can we consume? Intergenerational equity, a viability approach"

Mme Durand revient sur le conflit d'intérêt pour le partage des ressources et la création de richesses : il n'y a pas de réciprocité entre les générations, c'est uniquement dans un sens.

Pour cette question de l'équité intergénérationnelle, elle propose une approche très normative et axiomatique pour ne pas empêcher l'amélioration du bien-être des générations futures ni sacrifier la génération actuelle. Le cadre s'énonce ainsi :

- horizon infini (on ne va pas arrêter l'humanité à partir d'une certaine date) : qu'est-ce qu'on peut préserver à l'infini? Comment répartir?
- conflit d'intérêt entre les générations.

Cette ancienne question est un peu spéculative mais les motivations sont très concrètes. Elle est formalisée dans Ramsey 1928, puis reprise par Solow et Stiglitz avec le problème de l'épuisement des ressources, enfin par Asheim sous l'énoncé de la «sustainability». Un planificateur social va mettre en œuvre la solution optimale en répertoriant toutes les trajectoires, pour les comparer et sélectionner la meilleure.

On peut définir trois critères principaux de sélection :

- maximin de Rawls
- «time discounted utilities» et ses variantes, souvent très décriées car fonction du taux d'intérêt. Ainsi un taux d'intérêt très faible avantage les générations futures et inversement.

- «rank discounted utilities» : toute la trajectoire de bien-être est considérée, les utilités étant ordonnées par rang. Cela est difficile à mettre en œuvre.

Toutes ces approches sont conséquentialistes, là où l'approche normative permet de partir de conditions d'équité fixées en amont. Aucune n'est pleinement satisfaisante.

L'auteur définit un modèle d'accumulation de capital avec une ressource épuisable, selon deux conditions : anonymat (aucune génération ne doit être discriminée), efficience au sens de Pareto.

Marie-Hélène Durand calcule un noyau de viabilité et vérifie que les contraintes en sont toujours respectées. Elle montre qu'on peut calculer de manière algorithmique une fonction d'équité. Cette approche apporte une vraie complémentarité avec la première présentation.



F. LAMNABHI-LAGARRIGUE

Session «Mathématiques Appliquées et Énergie»

Françoise LAMNABHI-LAGARRIGUE ¹, Godpromesse KENNE ²

¹ CNRS, France

² Université de Dschang, Cameroun



Godpromesse KENNE

Courte introduction par Françoise Lamnabhi-Lagarrigue : *«Ce thème concerne la production, le transport et la gestion de l'énergie en tenant compte le plus possible des énergies renouvelables. Il est très critique actuellement partout dans le monde et en particulier en Afrique. Chacun sait que le potentiel d'énergie renouvelable est énorme en Afrique et que, d'un autre côté, la demande en électricité est extrêmement importante. Cependant, la technologie à ce jour est très loin d'être maîtrisée. Les mathématiques permettent et permettront de développer ces technologies. Ce qui, à l'inverse, est aussi remarquable, et en particulier pour nos jeunes chercheurs, c'est la possibilité de lever des problèmes mathématiques fondamentaux, à partir des problématiques physiques complexes, exactement comme cela a été dit ce matin par Gauthier Sallet et Abdou Sene pour le domaine de l'épidémiologie. Donc ce sont ces échanges constants entre mathématiques et contexte réel qui, sans aucun doute, permettront des avancées technologiques puissantes, robustes et économiquement viables.»*

Conférence Plénière: Challenges of mastering the energy sector for development in Africa.

Françoise Lamnabhi-Lagarrigue (CNRS-INS2I-L2S, Université Paris Saclay, Centrale Supélec, France) et **Godpromesse Kenne** (University of Dschang, Cameroon).

Question relative à la formation dans le secteur des énergies renouvelables et la maîtrise de la technologie (modélisation) du matériel dans ce secteur en Afrique.

Éléments de réponse formulés : Il existe déjà des formations en énergie renouvelables en Afrique dans les cycles de Licence et Master. Mais le nombre de ces formations est relativement faible sans doute parce que le secteur des énergies renouvelables n'est pas encore très développé.

Les travaux sur la modélisation du matériel du secteur des énergies renouvelables ont aussi commencé et on note des avancées au niveau du dimensionnement des systèmes hybrides. Les contributions des conférences invitées de cette session vont permettre de mieux apprécier l'état d'avancement des travaux dans ce secteur.

Conférences invitées :

1- Distributed generation : renewable energy source integration by Micro-Grids.

Gilney Damm (Université d'Evry Val d'Essonne, France)

La **question** était de savoir si l'industrie était intéressée par ce travail et si des collaborations avec des partenaires industriels pouvaient être établies.

Éléments de réponse formulés : L'industrie s'intéresse beaucoup au contrôle des réseaux électriques, en particulier l'intégration des sources d'énergie renouvelable et l'utilisation des micro-réseaux insulaires pour atteindre cet objectif. À titre d'exemple, parmi mes 5 doctorants actuels, 4 sont en co-direction avec l'industrie, et le 5ème est dans un sujet prospectif qui est déjà en discussion avec certains partenaires industriels et devrait intégrer une nouvelle collaboration. De même, nous venons de soumettre un projet européen avec 19 partenaires de 6 pays, dont 5 sont de très grandes entreprises, 9 PME et 5 partenaires universitaires / publics. Les résultats théoriques sont ensuite vérifiés en laboratoire sur bancs d'essai, puis testés dans des démonstrateurs à grande échelle. La plupart des résultats ont été publiés comme articles scientifiques et pour certains des brevets ont été déposés.

2- An approach on optimized energy management for standalone PV system with application of validated mathematical models.

Smal Semaoui (Division Photovoltaïque, Centre de Recherche sur les Energies Renouvelables, Alger, Algérie)

Question : Est-ce qu'il y a une sollicitation de la part des industriels pour ce type d'application?

Éléments de réponse formulés : Dans le contexte Algérien, l'orientation est actuellement vers les grandes centrales photovoltaïques connectées aux réseaux électriques de grande puissance. L'approche présentée, destinée beaucoup plus aux systèmes PV autonomes, n'est pas encore soutenue financièrement par les industriels. Cette étude est cependant appuyée par le gouvernement, dans mon Centre de Recherche, car elle requiert beaucoup d'intérêt pour la gestion future de sites isolés.

3- Increasing electricity access in remote villages using Photovoltaic/Diesel Hybrid Systems.

Eustace Mbaka Nfah (University of Bamenda, Cameroon)

Question : N'y a-t-il pas d'autres options?

Éléments de réponse formulés : Le but principal de mon travail est d'encourager l'achat et l'installation de composants PVHS (Photovoltaic/Diesel Hybrid Systems). Il s'agit de minimiser les dépenses sur les projets photovoltaïques autonomes en cours au Cameroun. D'autres options d'alimentation existent, telles que la gazéification de la biomasse pour produire du gaz de synthèse qui peut être utilisé pour la production d'électricité. Les digesteurs de biogaz peuvent transformer les déchets de bovins et de porcs en biogaz, qui peuvent être utilisés pour générer de l'électricité en utilisant des générateurs de biogaz. Le défi consisterait à mettre au point des gazéificateurs de biomasse et des digesteurs de biomasse capables de produire suffisamment de gaz de synthèse ou de biogaz pour des générateurs de 2,5 kW à 25 kW. Les jeunes chercheurs africains pourraient s'inspirer des pratiques en Inde, au Népal et au Bangladesh. La principale difficulté est ici le capital nécessaire pour les installations expérimentales.

Question : Est-ce qu'il y a une sollicitation de la part des industriels pour ce type d'application?

Éléments de réponse formulés : Non. Les résultats obtenus pour les émetteurs-récepteurs MTN ont été soumis à l'entreprise après la publication et il n'y a pas de retour d'information. Cependant, les travaux publiés étaient basés sur une approche numérique prenant en compte les heures annuelles désirées du générateur diesel.

Question : Y a-t-il une implémentation pratique en vue?

Éléments de réponse formulés : Il y a la possibilité de construire un projet pour l'hôpital de district de Tubah, situé dans la sous-division Tubah de la division Mezam dans la région du nord-ouest du Cameroun. Cela fournira l'éclairage dans les salles de patients, les maternités, la salle d'opération et les résidences des médecins pendant les coupures de courant. L'hôpital de district fournit des services de soins de santé à trois villages et à l'Université de Bamenda, qui compte environ 20 000 étudiants. L'approche de dimensionnement proposée dans cette communication peut être utilisée pour évaluer un PVHS optimal pour cet hôpital. Le financement du projet peut alors être augmenté pour réaliser une installation comme celle actuellement utilisée sur l'île de Kythnos en Grèce.

4- Optimization of absorption systems: case of the refrigerators and heat pumps

Réné Tchinda (University of Dschang, Cameroon)

Question : Quelle est la différence entre le coefficient de performance (COP) et l'efficacité ?

Éléments de réponse formulés : Le coefficient de performance du système d'absorption est l'efficacité de ce système d'absorption.

Question : Quelles sont les perspectives et surtout les défis mathématiques?

Éléments de réponse formulés : L'analyse de la stabilité locale de deux, trois ou quatre sources d'absorption des réfrigérateurs et des pompes à chaleur fonctionnant au coefficient de performance écologique maximal, sera effectuée dans nos futurs travaux. Il serait intéressant de développer le modèle mathématique de gestion de toutes les sources d'énergies dans un pays africain.

5- Solar powered cellular networks: issues, challenges and solutions

Biplab Sikdar (National University of Singapore, Singapore)

Question : L'impact économique positif de l'introduction de réseaux cellulaires dans des endroits reculés devrait-il être pris en compte lors de la décision d'introduire des réseaux?

Éléments de réponse formulés : Il y a certainement un impact positif sur l'économie (par exemple la création d'emplois) lorsque les technologies de l'information et de la communication sont introduites dans une zone. Dans une large mesure, c'est au gouvernement de le reconnaître et de contribuer à promouvoir l'introduction de telles technologies en offrant des incitations appropriées telles que des allègements fiscaux.

Question : Qu'en est-il du coût d'élimination des vieilles batteries dans le cadre d'optimisation?

Éléments de réponse formulés : Ceci doit absolument être ajouté. Le coût de la batterie tel qu'il est inclus dans le cadre d'optimisation peut être interprété de manière à inclure à la fois le coût d'achat et celui de l'élimination.

Question : Dans quelle mesure les modèles de Markov pour l'irradiation solaire sont-ils appropriés?

Éléments de réponse formulés : Il existe un certain nombre de modèles d'irradiation solaire présentant chacun des avantages et des inconvénients. Les modèles de Markov peuvent capter la variabilité, tant que le nombre d'états est suffisant. Mais en augmentant le nombre d'états, on augmente la complexité de calcul.

«Les Mathématiques en tant que technologie émergente»

Conférence satellite organisée dans le cadre du 9^{ème} Congrès Pan Africain des Mathématiques PACOM (2017), en collaboration avec l'Université Mohammed V de Rabat et l'Union Mathématique Africaine



**Allocution du Professeur 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 importante Conférence sur le thème "Les Mathématiques en tant que technologie émergente", organisée par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques en collaboration avec l'Université Mohammed V de Rabat et l'Union Mathématique Africaine, et qui se tient dans le cadre du 9^{ème} Congrès Pan Africain des Mathématiciens (PACOM 2017). L'importance de ce Congrès est rehaussée encore davantage par la sollicitude dont l'a entourée Sa Majesté le Roi Mohammed VI, que Dieu Le Garde, en lui accordant Son Haut Patronage, signe de la part de Sa Majesté que la sollicitude de la science et des Hommes de science est une des traditions fondamentale dans l'histoire de notre pays. Je voudrais saisir cette occasion pour exprimer ma profonde gratitude à Sa Majesté le Roi Mohammed VI, que Dieu le glorifie, pour Sa Haute sollicitude pour cette manifestation et pour Sa volonté indéfectible d'œuvrer sans relâche au renforcement des liens de coopération exemplaire et séculaire entre nos pays africains et au confortement des rapports de convivialité et de fraternité entre les peuples africains et ce dans le cadre d'un partenariat stratégique, multiforme et volontariste.

Je remercie également vivement toutes les personnalités présents parmi nous, et féliciter les organisateurs et plus particulièrement Madame le Professeur Nouzha El Yacoubi, cheville ouvrière

de cette rencontre, et Présidente du Comité Local d'Organisation du PACOM 2017, pour le choix du thème de cette Conférence amplement justifié par l'importance de des mathématiques dans l'innovation technologique et le développement économique.

Cette Conférence est certainement une excellente opportunité pour débattre et réfléchir sur l'évolution des mathématiques aujourd'hui et sur leur contribution dans l'innovation technologique et le développement économique. C'est aussi une occasion pour renforcer davantage les relations de coopération scientifique 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 : le commerce, la gestion des récoltes, la mesure des surfaces, la prédiction des événements astronomiques, et parfois l'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. Apparemment, 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

(*) Allocution donnée lors de la Séance d'Ouverture de la Conférence sur le thème : "Les Mathématiques en tant que technologie émergente", Siège de l'Académie, Rabat, 5 juillet 2017.

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 de l'application des mathématiques 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, les mathématiques sont devenues un outil transversal pour l'avancement de la technologie et de l'innovation. Au-delà de l'enseignement et du simple intérêt de l'avancement de la science et de la connaissance, les mathématiques jouent un rôle de plus en plus fondamental dans le développement économique et technologique. De nos jours, de nombreux problèmes en économie, en biologie, en santé, en communications, en énergie etc., sont décrits par des équations ou des modèles mathématiques. Et pour étudier ces problèmes de manière rigoureuse et efficace il faut faire des maths ! Il faut savoir utiliser les outils mathématiques existants, mais aussi développer de nouveaux outils, et il faut donc faire de la recherche. Car ce qui s'écrit en langage mathématique doit être étudié avec les outils que cette science possède ou développe.

Une autre raison importante pour laquelle les mathématiques sont indispensables pour l'étude des problèmes liés au développement économique et technologique est que désormais le design de nouveaux produits industriels est le plus souvent réalisé à l'aide de modélisation mathématique et de simulation numérique et non plus avec la réalisation des prototypes bien plus coûteux ou irréalisables.

Les mathématiques sont devenues aussi un outil indispensable dans l'activité financière et notamment bancaire; tant au niveau de la modélisation et de la simulation de l'industrie financière qu'au niveau de la gestion du risque. Cette activité, comme vous le savez aussi, connaît aujourd'hui un essor profond et se détache à présent de ses points d'ancrage classiques pour prendre une entière autonomie en faisant appel à des théories nouvelles et complexes telles que le calcul stochastique, la statistique et l'analyse fonctionnelle.

Tout ça pour dire que contrairement à ce que peuvent penser certaines personnes, la recherche mathématique est aujourd'hui plus vivante que jamais, et cela en grande partie parce qu'elle doit répondre aux nombreux défis posés par l'avancement technologique de nos sociétés. Les mathématiques sont vraiment le langage de l'innovation et la clé des technologies émergentes, et si nos pays veulent véritablement assurer un développement économique à leurs sociétés, ils doivent investir massivement dans l'éducation de nos élèves et nos étudiants, en particulier en mathématiques.

Mesdames et Messieurs,

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 mathématiques dans nos 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, 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 outil 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.

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 nos pays respectifs.

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.

Conférence donnée par M. Abdellatif Jouahri

Wali de Bank Al-Maghrib

(Gouverneur de la Banque centrale marocaine)



Mme la Présidente de l'Union des Mathématiciens Africains,

Monsieur le Secrétaire Perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques,

Messieurs les présidents,

Mesdames, Messieurs

Tout au long de ma carrière de plus de 50 ans maintenant, j'ai été amené à participer à des dizaines de colloques et de conférences pour discuter de développements économiques, financiers, monétaires ou sociaux. Prendre part à cette rencontre prestigieuse sur un thème centré sur les mathématiques en tant que technologie émergente, en apparence assez loin des préoccupations directes des banques centrales, est donc pour moi un réel plaisir.

Je dois saluer les organisateurs qui ont commencé à donner au Congrès Pan Africain des Mathématiciens, traditionnellement réservé aux chercheurs et enseignants de la discipline, une dimension plus perceptible et finalement plus attrayante pour le grand public. Faire parler des décideurs économiques et des chefs d'entreprises dans une de vos manifestations sur les mathématiques est l'une des meilleures façons de mettre en exergue et d'expliquer dans la pratique le rôle et l'apport de la discipline.

Mesdames, Messieurs

Pour quelqu'un comme moi, habitué à parler de richesse nationale et de valeur ajoutée, il est naturel que je commence par rappeler quelques indicateurs chiffrés sur une partie de la contribution économique des mathématiques. Je citerai à cet égard les résultats de deux récentes études. La première, évoquée dans la note de présentation de la conférence, a été réalisée en France en 2015 et a révélé que la recherche mathématique est à l'origine de 9% des emplois et de 15% de la richesse nationale. La seconde, au Royaume-Uni, a estimé la contribution directe de la recherche en sciences mathématiques en 2010 à 10% de l'emploi total et à 16% de la valeur ajoutée. Les secteurs les plus concernés en termes d'emploi sont l'informatique, l'administration publique et la défense, les activités d'architecture et de conseil technique, la construction et l'éducation. En termes de valeur ajoutée, les contributions les plus significatives sont quand même réalisées dans le secteur financier. Les résultats de l'étude indiquent également que la productivité des emplois dans les mathématiques est deux fois plus élevée que la moyenne globale.

Mesdames, Messieurs

Je voudrais maintenant, en ma qualité de banquier central, illustrer par quelques exemples concrets, la contribution des mathématiques au travail d'une banque centrale comme Bank Al-Maghrib. Il est à rappeler à cet égard que l'une de nos principales missions est l'élaboration et la conduite de la politique monétaire.

Comme vous le savez, l'objectif final de la politique monétaire est d'assurer la stabilité des prix à moyen terme. Le principe consiste à évaluer ce que nous appelons dans notre jargon les pressions inflationnistes et agir en conséquence sur nos instruments d'actions, principalement le taux directeur.

Evaluer les pressions inflationnistes suppose une connaissance et une compréhension profonde du fonctionnement de l'économie et une capacité à prévoir son évolution à moyen terme. Nos analyses reposent sur des modèles comportant un grand nombre d'équations mathématiques qui schématisent de la manière la plus fidèle possible le comportement des agents et leurs interactions, ainsi que les liens entre différents secteurs et marchés. Ces outils nous permettent non seulement d'élaborer des prévisions économiques, mais également de comprendre comment nos décisions se transmettent et impactent l'économie, ce qui nous donne la possibilité de mieux cibler et de mieux doser nos actions.

Le développement de ces outils allie des techniques et des disciplines mathématiques variées telles que la statistique, l'économétrie, les processus stochastiques ou les algorithmes d'optimisation et j'en passe.

Grâce aux innovations importantes que connaissent ces différents domaines et outils, nous nous adaptons à la complexification et l'imbrication croissantes de l'économie aussi bien sur le plan interne qu'externe. En conséquence, nous fondons de mieux en mieux nos décisions qui, comme vous le savez, ont des conséquences significatives sur la croissance et sur le développement. C'est ainsi qu'en 2014, nous avons engagé un chantier de mise à niveau de notre système d'analyses et de prévisions qui a duré plus de deux ans et durant lesquels nous avons été accompagnés par des institutions internationales qui ont mobilisé des experts de haut niveau dont certains sont d'éminents mathématiciens.

Les mathématiques constituent également notre principal outil pour produire, traiter et exploiter les données. Nous recourons ainsi aux techniques statistiques et à des programmes informatiques sophistiqués pour le maintien et l'exploitation d'importantes bases de données. Nous produisons ainsi une multitude d'indices et d'indicateurs synthétiques qui nous permettent d'assurer un suivi régulier des différentes composantes de l'activité économique.

Plus globalement, ce que les Nations Unies appellent la révolution des données pose aujourd'hui un défi majeur. S'il est vrai que les Big

Data n'obéissent pas toujours aux exigences et à la rigueur de la statistique officielle, elles renferment néanmoins des informations précieuses, souvent précoces qui permettent d'anticiper et d'agir à temps. Le développement d'algorithmes et de solutions mathématiques pour extraire les enseignements pertinents est aujourd'hui l'un des domaines où il y a le plus d'innovation.

La digitalisation, qualifiée souvent de quatrième révolution industrielle, représente également l'une des applications intenses de l'innovation mathématique. Elle offre certes beaucoup d'opportunités, mais nous met en parallèle face à de nouveaux défis. Je pense en particulier aux risques de la cybercriminalité et à ses conséquences sur les institutions financières y compris les banques centrales. Pour s'adapter aux mutations et bouleversements qu'elle induit, nous travaillons, en ce qui nous concerne, pour l'élaboration d'une feuille de route axée notamment sur l'adaptation de nos systèmes d'information et sur le renforcement de nos dispositifs de prévention des risques.

Au total, nous n'avons pas encore essayé de quantifier la valeur ajoutée des mathématiques dans notre domaine, mais je peux vous dire qu'elle est significative. La preuve en est que nous lui consacrons une part importante de nos ressources humaines et financières.

Mesdames, Messieurs

Dépassant le cadre des banques centrales, la formalisation mathématique de l'économie est une orientation générale qui a commencé de manière tangible lors de la deuxième moitié du 20^{ème} siècle. Un courant de la discipline préconisant la modélisation de la théorie économique a émergé progressivement et est devenu au fil du temps prédominant. Si vous faites lire les articles publiés dans les revues de sciences économiques d'aujourd'hui à un économiste du 19^{ème} siècle, il lui serait difficile de s'y retrouver. D'ailleurs, ce n'est pas par hasard qu'un grand nombre de lauréats du prix Nobel de l'économie sont des mathématiciens à l'origine, de Keneth Arrow (1972) à John Nash (1994) et aux tous derniers comme Jean Tirole (2014) ou Oliver Hart (2016).

Les économistes spécialisés dans la finance ont été parmi les pionniers dans ce processus, avec notamment le développement du modèle

de Markovitz dans les années 50 et des formules de valorisation des produits dérivés dans les années 70.

Au cours des dernières décennies, la tendance s'est quasiment généralisée, la recette classique repose sur une modélisation poussée du monde réel et d'hypothèses sous-jacentes fortes dont la plausibilité est parfois largement discutable. Celles-ci assimilent en général le décideur économique à un individu parfaitement rationnel capable d'exploiter efficacement l'information disponible pour atteindre ses objectifs. Ses choix et ses décisions sont ainsi obtenus à travers la résolution de problèmes d'optimisation mathématique complexes.

Outre l'approfondissement de la compréhension du fonctionnement de l'économie, les mathématiques ont permis d'enrichir la discipline et ont contribué au développement des marchés. Elles ont permis l'émergence de branches entières comme la théorie des jeux qui facilite la compréhension des mécanismes de la concurrence ou de la négociation des contrats. De même, c'est le développement de la statistique, combiné à la disponibilité croissante des données, qui a permis l'essor actuel de l'économétrie, une branche qui donne à la science économique une dimension empirique. Par ailleurs, c'est la mathématique qui a permis la valorisation des produits dérivés dont les échanges ont connu en conséquence un développement considérable depuis les années 70.

On serait donc tenté de conclure en reprenant la fameuse citation du mathématicien allemand David Hilbert selon laquelle «la Science est bien la fille des mathématiques» que ces dernières ont depuis quelques décennies une nouvelle fille, la science économique.

Mesdames, Messieurs

Ceci étant, les mathématiques sont la science la plus exacte, alors que l'économie reste nécessairement orientée par le comportement humain, qui, il est clair, ne peut prétendre à la rationalité parfaite.

La beauté des solutions auxquelles la formalisation mathématique aboutit ne doit pas éclipser le fait qu'elle reste une approximation souvent large du monde réel et que par conséquent, ses résultats peuvent sensiblement s'écarter de la réalité.

Ces dernières décennies, plusieurs crises et développements sont venus alerter et avertir que ces modèles ne sont pas infallibles. D'ailleurs, la crise de 2008, dont le monde continue toujours de subir les implications, a jeté un doute sérieux sur la fiabilité des modèles économiques utilisés et sur leur capacité à éclairer la prise de décision. Ces outils, même les plus sophistiqués, n'ont pas permis de voir venir la chute. Au contraire, à la veille du crash, les économistes faiseurs d'opinion étaient des plus rassurants. Un célèbre professeur à MIT à l'époque et économiste en chef du FMI par la suite, écrivait en 2008 qu'après les divergences des années 70, une vision partagée des fluctuations économiques et des méthodologies a émergé au fil du temps et que «l'état de la macroéconomie est bon». Une quasi-unanimité se dégageait sur les vertus du capitalisme à outrance, de la dérégulation et de la loi des marchés. Le monde s'apprêtait dans les faits à vivre dans les quelques mois qui suivirent la pire crise financière et économique depuis celle des années 30.

Le doute autour de la fiabilité des modèles mathématiques et de leur capacité de prévision ne constitue nullement une menace pour la place et le rôle des mathématiques dans le domaine économique. C'est plutôt un rappel pour nous que le comportement humain ne peut être totalement appréhendé à travers des équations mathématiques aussi sophistiquées soient-elles. Cela devrait nous conduire plutôt à une utilisation plus prudente, davantage indicative qu'affirmative de ces outils. L'homme reste après tout un mélange de rationnel et de subjectif, avec une bonne dose d'imprévisibilité.

Mesdames, Messieurs

Je vais m'arrêter là. Certainement, je n'ai pas été exhaustif sur la contribution des mathématiques, mais des quelques exemples présentés, le rôle de ces dernières ressort de manière claire et concrète pour un pays en émergence comme le nôtre, un rôle qui reste crucial dans la compréhension de la réalité et le renforcement du bien-fondé de la décision dans des domaines comme le nôtre.

Les doutes que je viens d'évoquer sont in fine une attitude saine, c'est ce qui nous permet de nous améliorer en continu. Après tout, les banques centrales aussi de leur côté passent une bonne partie de leur temps à expliquer pourquoi elles se sont trompées.

Je vous remercie.

”Les mathématiques en tant que technologie émergente” (Mathlogy)



Rapport succinct de la conférence satellite

Nadia RAISSI

Université Mohammed V, Rabat



KINGDOM OF MOROCCO



HASSAN II ACADEMY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY



African Mathematical Union

La Conférence satellite : ”Les mathématiques en tant que technologie émergente” (Mathlogy), a été organisée dans le cadre du 9^{ème} Congrès Pan Africain des Mathématiciens PACOM 2017 par l’Académie Hassan II des Sciences et Techniques, l’Université Mohammed V de Rabat et l’Union Mathématique Africaine.

L’ouverture de la conférence a été présidée par le Professeur Saaid ElAmzazi, président de l’Université Mohammed V à Rabat, et animée par le professeur Omar Fassi-Fehri Secrétaire Perpétuel de l’Académie Hassan II des Sciences et Techniques, Mr Abdellatif Jouahri, wali de Bank Al Maghrib, qui a notamment souligné l’usage accru des modèles mathématiques dans les prévisions économiques et l’évaluation des principaux indicateurs de la finance.



Ont suivi deux conférences, la première animée par le Pr. Bousmina, chancelier de l’Académie Hassan II des Sciences et Techniques, après

avoir souligné les besoins en développement du continent africain, le rôle des mathématiques et des technologies intimement liées, lesquelles ont bouleversé la face du monde par leur usage.

Le professeur Olivier Goubert, représentant de l’Agence pour les Mathématiques en interaction avec l’entreprise et la société (AMIES-France) a pour sa part énuméré les programmes et collaboration entre les universités et le monde socio-culturel.

La programmation de la Conférence satellite Math-Logy comprenait un panel modéré par le Pr Nouzha El Yacoubi, présidente élue de l’Union Mathématique Africaine (UMA) sur le rôle des mathématiques dans l’aide à la décision pour un développement socio-économique durable en Afrique. Ont contribué à ce panel les professeurs :

1. Adewale Solarien, Nigeria, président sortant de l’UMA, qui a notamment souligné l’importance de veiller à la qualité de l’enseignement des mathématiques qui contribuent à l’approche scientifique dans les programmes de développement en Afrique. Il a plaidé pour promouvoir, à l’instar des pays occidentaux, les programmes de recherches et développement qui gagneraient à associer les applications des mathématiques.
2. Jacques Demongeot, France, membre de l’Institut universitaire de France (IUF), Professeur Emérite de l’université de Grenoble Alpes. En

sa qualité de médecin et mathématicien, il a ciblé l'impact de la modélisation mathématique dans la réduction des données qui ont connu une croissance accrue avec notamment les révolutions de la génétique. Cette abondance des données, si elle permet de décrire l'état du patient (5 Giga Octet/patient), rend quasiment impossible son suivi. Il a aussi rebondi sur les chiffres de durée de vie, concept auquel la tendance actuelle oppose à la durée de vie en bonne santé. Il a évoqué l'émergence des maladies contagieuses d'origine sociales, notamment l'obésité générant des maladies coûteuses et handicapantes. Jacques Demongeot a souligné le rôle fondamental de l'Education pour casser cette dégénérescence. En responsabilisant les patients dans la décision des traitements, l'éducation contribue à restaurer la dignité du patient. Il préconise une éducation mathématique des médecins et patients.



3. Wandera Ogana, Kenya, Directeur Executif de African Mathematical Sciences (AMMSI), a d'abord remercié les politiciens qui ont réalisé le lien entre le développement et les mathématiques. En Afrique, les mathématiques

ont tendance à être qualifiées de difficiles, les mathématiciens doivent faire l'effort de promouvoir le rôle de la discipline dans le développement. Il a évoqué l'importance d'une bonne connaissance des mathématiques fondamentales pour mieux les appliquer.

4. Saliou Touré (Président de l'Université Internationale de Grand Bassan, Côte d'Ivoire) a qualifié les mathématiques de patrimoine commun de l'humanité, dont l'usage est en constante croissance. Evoquant les mathématiques comme science auxiliaire de la physique au 19^{ème} siècle et leur développement pour constater la naissance de l'informatique grâce entre autres au développement de l'algèbre de Boole, il a souligné le rôle des corps de Galois dans le décryptage des génomes, du traitement du signal, etc... Il a souligné la tendance de disparition des frontières entre les mathématiques pures et appliquées et insisté sur l'importance d'une bonne qualité d'enseignement de la rigueur incontournable dans toute approche organisationnelle.

5. Aderemi Kuku (Nigeria) a énuméré les vastes champs d'application des mathématiques qui ont largement contribué au développement de la discipline. Sa recommandation est de mieux connaître les mathématiques afin d'imprégner tout un chacun de l'honnêteté et de la rigueur de la discipline incitant à toujours donner le meilleur de soi.

Suite à ces interventions, un débat a été ouvert, clôturant la conférence avec l'assistance qui a souligné l'importance de la promotion de la recherche et de l'enseignement des mathématiques comme vecteur de développement en Afrique.



«Nanotechnology applications in energy, environment and health : benefits and potential risks»

Atelier international organisé avec
l'appui du Collège des Sciences
Physiques et Chimiques

**Nanotechnology applications in energy,
environment and health :
benefits and potential risks ***

Nanotechnology, the technology of the 21st century, involves imaging, measuring, modeling, and manipulating matter or fabrication of structures at dimensions of some nanometers. The key point is that at nanoscale, matter changes its properties and behaviour; this induces unusual physical and chemical properties in novel materials very different from the familiar properties of bulk materials. As a main consequence of the exotic properties at nano, the manufactured functional materials can have huge beneficial impacts on improving, even revolutionizing, and many sectors: medicine, transportation, industry, energy, food safety, textiles, security and environmental science, and among many others. In particular, nanotechnology is revealing the potential to develop affordable and renewable energy sources through a new generation of highly efficient materials that reduce energy consumption, improve energy efficiency and give the world cheap access to clean and

safe energy. In this context, the application of nanotechnology can reduce materials consumed in manufacturing processes and improve the power conversion efficiency. Till now, nanotechnology has being applied to different fields related to energy, among them energy storage, conversion, manufacturing improvements by reducing materials, energy saving, and renewable energy devices (solar cells, batteries, photo-devices,...). For a better future, nanotechnology offers many ways to lessen toxicity burdens on the environment, to clean air, and to purify, filter and desalinate water in order that all countries have their own clean and drinkable water. On the other hand, nanomedicine, the application of nanotechnology to human healthcare, offers numerous potential pathways to produce precise solutions for disease prevention, medical diagnosis, therapy and treatment to improve quality of life for everyone. Important research priorities cover a wide range of diseases



Participants in the workshop.

(*) International workshop organized with the support of the "College des Sciences Physiques et Chimiques", Rabat, Morocco : 31 October-03 November 2017.

such as diabetes, cancer, cardiovascular disease, anti-biotic resistant bacterial diseases, neurological diseases (Alzheimer's disease, arthritis and Crohn's disease) and diseases of eyes and ears that pose a tremendous challenge to modern medicine. In the food industry, nanomaterials are used not only to improve food production, and quality, but also in the taste of food and the health benefits food delivers. In Food Packaging, bottles made with nanocomposites that minimize the leakage of carbon dioxide out of the bottle are now in the market. Another example is food storage bins with silver nanoparticles embedded in the plastic to minimize harmful bacteria. Plastic films made of silicate nanoparticles are developed to allow food to stay fresher longer. To detect pesticides on fruit and vegetables, there are nanosensors used at packing plant. Nanomaterials are also used to change food characteristics by delivering vitamins and other nutrients in food and beverages or to improve the taste, colour, and appearance of foods. In Agriculture, it was developed pesticides encapsulated in nanoparticles to minimize the contamination of plants themselves and nanosensors to recognize when a plant needs nutrients or water. Therefore, nanotechnology is a novel and emerging field with many chances and benefits. To promote a sustainable development of nanotechnologies, to minimize potential hazards for consumers, workers and eco-systems, it is crucial to put more effort into investigating the behaviour of nanoparticles when embedded in products and to assess the potential risks, side by side with nanotechnology research and development.

The international workshop on nanotechnology applications was held from 31 October to 03 November 2017 in the premises of Hassan II Academy of Science and Technology and at Mohammed V University in Rabat, Morocco. More than 80 participants attended this scientific event with one inaugural conference and 14 oral presentations. The workshop has brought together researchers from multidisciplinary areas and from 11 countries including Morocco to:

- Discuss scientific and technological advantages of nanomaterials
- Address economic and social challenges of nanotechnology
- Highlight impacts of nanoscale research and engineering on human health and environment
- Raise young scientists' awareness of the benefits and risks of nanotechnology
- Inspire the dialogue about ethical, legal and social aspects.

At the opening Ceremony of the workshop, the welcome addresses were provided by:

- Prof. Omar Fassi-Fehri, Permanent Secretary of Hassan II Academy of Science and Technology
- Mr. Joerg Grotjohann, Cultural Affairs Advisor, Embassy of Germany in Morocco
- Prof. Lalla Btissam Drissi, Workshop coordinator & Arab-German Young Academy representative.
- Prof. Rachida Hassikou, Vice dean of Research at Faculty of Science, Mohammed V University.
- Prof. El Hassan Saidi, Director of "SPC" College, Hassan II Academy of Science & Technology



In the inaugural conference, Prof Bousmina gave an introductory plenary lecture on structuring matter at nano and microscale with applications in physics, chemistry and biology.

Pr. Mostapha BOUSMINA

EuroMed University-Fes, Morocco,
Hassan II Academy of Sciences & Technology-Morocco



Prof. BOUSMINA overviewed how matter can be structured and what kind of properties result from the reduced size of materials. He explained how the size-dependent physical and chemical properties make the nanomaterials superior and indispensable in many areas of human activity. He focuses also on techniques used in the fabrication and synthesis of nanoporous structures, carbon nanotube with controlled diameter, carbon nanosprings and piezoelectric nanostructures among others. He presented many examples of applications of nanomaterials in biology and medicine.

Besides the inaugural conference, the international workshop consisted of five sessions, namely:

- Nanomaterials: Medical applications and Health Care
- Nanotechnology: Benefits and applications in Energy
- Nanotechnology for Environmental Engineering
- Nanotechnology for Solar Energy, Collection and Conversion
- Nanomaterials for Clean and Sustainable Technology

During these sessions, the speakers have communicated nanotechnology latest research and discuss issues for addressing and assessing the environmental, health, and safety impact of engineered nano-particles. The summary of the presentations are reported here below:

Biological and biomedical applications of graphene

Vincent BOUCHIAT

Néel Institute, Université Grenoble Alpes, France



We are developing a technology platform that exploits the features of graphene, anatomically-thin layer of pure carbon for its promising perspectives in biology and medicine applications. Indeed, it has outstanding heat- and electro-conductive

properties, but is also providing a biostimulating surface. My presentation will feature two aspects of this material: its use as a platform for bioelectronics for interfacing neurons and its use for wound healing technology.

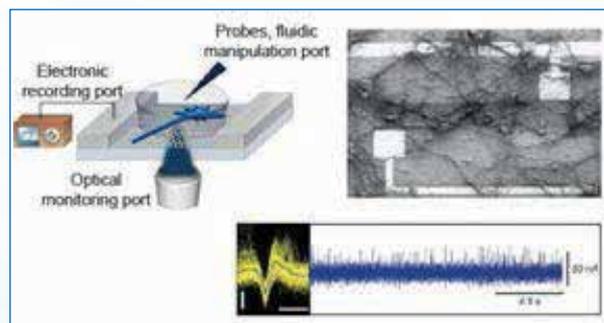


Fig1: Principle of a Field effect transistor (FET) made of graphene on glass on which neural cells are grown in situ Bottom: Extracellular detection of neuronal spikes by a graphene FET.

First, the emergence of nanoelectronics applied to neural interfacing has emerged few decades ago. It aims at providing high spatio-temporal mapping of the neurons electrical activity. Besides the fundamental interest for electrophysiology and brain science for replacing or restoring disable functions within the nervous systems and follow the evolution such complex organization. At the same time, 2D materials and in particular graphene monolayers have offered new possibilities for integrating micro and nano-devices on stretchable, transparent, and biocompatible substrates which are suitable for bio and neuro-electronics. Graphene offers an ideal platform for monitoring and culturing neural cells. It is partially due to its exceptional neuronal affinity and the presence of readily accessible surface charges which give the unprecedented possibility to realize a direct coupling with cells. Also, the cytocompatibility of pristine CVD graphene has a significant advantage for neuromedicine and fundamental research compared with other electrodes materials. We have shown that bare graphene monolayers actively promote neurites outgrowth without any surface functionalization with cell-adhesive coating (for instance poly-L-lysine) [1]. Our investigations with Raman spectroscopy show the impact of grapheme crystallinity on the neurons adhesion and further growth, the monolayer becoming

cell-repulsive with increasing amount of defect [2]. The ability to control the neuronal affinity of the graphene-coated substrate opens the way to a variety of applications from patterning model networks to highly sensitive). Our graphene field effect transistors showed reproducible electrical properties (mobility and sensitivity being around $6000 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ and 4 mS/V) and low noise level ($10\text{-}22 \text{ A}^2/\text{Hz}$) which allow the detection of the spontaneous activity of fragile hippocampal neurons grown on chip during several weeks in microfluidic chamber as well as single ion channel activity. Because graphene can be transferred on a wide range of substrate, we can fabricate sensors arrays on transparent and stretchable substrates (such as silicon, sapphire, glass coverslips and plastic substrates). These results are a first step toward next generation of Nano-Neuro interfaces for reliable the detection of single spike which is required for restoring with high fidelity the activity patterns of neural networks need in neurosciences and neuromedicine.



Fig2: Principle of the graphene smart bandage technology

In the second part, I will present also the perspective for both academic and industrial developments of this technology. The first-generation of our system is a graphene-based scaffold that looks like a very thin, transparent plaster. I will present results of in-vitro cellular growth (neurons and fibroblast) on graphene-covered glass which show that growth of cells is promoted by the graphene substrate [1]. Regarding in-vivo applications, the graphene layer is transferred on a polymer film and its surface is directly put in contact with the wound. We then record its effect on the wound healing. The graphene covered bandages show clear enhancement of cellular growth together with in situ detection of the electrical activity. The specific properties of graphene make it a substrate

useful for providing wound dressing enabling a novel wound healing technology that not only has a therapeutic effect but diagnostic capabilities as well. The management of chronic wounds remains an important public health problem because it is a source of morbidity for diabetics and the elderly. Indeed, many amputations could be avoided by a timely triggering of wound healing. This is why there is a strong and urgent need for the implementation of novel technologies improving the diagnostics, the care and treatment of such chronic wounds.

At Néel Institute, the GRAPHEAL Spin-off project aims at creating a novel generation of dressings for wound treatment that would ultimately accelerate wound healing. Our device is based on the integration of graphene in a dressing directly applicable towards a wounded skin. Graphene-on-polymer films are used to enable a scaffold for improved cellular growth. The advantages of this prototype product are multiple: Firstly, the graphene bandage creates a pure carbon scaffold beneficial for skin cell regeneration, as it provides medium accelerating surface cells migration hence speeding-up wound closure.

Besides this biochemical action, the electrical conductivity enables the direct electrical stimulation of the wound and bio-sensing activity for rapid in-situ diagnostics. Finally, we take advantage of the already-known properties of graphene such as the mechanical flexibility and optical transparency to implement a system that offers a comfortable action together with a see-through bandage for visual control.

The action of graphene is therefore multiple and offers benefits that are not found together in any competing technologies.

The combination of these properties offers a disruptive advantage that we are key assets on which the start-up project is relying on.

- [1]. Veliev et al. *Biomaterials*, 86, pp.33–41 (2016).
 [2]. Veliev, et al., *Frontiers in Neurosci.* doi: 10.3389/fnins.2017.00466 (2017).

Nanotechnology: from laboratory to markets, from benefits to risks

Pedro SERENA

Consejo Superior de Investigaciones Científicas,
Spain



Research in nanoscience has been carried out over the second half of last Century widening our knowledge about the nanoworld. From the beginning of the 21st

Century several countries and economical regions boosted the funding of initiatives intended to transform the basic knowledge generated in the laboratories in practical realizations giving rise to the nanotechnology impulse.

Nowadays these strategies and large scale funding provide nanotechnology based products, goods and services. Thousands of components and products are currently commercialized in our markets. In parallel, the euphoria (or hype) of nanotechnology has been cooled down when several important aspects are considered in order to achieve a rational nanotechnology implantation: standardization and regulation issues, international commercialization rules, safety issues concerning consumers and workers, environmental aspects. Several activist organizations have been alerting about possible drawbacks of nanotechnology, requesting major research on possible negative nanomaterials effects, more restrictive regulations and even a nanotechnology moratorium.

The present contribution will provide an overview of the current situation of nanotechnology development focussing on such issues emphasizing security and safety aspects as well as recent regulations and recommendations on nanotechnology applied to food, cosmetic, industrial production, etc.

Reducing thermal transport to increase efficiency in thermoelectric conversion

Claudio MELIS

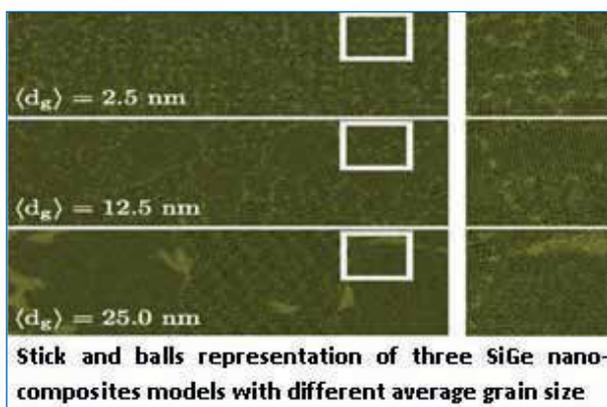
University of Cagliari, Italy



The physics of thermoelectric conversion is summarized by the figure of merit $ZT = S^2 T \sigma / \kappa$ characterizing the efficiency of heat conversion to electricity at temperature T (here, S is the Seebeck coefficient, while σ and κ are the electrical and thermal conductivity, respectively).

Energy applications call for high ZT values or, equivalently, for minimal κ . In most systems of current interest, the lattice contribution to κ is largely dominant to the electron one. This motivates the search for new materials with very low lattice thermal conductivity, a situation obtained either by tailoring new chemically complex materials with suitable phonon properties or by nanostructuring more conventional materials so that internal boundaries (phase or grain boundaries maximize phonon scattering. To this aim atomistic simulations, capable of handling large samples and describing accurately phonon dispersions and lifetimes at the nanoscale, could greatly advance our understanding and finally controlling heat transport in complex nanostructured materials.

In this talk I will review the most recent advancements obtained by atomistic simulations in the design of specific nanostructures for thermoelectric applications by presenting a series of paradigmatic cases. In particular I will describe the application of a novel computational transient technique named Approach to equilibrium Molecular Dynamics (AEMD) which allows to efficiently study thermal transport in different nanostructure d materials at a reduced computational cost with respect to non-equilibrium as well as equilibrium molecular dynamics techniques. The AEMD technique has been recently applied to characterise thermal transport in SiGe nano composites, which have been recently proposed as an alternative to SiGe bulk alloys for thermoelectric applications.



In particular, we show that SiGe nano-composites (see figure below) have lattice thermal conductivity below the corresponding bulk alloy with the same stoichiometry. The main role in affecting thermal conduction is provided by grain boundaries, which largely affect vibrational modes with a long mean-free path. Another significant recent application of AEMD is the characterization of thermal transport in the hydrogenated isomers of graphene i.e. graphane. We show that In the case of the three graphane isomers we observe a dramatic reduction by at least one order of magnitude with respect to pristine graphene. We elucidate this reduction in terms of different phonon density of states and mean-free path distribution between graphene and graphane. The deterioration of thermal transport upon hydrogenation in graphene, could be proposed as a way to tune thermal transport in graphene for phononic applications such as thermal diodes.

CO₂ capture & storage by Zeolitic Imidazole Frameworks

Najia KOMIHA

Faculty of Sciences, Mohammed V University,
Rabat, Morocco



The increasing concentration of CO₂ gas in the atmosphere is one of the major concerns of the scientific community today. Numerous studies have begun to explore this topic and propose solutions to reduce the high concentration of this greenhouse effect gas. New capture and sequestration technologies have been proposed for that, motivating the search for new materials such as MOF's, ZIF's and other porous solids. This work is a theoretical study using quantum chemistry methods. As Imidazoles

are important organic units of the ZIF's, we first consider the interaction of Imidazole and greenhouse effect gas. Selectivity and efficiency of Imidazole on greenhouse effect gas capture and storage are studied then real ZIFs are considered. A large panel of methods are used depending of the dimension of the studied systems and the accuracy needed: the Density Functional Theory (DFT-D3) with Grimme's empirical correction, suitable for dispersion forces description, Möller-Plesset (MP2) theories in connection with cc-pVTZ and aug-cc-pVTZ basis sets and the very accurate explicitly correlated coupled cluster methods CCSD(T)-F12. The adsorption of a carbon dioxide molecule by different sets of zeolitic imidazolate framework materials (ZIF-1 to -4, -6 to -10, and -zni) is examined. We have calculated the interaction energies, the dipole moment variation, and the charge density difference for the different CO₂@ZIF structures. Our study shows a strong relationship between the CO₂ adsorption energy and the volume of the cavities of the ZIFs: the capture of carbon dioxide depends on the shape and size of the ZIFs pore in which CO₂ has been inserted. The physisorption phenomena that govern the adsorption of CO₂ molecule require both stacking interactions and hydrogen-like bonding.

From biomass waste to carbon-based nanomaterials

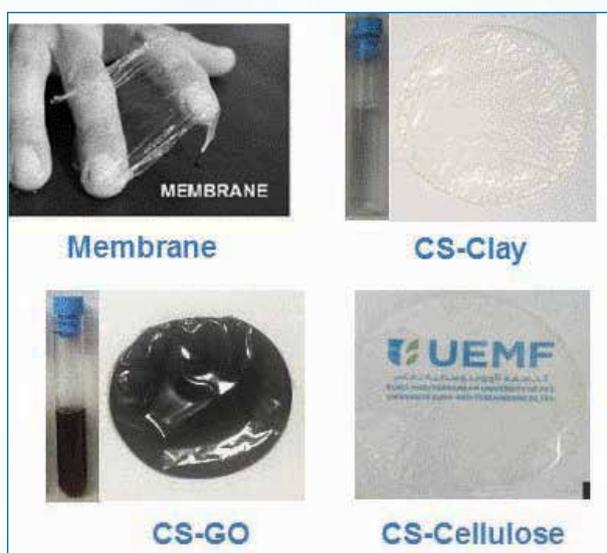
Abdelkrim EL KADIB

EuroMed University-Fes, Morocco

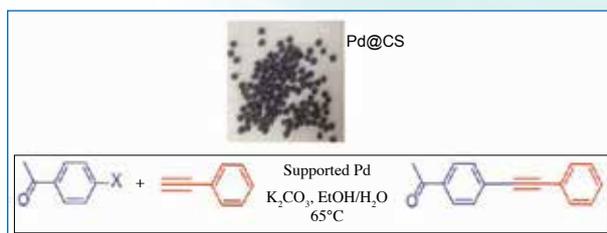


The recent trend witnessed a spectacular rise of carbon molecules (carbenes, allenes, carbon-stabilized low coordination species) and carbon-based materials (fullerene, graphene, carbon nanotubes). Having revealed hegemonic superiority to their non-affordable, costand toxic metal congeners, sustainable porous carbon-based frameworks stand as prominent contenders for the every-day life technology. Interestingly, biomass is available in enormous quantities in earth and constitutes a unique raw material to construct different carbon-based nano- and micro-architectures. Polysaccharides, for example, are excellent candidates for such strategy owing to a set of advantages including their structural complexity, functionality, metal coordination ability and their self-assembling properties.

In this talk, we focused on how to design novel functional materials from biomass waste (exemplified herein by shellfish waste industry) by exploring the knowledge gained in conventional nanomaterial synthesis. We potentially took benefits from some inherent advantages of chitosan as building blocks¹ to provide an accurate control at the nanoscale level during the synthesis of organic-inorganic hybrid materials.² Indeed, various bioplastic films can be accessed by easy dispersion of selected nano-fillers (montmorillonite, graphene oxide, cellulose nanocrystal) in



chitosan solution. The presence of ammonium groups within the biopolymer body allows for efficient dispersion of the filler, which consequently result in a completely transparent, crack-free hybrid films^{3A}. Close look on their mechanical and thermal properties reveals that these devices were significantly improved with respect to their non-modified chitosan films.^{3B}



In another context, highly porous microspheres can be obtained by introducing soluble chitosan solution in a basic medium.² The presence of amine groups allows the introduction of other chelating ligands within these supports.⁴ By varying the nature of the installed ligands, it was possible to tune polymer-metal interaction

from: weakly coordinated to strongly ligated to sequestered metallic particles. These metal-supported catalysts were used in a tiny amount to perform various organic cross-coupling syntheses. The heterogeneous nature of these microspheres enables easy removal of the metallic species from the reaction medium without the commonly applied, tedious work-up procedures. The microspheres can be recycled several times without loss of their catalytic activity which further enhances the economic outlook of these catalytic reactions.

1. A. El Kadib, Chem Sus Chem, 9, 2016, 238. A. ElKadib, ChemSusChem, 8, 2015, 217.
2. A. El Kadib and M. Bousmina, Chem. Eur. J., 18, 2012, 8264. A. El Kadib, M. Bousmina, D. Brunel, J. Nanosci. Nanotech., 14, 2014, 308
- 3A. S. Frindy et al., Carbohydr. Polym., 1, 2016, 157.
- 3B. S. Frindy et al., Carbohydr. Polym., 167, 2017, 297.

Tunable architectures of nanostructured thin films: resulting properties and application as gas sensors

Nicolas MARTIN

FEMTO-ST Institute, BESANCON Cedex, France



Structuring of thin films is gaining scientific interest since the last decades and the development of new methods of synthesis became a technological requirement. As a result, it is now quite difficult to quantify the right number of processes focused on the fabrication of nanostructured materials. In the well-known race for multifunctional materials, an enhancement of the material behaviours due to the modification of its surfaces or by means of the deposition of thin films appears as an attractive way. This presentation aims at illustrating how functionality of metallic and ceramic thin films sputter deposited can be tuned with a structural approach: the Glancing Angle Deposition (GLAD) [1]. This technique employs oblique angle deposition and controlled substrate motion to form a structure composed of nanometer scaled columns of designed shape. It allows the fabrication of films with a carefully engineered structure at the sub-micron scale (Fig. 1).

Thus, very original architectures (zigzags, spirals, oriented columns and so on) of the films can be produced, which provide new geometries of the

film structure [2-4]. The basic principle of this innovative technique using a fixed and/or mobile substrate will be presented in terms of structural characteristics and surface morphologies. Some behaviors of such thin films will be discussed especially showing the correlations between the dimensions, shapes and geometry of produced architectures and the resulting properties. Finally, potential applications of these structured thin films as gas sensors will be reviewed.

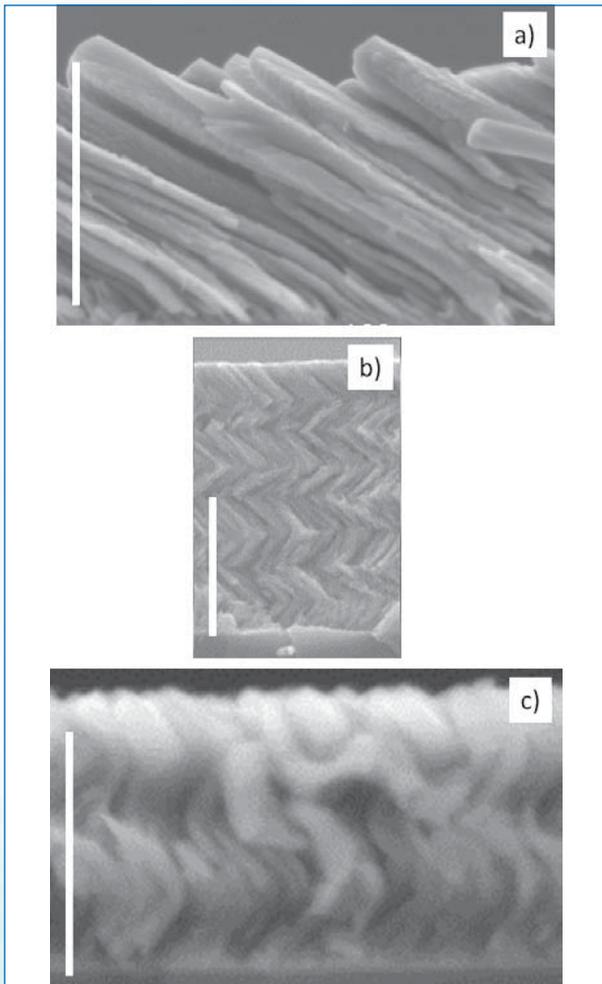


Figure 1: some typical examples of GLAD columnar thin films sputter-deposited. a) Chromium with a tilted columnar structure. b) Zigzags of WO_3 . c) Helices of VO_x (bare scale = 1 μm)

[1] K. Robbie, M.J. Brett, J. Vac. Sci. Technol. A15(3) (1997) 1460-1465.
 [2] N. Martin, et al., Nanomaterials and Surface Engineering, ISTE Ltd., London, 2010, pp. 1-30.
 [3] M.M. Hawkeye, et al., Glancing Angle Deposition of Thin Films, John Wiley & Son Ltd., West Sussex, 2014.
 [4] A. Barranco, A. Borrás, A.R. Gonzalez-Elipe, A. Palmero, Prog. Mater. Sci. 76 (2016) 59-153.

Zinc stannate based substrates: Strategies for efficient interfacial charge to improve photocatalytic activity

Habib ELHOUICHET

University of Tunis, El Manar, Tunis



A facile and efficient one-step hydrothermal approach has been developed to synthesize Zn_2SnO_4 nanoparticles/reduced graphene oxide (ZTO/rGO) and $Ag@AgCl/ZTO$ nanocomposites. This approach allows simultaneous reduction of GO and growth of spinel ZTO nanoparticles (NPs) on rGO sheets. The morphology and microstructure characterizations of ZTO/rGO nanocomposites revealed that this method leads to close interfacial contact of ZTO NPs and rGO and efficient dispersion of ZTO NPs on the surface of rGO sheets.

Nanocomposites ZTO/r-GO...
Application on photocatalysis ...

- The pollutant is completely photodegraded under visible light irradiation.
- The photocatalytic activity is not affected after 10 runs.

Nanocomposites ZTO/r-GO...
Morphology and structure

Bimodal dispersion of ZTO nanoparticles with sizes of 10-40 nm and of 80-100 nm on the rGO sheets.

The photocatalytic activity of the ZTO/rGO nanocomposite was investigated for the reduction of rhodamine B under visible light irradiation. Compared to pure ZTO NPs, ZTO/rGO nanocomposite exhibited superior photocatalytic activity with a full degradation within 15 min. The ZTO and ZTO/rGO-assisted photocatalytic degradation of RhB occurred via two competitive

processes: photocatalytic process and a photosensitized process. However, the enhanced photocatalytic performance of ZTO/rGO was mainly attributed to excellent electron trapping and effective adsorption properties of rGO. In addition, Ag@AgCl/ZTO nanocomposites were successfully prepared by a hydrothermal method. All the morphological and the optical analysis confirmed the anchoring of Ag@AgCl on ZTO. The photocatalytic activity of the Ag@AgCl/ZTO nanocomposites, under visible light irradiation, shows an important improvement of the catalytic activity as compared to ZTO solely. The photocatalytic enhancement can be attributed to a plasmonic effect at the interface between Ag@AgCl and ZTO. Thus, the good catalytic performance of the nanocomposites combined with their simple synthesis could provide a facile way to achieve highly efficient photocatalysts.

A novel self-powered ultraviolet photodetector for low cost and high-performance applications

Faycal DJEFFAL

University Of Batna2, Algeria



Recently, new challenges are arisen when incorporating the traditional copper electrical interconnects in chip level communication, including resistive loss, signal attenuation, distortion and the cost overhead [1-2]. Alternatively, optical wireless communication systems (OWCS) are becoming increasingly attractive and can potentially improve the computation speed and decrease the power consumption at long distance communication [3]. However, at very short length scales, the energy consumption of the optical links should be drastically improved in order to make them competitive with their electrical counterparts [4-5]. The investigated designs still suffer from some shortcomings such as: the low responsivity which is closely related to the low derived photocurrent and the relatively poor photoconductive behaviour at self-powered conditions. This behaviour can impose the use of Trans-Impedance Amplifier for removing noise, which seriously complicates the use of the self-powered devices for photo receiver systems applications. Obviously, it is important to explore how to overcome the trade-off between the low power consumption and high derived photocurrent capability. Therefore, alternative

designs are in fact required and remain inevitable to enhance the ZnO-based MSM-UV-PDs responsivity at zero bias. In this Talk, a new MSM-UV-photodetector (PD) based on dual wide band-gap material (DM) engineering aspect is proposed to achieve high-performance self-powered device. Comprehensive analytical models for the proposed sensor photocurrent and the device Figures of Merit (FoMs) are developed incorporating the impact of DM aspect on the device photoelectrical behaviour. The obtained results are validated with the numerical data using commercial TCAD software. Our investigation demonstrates that the adopted design amendment modulates the electric field in the device, which provides the possibility to drive appropriate photo-generated carriers without an external applied voltage. This phenomenon suggests achieving the dual role of effective carriers' separation and an efficient reduce of the dark current. Moreover, a new hybrid approach based on analytical modeling and Particle Swarm Optimization (PSO) is proposed to achieve improved photoelectric behaviour at zero bias that can ensure favourable self-powered MSM-based UV-PD. It is found that the proposed design methodology has succeeded in identifying the optimized design that offers a self-powered device with high-responsivity (98 mA/W) and superior ION/IOFF ratio (480 dB). These results make the optimized MSM-UV-DM-PD suitable for providing low cost self-powered devices for high-performance optical communication and monitoring applications.

1. N. Kannan and M. J. Kumar, Technology and reliability constrained future copper interconnects, IEEE Trans. Electron Devices, vol. 49, pp. 590-597, 2002.
2. S. Manipatruni, M. Lipson, and I. A. Young, "Device Scaling Considerations for Nanophotonic CMOS Global Interconnects," IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, vol. 19, pp. 1077-1086, 2013.
3. D. A. B. Miller, Physical reasons for optical interconnections, Intl. Journal of Optoelectronics, vol. 11, pp. 155-168, 1997.
4. A. Krishnamoorthy, et al., Energy-Efficient Photonics in Future High-Connectivity Computing Systems, Journal Of Lightwave Technology, vol. 33, pp. 889-900, 2015.
5. Chen Sun et al. Single-chip microprocessor that communicates directly using light. Nature, vol.528, pp. 534-538, 2015. 10

Oriented carbon nanotubes and graphene films: relations preparation/properties (electron transport, magnetism)/applications

François LE NORMAND

Institut de Physique et Chimie des Matériaux
de Strasbourg, France



I will illustrate some applications of new carbon nanomaterials like graphene and graphene-like films. First, I will give some examples of the introduction of these materials into photovoltaics domain, illustrating many possibilities to appropriately use the outstanding properties of these materials (transparent conductive electrodes, active layers or buffer layers to match the work function in Organic photovoltaics). Then I will develop our new project on the direct formation of graphene-like layer obtained on a very thin diamond-like carbon film for transparent conducting electrodes (TCE). We will detail different modes of preparation (thermal, thermocatalytic, ... treatments, variable gas environment), and the properties of transmission and surface conductivity that yields figures of merit for transparency conductivity comparable or even better than ITO.

Efficiency improvement of nanostructured organic Solar cells

Samir ROMDHANE

University of Carthage, Tunisia



Photovoltaic solar energy (PV) is a key technology for the transformation of our energy system, leading to very low carbon emissions and security of supply and contributing to a new, green economy. In combination with other renewables and energy storage, it will enable a sustainable, affordable and reliable energy supply. PV has made impressive progress in terms of conversion efficiency, cost and scale of deployment. Among the new technologies, organic solar cells are an attractive worldwide research subject because they are cheap, thin, lightweight and flexible. These characteristics make the organic solar cells easy to implement and usable for a variety of purposes [1]. One of the most promising solar cells that are having a rapid progression of improvements [2] are made from conjugated polymers and fullerenes in

which a large heterointerface is achieved using the so-called bulk- heterojunction (BHJ) morphologies. In this present talk, we will provide the functioning of an organic solar cell. We will show its limits and some key factors to be addressed by researchers to improve its efficiencies. The morphology of polymer:fullerene bulk heterojunctions (BHJ) displays beside suitable energy level alignment between donor and acceptor as well as a sufficient absorption one of the most crucial impacts on organic photovoltaic device efficiency and stability. In particular, the structural order of the polymer phase impacts the charge separation efficiency and transport. We will present a comprehensive study on the control of the polymeric order initiated already in solution by using fractions of anti-solvent isopropanol (IPA), and via adjusting the processing temperature for common solutions of an anthracene-containing poly(p-phenylene-ethynylene)-alt-poly(p-phenylene-vinylene) bearing linear (octyloxy) and branched (2-ethylhexyloxy) side-chains (AnE-PVstat), and phenyl-C61-butyric acid methyl ester (PCBM) Fig1. Detailed analysis of photophysical data, deposited AnE-PVstat:PCBM thin films suggest the formation of J-aggregates for the copolymer in strong correlation with the processing formulation (presence of non-solvent IPA) and parameters (annealing temperature). The findings for our system indicate that the addition of IPA increases the intermolecular interaction between the polymer chains, consistent with enhanced charge carrier (hole) mobility reaching values as high as $\mu_h \approx 10^{-3} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$. The subtle control of polymer aggregation led to an overall improvement of the solar cell device efficiency of about 50% using optimized processing settings – IPA additive and a solution temperature of 15 °C Fig.3.

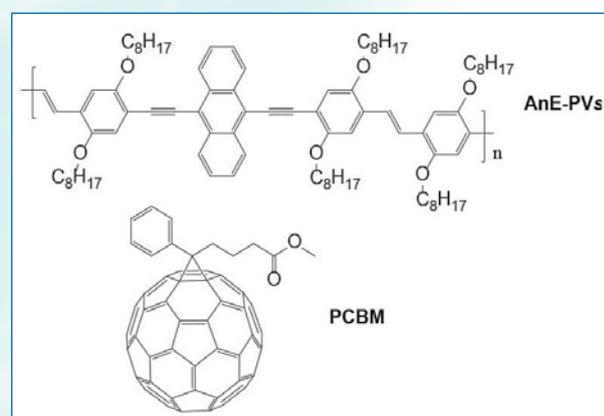


Fig.1: Schematic representation of the molecular structure of AnE-PVstat (C8H17 = octyl or 2-Ethylhexyl) and PCBM.

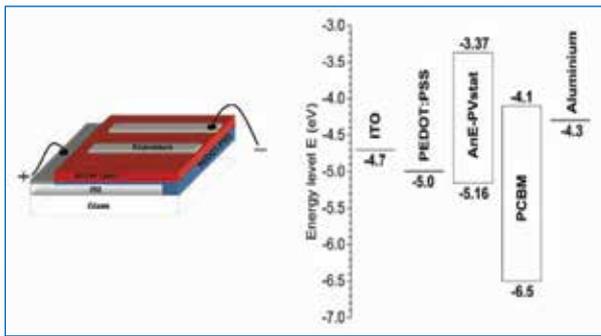


Fig.2: Schematic representation of the polymer solar cell layer stack: ITO/PEDOT: PSS/active layer/Al and the energy diagram.

[1] Sarah Holliday, Raja Shahid Ashraf, Andrew Wadsworth, Nat. Com. 7, 11585 (2016).
 [2] Vasily A. Trukhanov, Vladimir V. Bruevich & Dmitry Yu. Paraschuk. Scientific Reports 5, 11478 (2015).
 [3] Yoonseok Ka, Hyejin Hwang & Changsoon Kim. Scientific Reports 7, 1942 (2017).

Plasmonic Nanomaterials: From fabrication to application

Matthias THIELE

Leibniz Institute of Photonic Technology,
 Jena, Germany



Plasmonic nanoparticles, e.g. nanoscale particles consisting of noble metals, show high potential as transducer elements in novel optical sensors. The optical properties are based on collective and coherent oscillation of the conduction electrons by irradiating electromagnetic waves. The resulting resonance band (localized surface plasmon resonance [LSPR]) is adjustable in the UV- to near-infrared spectral range and can be defined by the chemical synthesis. The synthesis conditions can determine dimension, material and particle shape, and these parameters represent the main factors for the position of the LSPR and the bulk sensitivity. Therefore, a reproducible synthesis of nanoparticles with defined LSPR is of importance. The sensing principle is based on the strong influence of the surrounding medium's refractive index. Especially, anisotropically shaped particles are sensitive to small changes in the medium; therefore, their defined synthesis is in the focus of current developments. In my talk, I will give an overview of the different synthesis techniques for plasmonic nanoparticles and will show possibilities to utilize them for different sensoric applications.

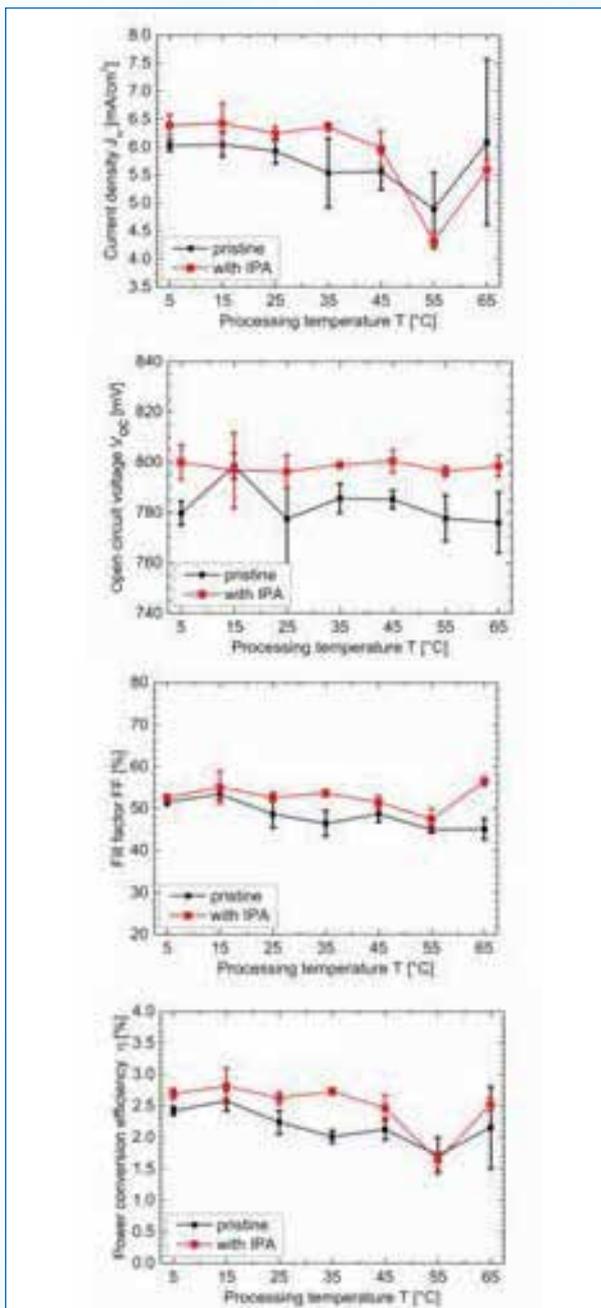


Fig.3: Photovoltaic parameters

Nanotechnology for sustainable water treatment

Joydeep DUTTA

KTH Royal Institute of Technology Chair, Sweden



If the proliferation of today's technologies is any indication of the speed and power of changes in economies across the world, in the near future nanomaterials will lead to an even more dramatic paradigm shift.

The next few decades will experience this "sunrise technology" as a platform for the convergence of diverse technologies and materials resulting in innovative products and processes for the benefit of mankind. In this talk we will discuss about possible strategies to contribute to efforts to save the planet from further environmental problems using nano-functional materials. Ground water pollution due to industrialization and urbanization solicits new ways of removal of unwanted chemicals, biohazardous microorganisms, solid wastes and dissolved gases to be suitable for drinking. In order to address the future water scarcity a combination of approaches including water conservation, recycling, and treatment of impaired water from non-traditional resources to "create" new water needs to be considered. Some of these areas utilising visible light photocatalysis and electrocatalysis will be discussed. Possibilities of prevention of biofouling utilising visible light photocatalytic coatings will also be presented.



We will discuss about one dimensional ZnO nanorods epitaxially grown under various conditions on seeded substrates by a low temperature hydrothermal process and its application in removing harmful chemicals and in the prevention of biofouling.

We will also introduce a novel capacitive device for water desalination and treatment during this talk.

Applications of nano-materials in water purification

Abdalla Ahmed ELBASHIR

University of Khartoum, Sudan



Water is an important element to all living organism for sustainable life. Organic and inorganic pollutants are often dangerous for living beings and ecosystem. Therefore, the removal of these pollutants from contaminated water is an urgent need in order to prevent the negative effects on the human health and to the environment.

Various techniques have been used for treating the waste water such as solvent extraction, micro and ultrafiltration, gravity separation, evaporation, distillation, reverse osmosis, adsorption, and ion exchange. In recent decade development in nanotechnology and their application in treatment of waste water becoming a major area research. In this paper the application of nanomaterials in water treatment will be discussed.

The use of new design based on 3D electrodes structure for biomedical applications

Hamza A. ROUABAH
University of Batna, Algeria



In biomedical engineering technology, pumps for handling extremely small fluid amounts become more and more important. Such pumps can be made using MEMS microsystems, where these microsystems for biological analysis routinely use solid-state electrokinetic micropumps. AC-electrokinetic mechanism and in particular the AC-electroosmosis subcategory can be used to move fluids using planar electrodes [1], which induce electrical forces on the fluid. However, planar electrodes have limited pumping capability. An alternative design based on 3D-electrodes which presents the transition from planar microelectrode arrays to planar with High Aspect Ratio (HAR) conductive pillars in order to increase the surface area of the electrodes.

The physical mechanism of AC-electroosmosis is the motion of induced Electrical Double Layer (EDL) on the electrodes driven into motion by the electric field generated by the electrodes. Since AC electroosmosis is a surface driven effect, increasing the surface area increases the power coupled into the fluid movement. By taking the channel volume and filling it with conductive pillars [2], the surface area therefore increases, but the volume remains the same, increasing the drive per unit volume [3]. This will have the effect of increasing the pressure generated by the pump.

The fabrication techniques were used to construct small dimensions of high-aspect-ratio electrodes is the Carbon-MEMS technology (C-MEMS), which involves the conversion of polymer structure to conductive carbon electrodes, the conversion process is known as pyrolysis, and the polymer used is the SU-8 due to its good high aspect ratio characteristics.

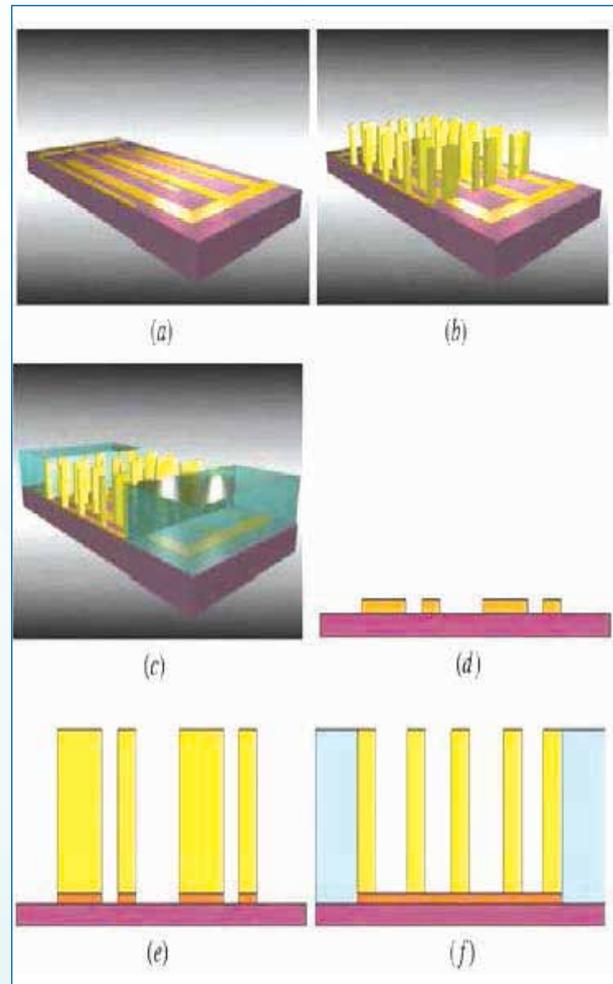


Figure 1. A schematic illustrating the evolution from planar electrodes to the new 3D electrode configuration. A 3D representation is shown in the top part and a cross-section view is shown in the bottom part. (a, d) Asymmetric planar electrodes patterned on top of a silicon wafer. (b, e) 3D high-aspect-ratio (HAR) electrodes are built on the top of the planar electrodes and (c, f) the 3D electrodes are placed within a fluidic channel.

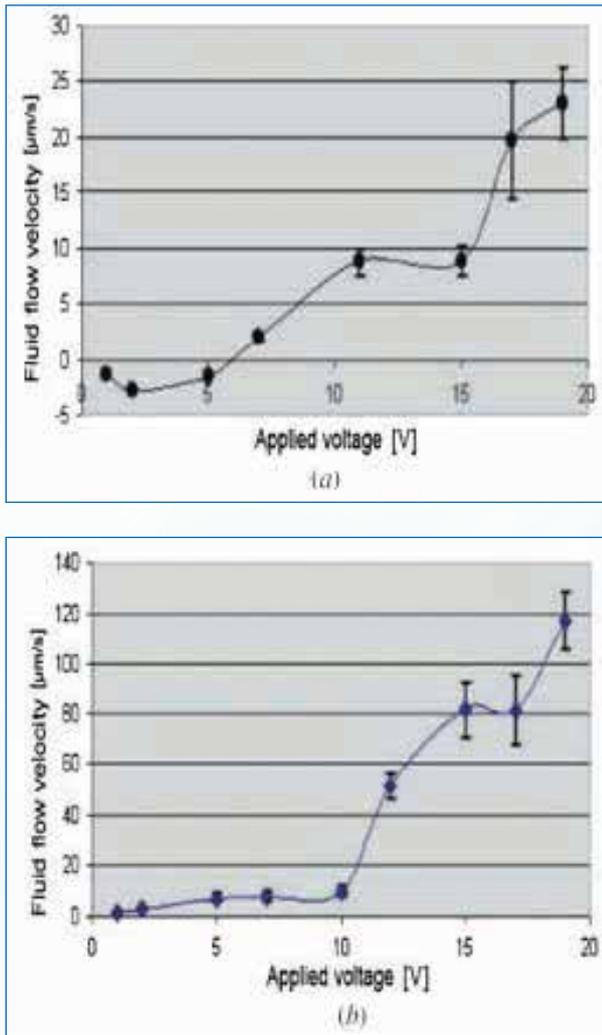


Figure 2. Measured fluid flow velocity in 200-micron width fluidic channel; where the electrodes widths are 20 and 60micron for the thin and large electrodes respectively. (a) Fluid flow velocity for the planar electrodes only. (b) Fluid flow velocity for 3D electrodes.

The improvement in pumping fluid flow velocity using carbon electrodes is illustrated in figure 2, where carbon material were successfully conducting fluid in 200 micron width microchannel, and the new 3D electrodes design has shown an increase in fluid flow velocity of at least 5 times to previous planar electrodes design.

- 1.N. G. Green, et. al., Fluid flow induced by non uniform electric fields in electrolytes on microelectrodes, Phys. Rev.E 61,p 4011 (2000).
- 2.C. Wang,et al., Novel Method for the Fabrication of High Aspect Ratio C-MEMS Structures, IEEE Journal of MEMS,14,2, p.348 (2005).

ACKNOWLEDGEMENTS

The organizing committee wishes to express its sincere thanks to the many individuals who played significant roles in the success of this international workshop. In particular, the committee would like to acknowledge (1) the support of the Physics-Chemistry College of Hassan II Academy of Science and Technology, (2) the assistance in conceptualizing the effort and coordinating the workshop logistics, contributed by the Arab German Young Academy of sciences and humanities in Germany and “Réseau National des Jeunes Chercheurs en Sciences Physiques et Mathématiques” in Morocco, (3) the partnership and continued interest of Faculty of Sciences, Mohammed V University in Rabat.



**«Savoirs et patrimoines locaux :
des atouts pour le développement
des arrière-pays au Maroc dans
un monde qui change»**

Séminaire organisé par le Collège Etudes
Stratégiques et Développement Économique

**Allocution du Pr. Omar FASSI-FEHRI
Secrétaire Perpétuel de l'Académie Hassan II
des Sciences et Techniques***



**Honorables invités,
Chères Consœurs, Chers Confrères,
Mesdames et Messieurs,**

Je voudrais d'abord exprimer le plaisir que j'éprouve de prendre la parole à l'ouverture de cet important séminaire, organisé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques sur le thème «**Savoirs et patrimoines locaux : des atouts pour le développement des arrière-pays au Maroc dans un monde qui change?**».

Je remercie les membres du collège scientifique études stratégiques et développement économique de l'Académie, plus particulièrement mon collègue le Pr. Mohamed Berriane, pour le choix du thème de ce séminaire amplement justifié par l'intérêt et l'importance qu'occupe aujourd'hui la recherche et les études sur le développement des arrière-pays ou du monde rural dans notre pays et aussi pour l'élan de mobilisation d'un nombre important et respectable de professeurs, de chercheurs, de scientifiques et d'étudiants, pour débattre de l'importance patrimoniale des produits et cultures ruraux au Maroc, pour réfléchir sur les meilleurs moyens d'améliorer la qualité de formation et de recherche dans ce secteur, et pour renforcer les liens de coopération en matière de R&D et d'innovation dans ce domaine.

Mesdames et Messieurs,

Comme vous le savez certainement, on assiste depuis plusieurs décennies, surtout dans les pays du Nord, à un véritable engouement pour le patrimoine naturel, qui tient en particulier au souci de mettre en place des politiques efficaces de protection, de gestion et d'exploitation des ressources. Notre pays vient d'être impliqué dans ce processus à travers la mise en œuvre de la stratégie nationale de développement durable

(SNDD 2015-2022) incitant à la préservation des ressources environnementales, et confirmant l'appel de Marrakech (initié lors de la COP22) qui vise à opérationnaliser l'accord de Paris, en poursuivant le développement des secteurs d'activités moins polluants et disposant de potentialités durables et renouvelables. C'est dans ce contexte, que les territoires, les patrimoines locaux, les terroirs et leurs produits ont commencé à s'imposer progressivement comme une norme de qualité incontournable, permettant l'émergence d'un mode de développement territorial spécifique.

Par ailleurs, dans le contexte de globalisation des économies, les territoires, forts de leurs spécificités, essayent de s'imposer sur des marchés mondiaux de plus en plus concurrencés. Depuis les années 1980, ils apparaissent effectivement comme une forme de développement alternative à l'entreprise intégrée telle qu'issue du modèle fordiste. Constitués de groupements de PME appelés districts industriels, ils forment les racines temporelles et spatiales à la base des processus locaux d'innovation et d'une forme concrète de développement endogène (exemple les districts du Nord de l'Italie qui sont des PME pour la plupart des entreprises familiales spécialisées dans une production particulière situées dans une même zone géographique et caractérisées par une forte ouverture au progrès technique). Situé dans une même zone géographique, le territoire apparaît donc comme un construit socioculturel (un système de valeurs qui assure la régulation et l'intégration des comportements individuels) qui se maintient et se renouvelle au fil de l'histoire. Aujourd'hui, la recherche scientifique porte de plus en plus un intérêt majeur à cette forme d'organisation économique dans la mesure où elle constitue une forme de réponse efficace face à un contexte macroéconomique changeant.

(*) Rabat, jeudi 02 novembre 2017.

Toutefois, au-delà de son intérêt économique, la mobilisation du patrimoine comme ressource des territoires interagit avec une dimension socioculturelle qui ne peut être ignorée. Longtemps considéré comme un outil de conservation, puis comme un élément essentiel de la constitution de la Nation, le patrimoine est devenu une ressource pour la construction et le développement du territoire. Associé à d'autres objets, le patrimoine confère au territoire des qualités spécifiques qui en font des ressources territoriales permettant, à leur tour, l'émergence d'un mode de développement territorial fondamentalement construit sur l'impératif de la durabilité et de renouvellement de la ressource.

Votre séminaire d'aujourd'hui est une occasion de réfléchir et échanger sur le contexte et les enjeux de la recherche scientifique sur les savoirs et patrimoines locaux et d'évaluer aussi les perspectives de développement territorial. C'est aussi une opportunité de déterminer les tendances de la recherche actuelle et fixer en particulier des axes porteurs qui concernent spécifiquement la question de la pertinence de la notion de «terroir» et des politiques qui lui sont associées pour la valorisation des qualités et des diversités culturelles - des pays du Sud de la Méditerranée.

Permettez-moi à la fin de cette brève allocution, de renouveler mes sincères félicitations aux organisateurs de cette journée et aussi de présenter mes vifs remerciements aux éminentes personnalités scientifiques présentes avec nous, ils contribueront tous, j'en suis sûr, à enrichir vos débats.

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 journée et vous remercie pour votre attention.

Savoirs et patrimoines locaux : des atouts pour le développement des arrière-pays au Maroc dans un monde qui change?

Compte rendu synthétique du séminaire organisé par le Collège Etudes Stratégiques et Développement Economique

Mohamed BERRIANE

Membre résident de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques



Dans le cadre de ses activités scientifiques autour du modèle de développement du Maroc, le **Collège Etudes Stratégiques et Développement Economique** a organisé le 2 novembre 2017 un séminaire consacré aux savoirs et patrimoines locaux, et leur rôle dans le développement des arrière-pays du Maroc, ainsi que les conditions de ce développement. Ont animé ce séminaire les professeurs et chercheurs Noureddine El Aoufi (Académie Hassan II et UM5R), en tant que modérateur, Mohamed Berriane (Académie Hassan II et UM5R), Geneviève Michon (IRD), Grigori Lazarev, (consultant indépendant, ex directeur auprès de la FAO), Mohamed Aït Kadi, (Académie Hassan II et CGDA) et Mohamed Naciri (UM5R).

L'on sait, en effet, que si elle a été longtemps connotée négativement, la notion de «terroir», associée à la mise en place des indications géographiques et au développement du tourisme rural, a été redéfinie au cours des trois dernières décennies au point d'apparaître comme un gage de qualité pour des produits agricoles et des paysages ruraux originaux. Initialement inscrite dans une logique marchande, la mise en avant du terroir est aujourd'hui rattachée à l'idéologie du développement durable en intégrant des préoccupations sociales et environnementales. Dans cette nouvelle optique, la notion de terroir, devenue inséparable de celle de «patrimoine», évoque une construction, sur le temps long, issue des interactions entre les sociétés et leurs natures, mais aussi un espace d'innovation permanente.

Après l'Europe méditerranéenne, un nombre croissant de pays du Sud ont adopté l'idée que la valorisation des ressources locales des terroirs et des patrimoines ruraux pouvait, ou devait, constituer l'un des grands chantiers de leurs politiques de développement pour les zones à faible compétitivité au regard des critères de l'agriculture industrielle. Dans les pays des rives Sud et Est de la Méditerranée, le processus de valorisation de ces terroirs-patrimoines a émergé

vers le début des années 2000. L'exportation de cette «mode du terroir» a suscité des recherches collectives au sein du Laboratoire Mixte International MediTer durant sa première phase (2011-2015) en amenant les chercheurs à se demander si, au Sud, le «terroir» peut constituer un nouveau modèle de développement économique, social et territorial, et proposer aux villes et aux campagnes, aux communautés locales et aux institutions étatiques, une nouvelle façon de «vivre ensemble».

A partir de l'expérience marocaine, et les résultats que présente l'ouvrage *Terroirs du Sud*, vers un nouveau modèle? Une expérience marocaine (Dir. M. Berriane et G. Michon, édition IRD et FLSH de Rabat), le séminaire a rappelé les grandes lignes de ces résultats, avant d'inviter les autres chercheurs à réagir sur ces résultats et à les discuter.

Les points proposés à la réflexion étaient au nombre de 4 :

- Les modalités et les enjeux du transfert au Sud de concepts et de dispositifs forgés au Nord;
- La pertinence de ces concepts et de ces dispositifs pour appréhender et valoriser la diversité des rapports des sociétés à la fois à l'espace, aux ressources et au pouvoir;
- La redéfinition, à travers les dynamiques de terroir, aussi bien de l'identité que de la gouvernance (locale et nationale) des ressources ou des modalités de la gestion collective des territoires;
- L'impact social et territorial de la mise en marché d'éléments autrefois soustraits de l'ordre marchand.

Dans une introduction de cadrage, Noueddine El Aoufi est parti de l'ouvrage précité pour montrer que l'expérience marocaine en matière de développement des terroirs et de développement par les terroirs y est largement restituée, à côté d'autres expériences. Il a ensuite souligné trois questions introduisant le séminaire.



Vue de l'audience

La première a trait à la pertinence du concept de terroir qui prend selon les disciplines, des significations plus ou moins différentes, eu égard à la réalité du Maroc. Est-ce qu'on est en présence d'un concept importé? S'agit-il d'une nouvelle trajectoire liée à la mondialisation? Est-ce que le «retour aux terroirs» est une forme de protection, d'aide aux catégories de populations du Pilier 2 du Plan Maroc vert? Ou bien, comme d'aucuns le soutiennent, ce n'est qu'une modalité de soumission de l'agriculture traditionnelle à la logique implacable du marché et d'expropriation du savoir paysan, ce qui a pour conséquence de reproduire les mêmes rapports d'exploitation des populations rurales et de les maintenir dans les mêmes difficultés structurelles? Le transfert au Sud de concepts et de dispositifs forgés et expérimentés au Nord est-ce la panacée? Pourquoi ne pas faire confiance, précisément, au savoir traditionnel local et compter sur les mille et une micro innovations, et sur les innombrables «bonnes pratiques» moléculaires construites, au fil de l'histoire, au sein du monde rural.

La seconde question concerne les formes de propriété que le terroir implique : à côté de la propriété privée et de la propriété publique, une tradition rurale au Maroc s'est développée, avant le Protectorat, autour du «commun» (ou Jmâa) dans la production, la répartition, comme dans le processus de prise de décision. Comment s'articulent aujourd'hui ces trois catégories de droits par rapport au terroir lui-même inséré dans une pluralité d'espaces, de logiques, de modes de gestion, etc.?

Enfin, la question des liens avec le développement, car il s'agit de deux niveaux différentes : micro d'un côté, macro de l'autre, local/national, marchand/non marchand, concurrentiel/coopératif, etc.

Y a-t-il entre les deux niveaux complémentarité organique, ou agrégation structurelle, ce qui ne fait qu'ajouter à la dualité d'autres dualités? Le développement des terroirs peut-il enclencher une dynamique de développement par les terroirs? Quelle réponse peut apporter le terroir à l'injonction royale relative aux échecs du modèle de développement à l'œuvre au Maroc? Peut-on parler du terroir, ainsi que le suggère l'argumentaire, comme d'un «nouveau modèle pour (re) penser les territoires ruraux autrement qu'à travers le prisme de l'agriculture intensive»? Est-ce qu'il n'y a pas une sur conceptualisation de quelque chose qui, sans être un savoir mineur, n'est pas non plus la voie royale vers le développement?

Dans le prolongement de ces questionnements, Mohamed Berriane a posé la question de savoir si l'approche terroir pouvait être un nouveau modèle de développement pour les zones défavorisées?

Il a rappelé qu'après l'Europe méditerranéenne, un nombre croissant de pays du Sud ont adopté l'idée que la valorisation des ressources locales des terroirs et des patrimoines ruraux pouvait, ou devait, constituer l'un des grands chantiers de leurs politiques de développement pour les zones à faible compétitivité au regard des critères de l'agriculture industrielle. Dans les pays des rives Sud et Est de la Méditerranée, le processus de valorisation de ces terroirs-patrimoines a émergé vers le début des années 2000, le Maroc étant parmi les premiers, avec la Turquie, à s'orienter vers la valorisation des produits et des patrimoines ruraux.

La notion de «terroir» a ainsi été redéfinie et apparaît désormais comme un gage de qualité et de devenir et un argument de vente pour des produits agricoles selon une logique marchande. Mais très vite elle adopte aussi le concept de développement durable en intégrant des préoccupations sociales et environnementales: Un élément légué au présent par le travail des générations précédentes pour fonder un futur commun. Dans cette nouvelle optique, la notion de terroir devient inséparable de celle de «patrimoine» : Le terroir est géré plus dans une optique de transmission de biens que dans une stratégie de maximisation du capital. Enfin si la spécificité représente une valeur domestique investie de qualités au niveau local, la diversité des terroirs constitue une richesse au niveau national.

Cependant, terroir et patrimoine sont des concepts forgés dans un contexte géographique, historique et linguistique particulier (Nord). D'où la question des modalités et des enjeux du transfert au Sud de ces concepts, ainsi que des outils d'analyse ou des dispositifs de développement qui les accompagnent. Plusieurs questions se posent alors :

- Les politiques de terroir peuvent-elles redéfinir des produits locaux qui répondent aux exigences de qualité des consommateurs urbains?
- Peuvent-elles générer au niveau local des projets intégrateurs qui valorisent la complexité bio-culturelle des lieux?
- À quelles conditions le «terroir», associé à la mise en place des indications géographiques, peut-il constituer un nouveau modèle de développement pour les zones défavorisées?
- Quelle est la capacité des acteurs locaux à s'approprier des démarches qui restent pour l'instant impulsées par le haut?

Afin d'apporter quelques réponses à ces questions, Geneviève Michon s'interroge alors sur les conditions qui doivent être réunies pour que le terroir puisse valoriser les patrimoines et savoirs locaux.

Elle constate que le terroir s'est récemment imposé au Maroc comme une norme de qualité incontournable pour les produits agricoles issus des zones rurales marginalisées par la modernisation agricole capitaliste. Par ailleurs, de nombreuses initiatives de mise en patrimoine des éléments des cultures rurales émergent portées aussi bien par des collectifs locaux que par des institutions publiques. Terroir et patrimoine devraient se renforcer l'un l'autre. Mais l'observation des dynamiques en cours dans les arrière-pays marocains tend à modérer cette affirmation : la spécification des produits agricoles par le terroir tend souvent à uniformiser, voire à banaliser les productions, en les vidant de leur contenu historique et culturel pour en faire des produits correspondant aux normes des marchés. A quelles conditions peut-on alors envisager une valorisation marchande de ces produits de terroir qui garantisse pleinement la conservation de leur qualité patrimoniale? Autrement dit, comment faire en sorte que cette mise en avant du terroir permette aux cultures rurales de s'inscrire dans une modernité qui n'efface pas leurs patrimoines mais, au contraire, en fasse un des fondements de leur développement?

Elargissant le débat sur le concept de terroir, Grigori Lazarev rappelle quant à lui la pluralité du concept porteur qu'est le terroir.

Selon lui, le terme «terroir» a, dans le langage français courant, le sens d'une référence identitaire propre à un espace qui se différencie des autres. On parle d'accent de terroir, de produits de terroir. Pour les agronomes, ce terme a un sens précis, celui d'un espace de sols ayant une aptitude pour une production particulière; on l'emploie surtout pour caractériser les terres aptes à une production viticole bien identifiée. Les géographes l'ont employé dans le même sens jusqu'à ce que l'un d'entre eux, le géographe Sautter l'utilise pour caractériser l'espace cultivé des villages africains.

Dans les années 1970, en effet, Sautter en généralisa l'usage en entreprenant, avec d'autres géographes africanistes, un Atlas des terroirs villageois de l'Afrique de l'Ouest. Le terme fut, peu de temps après, repris par les agences françaises de développement pour désigner une approche de développement fondée sur la prise en compte de tout l'espace agraire cultivé par une communauté donnée. Cette approche, qui se voulait participative, souhaitait s'opposer aux approches sectorielles des projets centrés sur les seules cultures de rente. Cette initiative rencontra une forte adhésion et devint le thème central d'une politique de développement des terroirs villageois. Les projets qui y furent associés eurent des résultats très variables mais ils contribuèrent à imposer le terme de terroir pour désigner l'espace agraire occupé par une communauté. L'enseignement, surtout celui délivré à Montpellier, lui donna une consécration académique.

Dans le même temps, le terme fut abondamment employé en France pour qualifier des produits caractéristiques d'un lieu d'origine privilégié. Ce fut le départ de la flambée commerciale des «produits de terroir». Au cours des années, cette image de marque est devenue le support d'une branche bien identifiée des politiques de production agricole et agro-alimentaire. C'est sous cette forme que le modèle est entré dans la politique agricole du Maroc, y constituant une branche, de plus en plus soutenue par les mesures de labellisation. Aujourd'hui, le terme tend aussi à s'appliquer, de façon assez imprécise, aux activités qui caractérisent une personnalité régionale ou locale bien identifiée.

Mais pendant les mêmes années, le terme de terroir a été de plus en plus employé au Maroc dans son second sens, celui de «territoire villageois». L'usage en a été fait dans de nombreuses études et projets, et il est aussi entré, avec ce sens, dans le vocabulaire des géographes marocains. Cette définition de «territoire villageois» n'est pas en accord avec le vocabulaire géographique classique qui désigne ce territoire par le vieux mot de «finage». Il n'en reste pas moins que le terme «terroir» s'impose de plus en plus pour le remplacer. Le terme «terroir», compris dans ce sens, n'a pas d'équivalent en anglais, langue qui, cependant, commence à utiliser le mot français.

Cette signification territoriale, quelle que soit l'exactitude sémantique, prend aujourd'hui une importance nouvelle dans les politiques de restauration des ressources naturelles. L'expérience a, en effet appris que de telles restaurations ne pouvaient pas être conduites sans une participation forte des communautés d'usagers. Cette expérience a aussi montré que la clé de cette participation était de s'adapter aux droits d'usage coutumier des communautés concernées. La question méthodologique s'est donc déplacée vers la problématique de reconnaissance de ces droits. La question est d'autant plus importante que ces droits coutumiers sont ignorés par les autorités qui exercent une tutelle sur quasiment toutes les ressources naturelles. Une expérience méthodologique démontre qu'il est possible de reconnaître et cartographier ces droits avec la collaboration d'une population locale.

Le «terroir» dans ses significations plurielles, apparaît ainsi comme un concept porteur. Son emploi qu'il s'agisse de produits ou de culture locale, ou bien de participation territoriale, est, dans tous les cas, associé à des politiques novatrices. La force du terme est de redonner leur place aux identités locales et d'en faire le vecteur de nouvelles forces de progrès.

Dans le cas du Maroc, le terroir et ses produits fait partie intégrante de la politique publique marocaine à travers le Plan Maroc Vert. Mohamed Aït Kadi s'arrête à ce propos sur la territorialisation comme levier stratégique de mise en œuvre du Plan Maroc Vert.

Le Plan Maroc Vert met en avant le principe d'une agriculture pour tous, sans exclusive, adaptée à chaque type de territoire et à chaque type d'agriculteur. Ce principe rompt avec l'image

simplifiée d'une agriculture duale opposant un secteur moderne à un secteur d'agriculture familiale qualifié de «traditionnel». Le Plan Maroc Vert considère plutôt l'agriculture marocaine comme une agriculture plurielle dans laquelle tous les territoires et tous les agriculteurs auront trouvé une place dans un ensemble national valorisant au mieux leurs opportunités et leurs potentialités respectives.

De ce fait, la territorialisation est l'un des leviers stratégiques de mise en œuvre du Plan Maroc Vert. Parce qu'elle tient compte des systèmes agro écologiques et des possibilités différenciées des diverses régions agricoles du pays, elle apporte un outil pour développer la compétitivité des territoires et ainsi placer l'agriculture dans les meilleures conditions pour répondre aux demandes des marchés extérieurs et intérieurs. Parce qu'elle implique nécessairement la prise en compte des interactions de l'agriculture avec toutes les composantes des milieux naturels, elle répond aux nécessités de la durabilité et de la préservation du patrimoine environnemental. Parce qu'elle se fonde sur les relations qui existent entre les agriculteurs et les espaces qu'ils utilisent elle crée de nouvelles bases pour différencier les politiques agricoles selon les types d'exploitations et selon les caractéristiques plurielles de la ruralité. Parce qu'elle s'inscrit dans la logique politique de la régionalisation avancée, la territorialisation dessine de nouveaux champs d'action pour faire émerger des porteurs de projets, stimuler les partenariats contractuels, régionaux ou locaux et dynamiser de nouvelles formes de gouvernance du secteur agricole. La territorialisation se place, ainsi, au croisement des politiques de filières et des acteurs décentralisés et commande largement, de ce fait, les améliorations dans la chaîne des valeurs qui pourront en résulter.

Enfin, en guise de conclusion, Mohamed Naciri se demande si Les produits du terroir viendront-ils à bout du dualisme agraire?

Le dualisme agraire et agricole est né avec la colonisation. Les essais généreux destinés à montrer qu'il est possible d'en amorcer la résorption ont abouti à l'échec du fait de l'opposition acharnée des colons craignant que le déplacement de ressources financières destinées à une expérience d'amélioration de la condition paysanne se fasse à leur détriment. Avec l'indépendance, l'espoir de parvenir à une transformation significative des procédés techniques et des statuts fonciers, par la

mécanisation (opération labour) et par la réforme agraire (distributions de quelques arpents des terres coloniales) s'est à son tour mué en désillusion.

Aujourd'hui, ce même espoir semble renaître, autrement : la généralisation de la prise de conscience des petits agriculteurs de la possibilité d'améliorer leurs productions est à l'origine de ce nouvel élan : le but est d'assurer par les soins apportés à la qualité des productions des terroirs, à l'amélioration de leurs conditionnements ainsi qu'à la nécessité, pour plus d'efficacité de s'insérer dans des structures associatives et dans des filières de commercialisation. Des circonstances nouvelles d'évolution permettent apparemment un optimisme, mais limité, dans le processus de sortie du dualisme. Car plusieurs facteurs interviennent pour inhiber cet espoir.



Participants au séminaire

La politique publique (Pilier II du plan du Maroc vert, agences régionales de développement) destinée à promouvoir ce nouveau "deal" agricole n'est pas parvenue, en effet, à assurer une extension significative de ces innovations à l'ensemble des territoires marginaux du pays; elle n'a pas réussi à assurer la protection efficace des secteurs innovants menacés par la déterritorialisation, et par le piratage de l'identité et la confiscation des labels d'origine de plusieurs produits de terroir performants.

Il faut donc rechercher, au-delà de ce constat, les raisons du décalage permanent entre le domaine de la grande production agricole bénéficiant des appuis matériels et financiers publics et une petite agriculture en manque d'encadrement efficace et d'apports en ressources d'appui qui lui permettront de sortir de sa marginalité organique, malgré des succès indéniables de certains secteurs de produits de terroir.

En conclusion on peut dire que la politique de promotion des produits des terroirs doit garder présent à l'esprit que la mise en avant du terroir efface, faute de l'avoir comprise ou d'en avoir mesuré l'importance, la complexité bio-culturelle des lieux. Il faut également s'interroger sur les capacités des politiques des terroirs à générer au niveau local un projet intégrateur, alors qu'elles ont largement montré leur capacité à créer ou à consolider des filières, à redéfinir des produits locaux de façon à ce qu'ils puissent répondre aux exigences de qualité des consommateurs urbains. L'enjeu principal étant la capacité des acteurs locaux à s'approprier les démarches descendantes et à les redéfinir pour éviter qu'elles ne dérivent vers une « mise en conformité » des sociétés, des systèmes de production et des produits qui font toute la richesse et la diversité du monde rural.

Au-delà du Maroc, c'est bien la question de la pertinence de la notion de «terroir» et des politiques qui lui sont associées pour la valorisation des qualités et des diversités culturelles, agraires et paysagères des Suds qui est posée. Le terroir peut-il offrir un nouveau modèle pour (re)penser la construction des territoires ruraux autrement qu'à travers le prisme de l'agriculture intensive, c'est à dire non seulement en partant des productions locales existantes, mais aussi en suscitant ou en accompagnant des initiatives innovantes qui inventent de nouveaux territoires?



Appui à la recherche scientifique et technique

Etude épidémiologique et génétique des leucémies myéloïdes aiguës

Sellama NADIFI

Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Hassan II de Casablanca, Maroc



Préambule

La leucémie aiguë myéloïde (LAM) est caractérisée par l'infiltration de la moelle par les cellules blastiques de type myéloblastes. Les LAM surviennent dans 80% des cas chez l'adulte et 20% chez l'enfant. Leur diagnostic repose sur l'examen cytomorphologique du sang et de la moelle et l'étude cytogénétique. L'immunophénotype des blastes et l'étude moléculaire complètent le diagnostic et sont en outre utiles au pronostic et aux nouveaux protocoles thérapeutiques. Le traitement des LAM repose avant tout sur la chimiothérapie, éventuellement complétée par l'allogreffe de cellules souches hématopoïétiques, et dans certains cas par des thérapeutiques plus spécifiques.

La classification des LAM, par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), de 2008, révisée en 2016 en intégrant les données cytogénétiques et moléculaires, permet actuellement la définition d'entités distinctes dont la valeur pronostique est mieux définie. Actuellement, ces critères permettent le classement de plus de 70 à 80% des LAM.

Les LAM avec caryotype anormal avec anomalies récurrentes incluant les translocations équilibrées, les inversions et les mutations géniques. Ce groupe est très hétérogène et la classification cytogénétique reste le facteur pronostique le plus important (Tableau 1). Elle permet de distinguer les groupes à risque : les LAM de pronostic favorable, correspondant aux LAM promyélocytaires et LAM avec [t(8;21) et inv(16)], où la survie globale à 5 ans est de 60% à 70%. Les LAM de pronostic défavorable [t(6;11) et inv(3)], ayant une survie globale de moins de 20%.

Par ailleurs, **les LAM à caryotype normal (LAM-CN)** sont restées pendant longtemps de pronostic et d'évolution aléatoires. La découverte de nouvelles mutations de gènes impliqués dans l'hématopoïèse ces dernières années (Figure 1) a permis de préciser le pronostic de ce groupe et de définir de nouvelles catégories pronostiques, avec la possibilité d'un traitement par chimiothérapie intensive. Certaines de ces anomalies moléculaires sont associées à un pronostic relativement favorable (mutations du gène NPM1 (Nucléophosmine) et de CEBPA), tandis que d'autres confèrent un pronostic défavorable (mutation du gène FLT3-récepteur tyrosine kinases).

Le statut mutationnel de ces trois gènes CEBPA, NPM1 et FLT3 permet actuellement de subdiviser le groupe des LAM à caryotype normal en deux :

- Le premier sous-groupe, qui représente environ 1/3 des cas de LAM à caryotype normal, est constitué par les patients présentant une mutation de CEBPA ou de NPM1 sans FLT3-ITD associée (CEBPA positif ou NPM1 positif/ FLT3-ITD négatif). Ces patients, ont une survie à 5 ans d'environ 60%, sont considérés comme de bon pronostic et ne tirent pas de bénéfice de l'allogreffe et pour lesquels on va proposer une thérapie plus agressive afin d'améliorer leur pronostic.
- Le second sous-groupe correspond aux patients mutés FLT3-ITD pour qui le pronostic est médiocre (moins de 30% de survie à 5 ans) et qui peuvent bénéficier éventuellement d'une allogreffe (si possible) en première rémission complète.

Tableau 1 : Classification pronostic des LAM (OMS 2016)

Groupe génétique	Caractéristiques
Favorable	t(8;21)(q22;q22); RUNX1-RUNX1T1 inv(16)(p13;q22) ou t(16;16)(p13;q22); CBFβ-MYH11 Caryotype normal et mutation NPM1 et absence de mutation FLT3-ITD Caryotype normal et mutation CEBPA
Intermédiaire I	Caryotype normal et mutation NPM1 et mutation FLT3-ITD Caryotype normal et absence de mutation NPM1 et mutation FLT3-ITD Caryotype normal et absence de mutation NPM1 et absence de mutation FLT3-ITD
Intermédiaire II	t(9;11)(p22;q23); MLLT3-MLL Toutes les autres anomalies non classées comme favorable ou défavorable.
Défavorable	inv(3)(q21;q26) ou t(3;3)(q21;q26); RPN1-EV1 t(6;9)(p23;q34) t(9;11)(p22;q23) MLL réarrangé sauf t(9;11)(p22;q23) -5, del(5q); -7; anomalie 17p Caryotype complexe (> 3 anomalies)

* en l'absence de l'une des translocations ou inversion réciproques décrites dans la classification OMS : t(15;17), t(8;21), inv(16) ou t(16;16), t(3;3), t(9;11), t(6;9), inv(3) ou t(3;3).

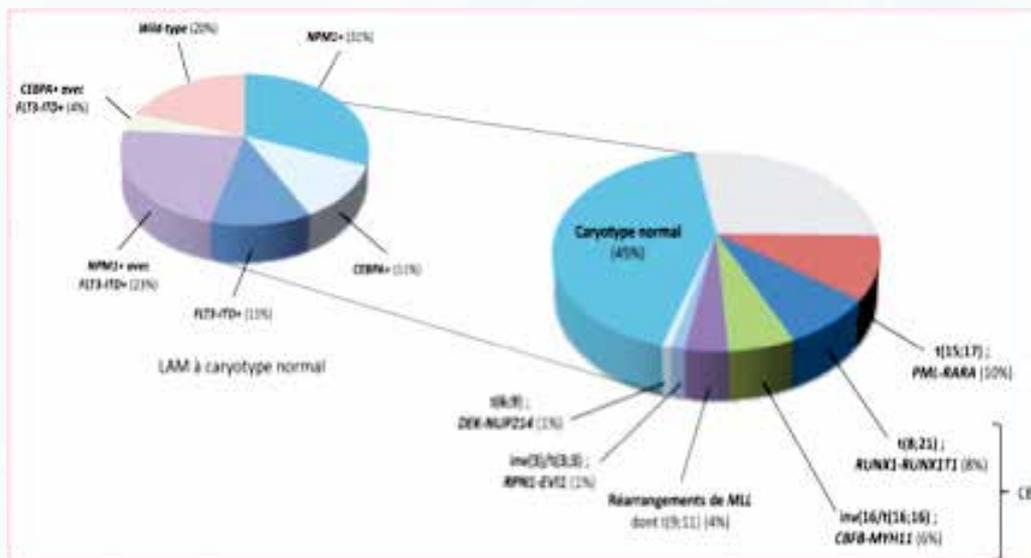


Figure 1 : Anomalies cytogénétiques et moléculaires des LAM de l'adulte

Les méthodes d'analyse pangénomique, ont permis de décrire d'autres mutations récurrentes, affectant les gènes du contrôle épigénétique tels que les gènes IDH1, IDH2, TET2, DMT3A, ou ASXL. Ces mutations permettraient de mieux définir le pronostic des patients atteints de LAM, en particulier dans le sous-groupe des LAM-CN.

La leucémie myéloïde chronique (LMC) est un syndrome myéloprolifératif rare, représentant 2 à 5% des leucémies de l'enfant et 15% des leucémies de l'adulte. Elle est caractérisée par la présence du chromosome Philadelphie correspondant à la translocation t(9 ; 22). Son diagnostic et sa prise en charge se basent sur les données de l'hémogramme,

du caryotype et de la quantification et le suivi de la maladie résiduelle.

Au Maroc et selon le Registre du cancer de Casablanca 2005, l'incidence des leucémies est 2,5 fois plus élevée chez les hommes que chez les femmes. Les leucémies chroniques sont plus fréquentes, soit 55% contre 45% pour les leucémies aiguës, l'âge moyen est de 39,6 ans pour les hommes et 37,6 ans pour les femmes et 1 cas sur 5 est un enfant de moins de 15 ans. L'incidence augmente avec l'âge entre 55 et 74 ans pour les hommes et entre 45 et 54 ans chez les femmes. Les leucémies myéloïdes chroniques représentent 41% contre 23% pour les leucémies aiguës.

Objectifs du projet

Ce projet vise à contribuer à une meilleure connaissance des anomalies chromosomiques et moléculaires à l'origine des LAM et LMC, afin de bien définir les sous-groupes de pronostics différents et d'adapter au mieux des traitements ciblés selon la carte moléculaire.

Pour cela, l'équipe a recherché des gènes de fusion (PML-RARa, AML1-ETO, CBFb) et d'autres (MLL-ETO, MLLT3-MLL, DEK-NUP214, RPN1-EVI1, RBM15-MKL1) chez les malades avec LAM ou LMC. Elle a également recherché des mutations ponctuelles et/ou de ITD (*Internal Tandem Duplication*) dans les gènes FLT3, NPM1 pour les LAM à caryotype normal qui représentent plus de 45% des LAM.

Enfin, l'équipe a complété ce travail par la quantification des transcrits pour l'étude de la maladie résiduelle «MDR : *Minimal Residual Disease*», la recherche pharmacogénétique de la résistance au traitement à l'*Imatinib* et la prédisposition génétique à développer une leucémie.

Résultats obtenus

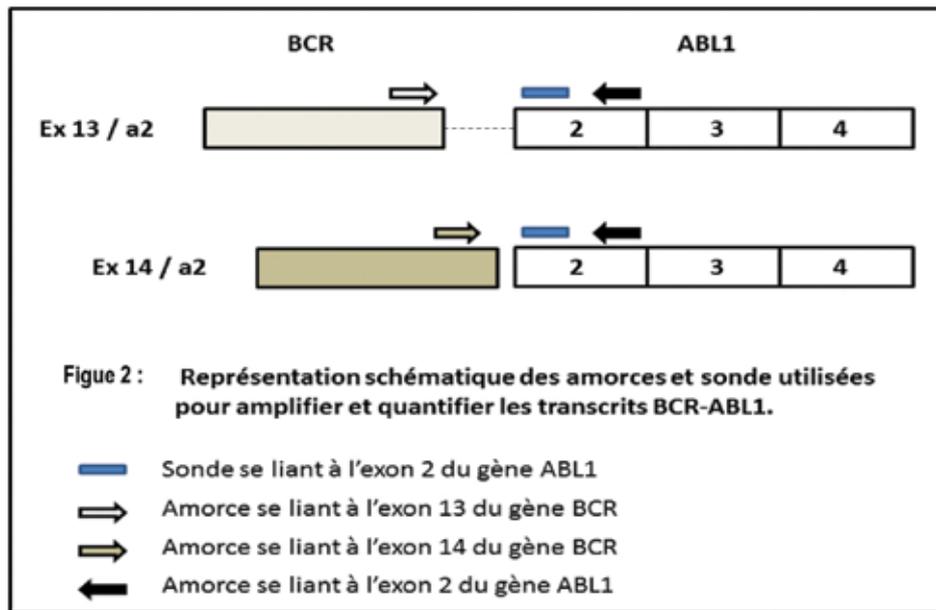
Les résultats de recherche de mutations ont montré que 47% de gène de fusion dans la LMC sont représentés par les gènes BCR/Abl (translocation entre le chromosome 9 (9q34.1) et le chromosome 22 (22q11.2)). Dans la LAM, la mutation FLT3-ITD représente 6%, t(15 ;17) a été retrouvée dans 4% des cas, et les autres mutations retrouvées inv(16), t(8 ;21), MLL ou FLT3-D835 représente chacune 1%.

La quantification des transcrits BCR-ABL1 dans la LMC s'avère un outil important pour le diagnostic et le suivi de la maladie résiduelle chez des patients

LMC avant et après le traitement. Dans cette partie du projet, l'équipe a proposé la mise au point de la procédure de quantification des transcrits BCR-ABL1. Puis, l'étude de la réponse immunitaire chez les patients LMC, afin d'identifier les gènes dont l'expression est corrélée à l'apparition de la maladie, en utilisant la technique RT-PCR en temps réel. Cette dernière a été décrite comme étant la technique la plus sensible qui peut être utilisée pour le suivi et l'évaluation de la réponse des patients au traitement.

L'approche utilisée consistait en l'extraction de l'ARN à partir de cellules «PBMC» de patients. L'ARNm est ensuite sujet à une reverse transcription (RT) pour obtenir l'ADN complémentaire (ADNc). Cet ADNc est amplifié par PCR en temps réel en utilisant les paires d'amorces adéquates et une sonde TaqMan fluorescente.

La sonde et les amorces utilisées pour amplifier et quantifier les différents transcrits, provenant de la translocation de l'exon 13 ou l'exon 14 du gène BCR avec l'exon 2 du gène ABL1, ont été conçues par l'équipe. Ainsi, les deux amorces sens changent mais l'amorce anti-sens (se liant à l'exon 2 du gène ABL1) reste inchangée. Ces deux translocations (exon 13 et exon 14) correspondent aux translocations détectées chez 98% des patients LMC. Une autre amorce sens a été choisie au niveau de l'exon 1 du gène ABL1. Elle est également utilisée en combinaison avec la même amorce anti-sens se liant à l'exon 2 du gène ABL1 (Figure 2). L'objectif dans ce cas est d'amplifier le transcrit relatif au gène ABL1 sauvage qui sera donc utilisé comme contrôle interne. Dans tous ces cas de figure, la localisation de la sonde va permettre de détecter tous ces transcrits via l'approche TaqMan.



Afin de pouvoir réaliser une quantification absolue des transcrits chez les patients, nous avons utilisé une «Gamme étalon» avec un plasmide certifié internationalement, dans lequel un fragment d'ADN codant pour la protéine de fusion a été cloné. 6 plasmides linéarisés de concentrations différentes ont été produits. Ces plasmides présentent un nombre de copies croissant et préalablement déterminé à l'aide de la PCR digital.

Les résultats de la quantification des transcrits BCR-ABL1 chez des patients ont permis d'évaluer l'expression du gène BCR-ABL1 chez les malades

en utilisant les amorces et sondes conçues en interne (Figure 3).

Une courbe standard a été générée en utilisant une dilution en série d'une concentration d'ADN plasmidique connue.

Cette approche est maintenant utilisée en routine par les médecins généticiens, au laboratoire, pour le suivi de cette pathologie. Dans le même état d'esprit, l'équipe a collaboré avec «MASCLR», pour mettre au point un test de quantification (voir la liste des publications).

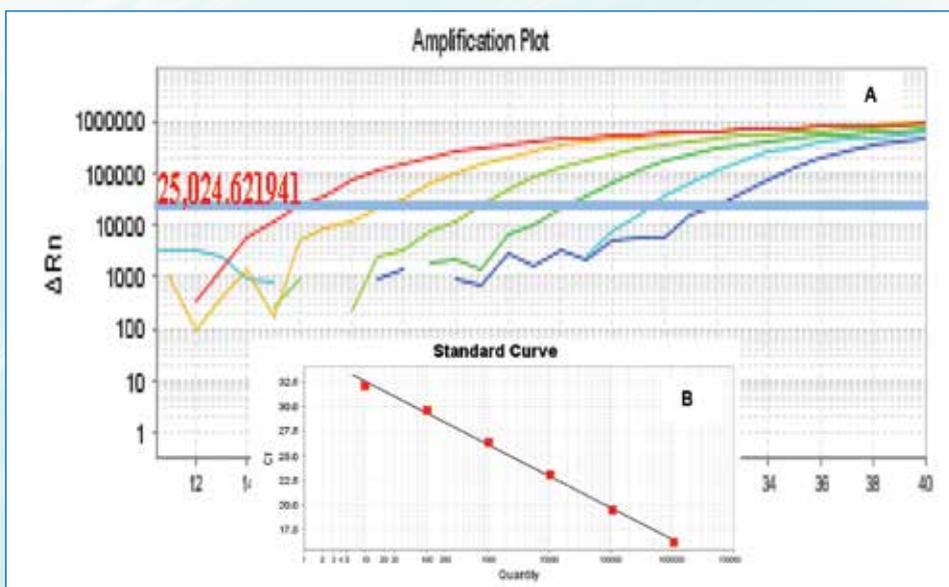


Figure 3 : Quantification absolue des transcrits BCR-ABL1 par PCR en temps réel.

A) Tracé d'amplification des différentes concentrations utilisées. B) Courbe standard de l'ADN plasmidique.

Etude de la résistance au traitement

Les résultats obtenus dans ce projet ont montré que les LMC présentent une grande hétérogénéité clinique, biologique, et génétique et une variabilité à la réponse au traitement. Aussi, nous avons mené une étude pharmacogénétique incluant les gènes impliqués dans la réponse aux traitements.

L'*Imatinib*, le médicament le plus utilisé dans le traitement de la leucémie myéloïde chronique (LMC) au Maroc, reste un traitement efficace mais, certains patients tardent à obtenir les résultats escomptés ou ne répondent pas du tout. Afin de mieux comprendre cette variabilité de la réponse thérapeutique, vraie préoccupation pour les cliniciens, nous avons exploré l'influence des mutations des gènes impliqués dans le métabolisme des médicaments et des xénobiotiques, notamment les gènes des enzymes du cytochrome p450 (G15631T), du glutathion s-transférase (GSTM1, GSTT1) et le MDR1 (C1236T, C3435T, C3435T, G2677A). Il ressort de cette étude que :

- Les patients porteurs des profils 15631GG/GT du cytochrome, CYP2B6 et la combinaison GSTT1 nulle/GSTM1 nulle de la glutathion s-transférase étaient significativement associés à la réponse cytogénétique complète après 18 mois de traitement.
- La résistance cytogénétique primaire ainsi que la perte de la réponse hématologique étaient plus fréquentes chez les patients porteurs de la combinaison génotypique GSTT1 présente/GSTM1 présente.
- Les effets secondaires étaient plus fréquents chez les patients portant les génotypes 15631GG (CYP2B6) et la GSTT1 nulle.
- Aucune influence significative du gène MDR1 sur la réponse à l'*Imatinib* n'a été observée.
- Par ailleurs, nous avons noté que la GSTT1 nulle ainsi que l'allèle 1236T du MDR1 constituent des facteurs de risque de la LMC.

En conclusion et à la lumière de nos observations, l'identification des génotypes du CYP2B6 15631G>T, de GSTM1 et de GSTT1 pourrait aider à la prédiction de la réponse thérapeutique chez nos patients traités par l'*imatinib* et à comprendre

le risque que les allèles mineurs jouent dans la susceptibilité de la LMC.

L'étude de la prédisposition génétique aux leucémies myéloïdes aiguës des mutations des gènes GSTT1, GSTM1, DNMT3A, GSTP1 et CYP2D6, a montré que :

- Le génotype nul de GSTT1 était significativement associé au risque de développement de LAM (OR: 2.80; 95% CI: 1.63-4.80, P=0.00036).
- La délétion homozygote des deux gènes GSTM1 et GSTT1 est significativement associée au risque de développer la maladie (OR: 2.32, 95% CI: 1.15-4.66, P=0.019).
- Aucune association significative n'a été observée entre le génotype GSTM1 nul et le risque de LAM (OR: 1.20;95% CI: 0.72-1.97, P=0.53).

En conclusion, les résultats de notre étude suggèrent une forte association entre le génotype nul de GSTT1 et les génotypes homozygotes nuls de GSTM1 et GSTT1 avec le risque de survenue de LAM au Maroc.

Publications résultant de ces travaux de recherche

- «*Association of Glutathione S-transferase Genes (M1 and T1) with the Risk of Acute Myeloid Leukemia in a Moroccan Population*»; Ait Boujmia Oum Kaltoum, Nadifi Sellama, Dehbi Hind, Kassogue Yaya, Lamchahab Mouna, Quessar Asma. Middle East Journal of Cancer; January 2017; 8(1): 7-12;
- «*Evaluation of a novel multiplex -2- RT-qPCR assay for the quantification of leukemia associated BCR-ABL1 translocation*»; Kottwitz D, El Hadi H, El Amrani M, Cabezas S, Dehbi H, Nadifi S, Quessar A, Colomer D, Moumen A, Sefrioui H. Int J Hematol. 2015 Sep;102(3):335-41. doi: 10.1007/s12185-015-1839-4. Epub 2015 Aug 5.
- «*Quantitative real-time polymerase chain reaction as an efficient molecular tool for detecting minimal residual disease in Moroccan chronic myeloid leukemia patients*»; Moumen A, Dehbi H, Kottwitz D, El Amrani M, Bouchoutouch N, El Hadi H, Quessar A, Benchekroun S, Nadifi S, Sefrioui H. Genet. Mol. Res. 2015 Feb 6;14(1):1044-55. doi: 10.4238/2015.February.6.8.

- «Association of glutathione S-transferase (*GSTM1* and *GSTT1*) genes with chronic myeloid leukemia»; Kassogue Y, Dehbi H, Quachouh M, Quessar A, Benchekroun S, Nadifi S. Springerplus. 2015 May 1;4:210. doi: 10.1186/s40064-015-0966-y. eCollection 2015.
- «Effect of interaction of glutathione S-transferases (*T1* and *M1*) on the hematologic and cytogenetic responses in chronic myeloid leukemia patients treated with imatinib»; Kassogue Y, Quachouh M, Dehbi H, Quessar A, Benchekroun S, Nadifi S. Med Oncol. 2014,jul;31(7):47. doi: 10.1007/s12032-014-0047-z. Epub 2014 Jun 10.
- «Functional polymorphism of *CYP2B6* G15631T is associated with hematologic and cytogenetic response in chronic myeloid leukemia patients treated with imatinib»; Kassogue Y, Quachouh M, Dehbi H, Quessar A, Benchekroun S, Nadifi S. Med Oncol. 2014 Jan; 31(1):782. doi: 10.1007/s12032-013-0782-6. Epub 2013 Nov 29.
- «Genotype variability and haplotype frequency of *MDR1* (*ABCB1*) gene polymorphism in Morocco»; Kassogue Y, Dehbi H, Nassereddine S, Quachouh M, Nadifi S. DNA Cell Biol. 2013 Oct; 32(10) : 582-8. doi : 10.1089/dna.2013.2108. Epub 2013 Aug 9.
- «*FLT3-ITD* Incidence and *FLT-D835* Mutations in Acute Myeloid Leukemia Patients with Normal Karyotype in Morocco: a Preliminary Study»; Dehbi H, Kassogue Y, Nasserddine S, Quessar A. and Nadifi S. Middle East Journal of Cancer 2013; 4(1): 1-6;

Formation du personnel de la recherche

- «Mise en place de la quantification des transcrits bcr/abl dans la LMC», par Nezha SENHAJI dans le cadre d'un Post-doctorat, ayant bénéficié d'une bourse de l'UNESCO 2016-2017, sous la direction Pr S. NADIFI.

Thèses de doctorat

- «Etude de l'impact des polymorphismes du gène de la glutathion S-transférase, du gène de résistance multiple aux médicaments et du cytochrome P450 sur la susceptibilité et la réponse au traitement de la leucémie myéloïde chronique», soutenue par Yaya KASSOUGUE à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Casablanca en janvier 2015, sous la direction du Pr S. NADIFI;
- «L'étude de la prédisposition génétique aux leucémies myéloïdes aiguës des mutations des gènes *GSTT1*, *GSTM1*, *DNMT3A*, *GSTP1* et *CYP2D6*», en cours de soutenance par Kaltoum AIT BOUJAMIA sous la direction du Pr A. QUESSAR.

Mémoires de Masters

- «Etude moléculaire et cytogénétique de la leucémie myéloïde chronique et aiguë: expérience du LGPM», soutenu par Ilham FEJOU à la Faculté des Sciences et Techniques (FST) de Settat en septembre 2012, sous la direction du Pr H. DEHBI;
- «Apport de la FISH dans l'étude des leucémies myéloïdes», soutenu par Kaltoum AIT BOUJAMIA à la Faculté des Sciences Ain-Chock de Casablanca en juillet 2013, sous la direction du Pr H. DEHBI;
- «Implication du gène *MTHFR* dans la Leucémie myéloïde aiguë et chronique», soutenu par Hind HASSANI IDRISSE à la FST de Settat en juillet 2013, sous la direction du Pr H. DEHBI;
- «Syndrome myéloprolifératif et *JAK2* et *MTE*», soutenu par Mouna IZAGHOUR à la FST Settat en juillet 2013, sous la direction du Pr H. DEHBI.

Licence

- «Conservation cellulaire et cellulothèque», soutenu par Hayat KHOUDRI à la FST de Settat en juillet 2012 sous la direction du Pr H. DEHBI.



Les conférences de l'Académie

Les conférences du second semestre 2017 (résumés)

Dans le cadre du cycle de conférences organisées par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, deux conférences ont été organisées au cours de ce semestre :

- **Le mercredi 20 septembre 2017** à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Fès, le Professeur Mimoun AZZOUZ, Directeur de la recherche et de l'innovation à l'Université de Sheffield au Royaume-Uni, a développé sa conférence sur le thème :

Neurological Disorders : from Mechanisms to Gene Therapeutics

Les maladies des neurones moteurs (MND) sont un groupe de conditions fatales caractérisées par une paralysie progressive et des déficits moteurs. Les MND les plus courants sont la sclérose latérale amyotrophique (ALS) et l'atrophie musculaire spinale (SMA).

Bien que des découvertes génétiques importantes aient été réalisées, les patients atteints de MND n'ont actuellement aucune option de traitement, en partie parce que les questions clés sur la pathogenèse moléculaire des MND restent sans réponse. Cependant, des rapports récents suggèrent qu'il existe un lien entre les mutations de plusieurs gènes et les MND.

Cette conférence a donné un aperçu du développement de systèmes vectoriels basés sur Adeno-Associated Virus (AAV 1-3). Leur utilisation pour la modélisation de la maladie et les applications pour le transfert de gènes dans le système nerveux pour les stratégies thérapeutiques dans les modèles animaux de maladies neurodégénératives humaines telles que la SLA et la SMA ont été exposées. De plus, en utilisant ces systèmes vectoriels, des modèles expérimentaux de maladie, y compris les cellules humaines, ont été présentés et discutés.



Le Professeur Mimoun AZZOUZ, diplômé en biologie de l'Université de Rabat en 1993, a obtenu un Master en Neurosciences à l'Université de Marseille en 1994 et un doctorat en Neuropharmacologie à l'Université Louis Pasteur à Strasbourg. Il a ensuite travaillé comme chercheur postdoctoral au centre de thérapie génique à Lausanne en Suisse de 1997 à 2000. Recruté en 2000 par Oxford BIOMEDICA PLC en tant que chercheur principal puis nommé directeur de la neurobiologie en 2003, il a également été chercheur à l'Université d'Oxford entre 2000 et 2005. En 2006, il a été nommé à la Chaire de neurotechnologie translationnelle à l'Université de Sheffield. IL est actuellement directeur adjoint de la Neurologie et directeur de recherche et de l'innovation.

La production du Professeur AZZOUZ dans la recherche translationnelle est caractérisée par des publications dans des revues scientifiques de premier ordre, y compris Nature et Nature Medicine. L'une de ses principales réalisations est sa participation à une approche de thérapie génique conçue pour réaliser le remplacement de la dopamine dans des modèles de la maladie de Parkinson.

Il a récemment remporté les prestigieux prix ERC Advanced Investigator (2011) et ERC PoC (2017). Ces prix sont le prix supérieur de l'UE et l'hominem reconnaissant sa prééminence dans la recherche biomédicale européenne.

Le Professeur Mimoun AZZOUZ a été élu membre du conseil d'administration de la British Society of Gene and Cell Therapy en 2016.

- **Le 27 novembre 2017** à l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, le Professeur Ei-ichi NEGISHI, lauréat du Prix Nobel de Chimie en 2010, a animé une conférence sur le thème :

Magical Power of D-Bloc Transition Metals as Demonstrated by Catalytic Highly Assymmetric C-C Bond Formation

Over the past several decades, d-block transition metals have been increasingly recognized and used as catalysts for various chemical reactions. In most cases, their superb catalytic properties may be attributed to one or both of the following two: (1) ability to provide simultaneously one or more each of the valence-shell empty orbitals that serve as LUMOs and filled nonbonding orbitals that serve as HOMOs; (2) ability to undergo simultaneously both reduction and oxidation under one set of reaction conditions in one reaction vessel. A combination of these two properties can be exploited in devising a wide variety of useful catalytic reactions for formation and cleavage of C-C, C-H, C-O and other bonds. For critically important C-C bond formation, i) reductive elimination, ii) carbometalation, and iii) migratory insertion may be exploited. The representative examples of reductive elimination and carbometalation are the Pd-catalyzed cross-coupling proceeding via reductive elimination and Zr-catalyzed asymmetric carboalumination of alkenes (ZACA reaction) proceeding via carbometalation. In this lecture, recent advances of ZACA (reaction will be discussed with emphasis on several methodological developments including: (i) ZACA-lipase-catalyzed acetylation- transition metal-catalyzed cross-coupling processes for preparing various enantiopure chiral alcohols; (ii) one-step homologation for the synthesis of deoxypropionates; (iii) the ZACA reaction of dienes to generate chiral cyclic compounds including those with all-carbon quaternary stereocenters.



Prs. Omar FASSI-FEHRI, Ei-ichi NEGISHI & El Mokhtar ESSASSI



Le Professeur Ei-ichi NEGISHI est né le 14 juillet 1935 à Changchun sur le territoire de la Chine, alors occupé par le Japon. Il a reçu sa maîtrise de science à l'université de Tokyo, puis travaillé au sein de la compagnie chimique Teijin, avant de partir aux États-Unis faire sa thèse à l'université de Pennsylvanie où il obtient son diplôme en 1963. Il intègre comme post-doc en 1966 le laboratoire de Herbert Charles Brown (lauréat du Prix Nobel de Chimie en 1979) à l'université de Purdue, puis en 1968 y obtient un poste d'assistant professeur. De 1972 à 1978, il a travaillé à l'université de Syracuse dans l'État de New York comme assistant professeur avant d'obtenir un poste de professeur à Purdue en 1979 où il enseigne toujours.

En 2010, il a reçu le Prix Nobel de chimie, partagé avec le chimiste japonais Akira Suzuki et le chimiste américain Richard F. Heck, pour les réactions de couplage catalysées par palladium en synthèse organique.



Richard F. Heck, Ei-ichi Negishi and Akira Suzuki : lauréats du Prix Nobel de Chimie 2010
Photo : The Nobel Foundation

Les travaux décrits par Heck, Negishi et Suzuki, ont permis à la chimie organique, considérée comme la chimie de la vie ou la chimie des composés du carbone, de connaître un développement rapide, efficace et en forme d'art. Ils ont, ainsi, contribué à la mise au point de nouveaux édifices organiques de structures plus élaborées et sophistiquées à l'instar des substances naturelles, et présentant des applications dans divers domaines (médecine, industries pharmaceutiques, électroniques, agrochimie, sciences des matériaux, environnement,...)

Il est à noter que le couplage de Negishi a été utilisé pour synthétiser le Naproxen (anti-douleur), le Taxol (traitement du cancer), ainsi que des marqueurs pour le séquençage de l'ADN et dans la fabrication de matériaux fonctionnels pour les écrans OLED (Organic Light Emitting Diodes) minces.



Vue de l'audience

**Les conférences programmées
au premier semestre 2018**

**Cycle de Conférences Académie HASSAN II des Sciences et Techniques
avec le concours du Service de Coopération et d'Action Culturelle (SCAC)
près l'Ambassade de France au Maroc.**

- «**A la recherche des rayons cosmiques d'Ultra Haute Energie**», le 05 février 2018, avec Antoine Letessier-Selvon, Directeur de recherche au CNRS et membre fondateur de l'observatoire Pierre Auger, à 17h00
- «**Renaissance et promesses actuelles de l'intelligence artificielle**», le 26 mars 2018, avec Jean-Gabriel Ganascia, Professeur à l'Université Pierre Marie Curie et président du comité d'éthique du CNRS, à 17h00
- «**Traiter le Lupus sans effet secondaire : de l'innovation fondamentale au médicament**», le 09 avril 2018, avec Sylviane Muller, Directrice du laboratoire d'immunologie et de chimie thérapeutique du CNRS à Strasbourg et finaliste du prix de l'inventeur européen 2017, à 17h00
- «**Sciences souterraines : Les signaux du silence**», le 14 mai 2018, avec Georges Waysand, Directeur de recherche au CNRS et fondateur du Laboratoire Souterrain à Bas bruit, à 17h00

Toutes les conférences auront lieu à 17h00 à la salle de conférences de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques (Rabat)

**Académie Hassan II des Sciences et Techniques Km 4, Avenue Mohammed VI – Rabat
(même entrée que l'Académie du Royaume du Maroc)**

Tel : (212 5) 37 75 01 79 / 37 63 53 76 / 37 63 53 77 - fax : (212 5) 37 75 81 71



Focus

Morocco : National policy and strategy aiming at using at best renewable sources of energy (2020 AND BEYOND) *

Albert SASSON

*Resident Member, Hassan II Academy of Science and Technology,
Kingdom of Morocco
pralbert.sasson@gmail.com*



Abstract

By contrast with some of its neighbours (Algeria, Tunisia, Libya), Morocco (northwestern Africa) has no significant oil and natural gas deposits. These two kinds of fossil energy must be imported and are used for transportation and power generation, as well as coal. Consequently the country has been developing since 2010 an ambitious policy and strategy aiming at using renewable sources of energy: solar energy, wind power and hydraulic power. All these renewable sources of energy produce electrical power, with the objective of reaching in 2020 the following energy mix: coal (26%), fuel oil (14%), natural gas (11%), solar (14%), eolian (14%), hydraulic (14%), other sources (7%). In 2020 the three kinds of renewable sources of energy are expected to generate 42% of the country's electricity, while in 2010 hydraulic and eolian energy produced 14% and 3%, respectively, of the country's electrical power.

Following the instructions of the Head of State, H. M. Mohammed VI, King of Morocco, the target for 2020 and 2030 has been heightened: 52% of national electricity will be produced from renewable sources of energy. In November 2016 Morocco has welcomed the Convention of Parties to the United Nations Convention on Climate Change (the so-called COP-22). Being a very low polluting country, deprived until now of fossil energy, Morocco wanted to show through its national policy and strategy that it was determined to reduce even more drastically its emissions of greenhouse-effect gases, and to become in the Middle East and North Africa (MENA) region a leader in the use of renewable sources of energy.

The Solar Plan called Noor (light in Arabic) will consist of building four units in and near Ouarzazate

(centre-southeast of the country) of a total capacity of at least 500 MW of electrical power, using both Concentrated Solar Power (thermosolar electricity) and photovoltaic power. The first unit Noor I began to function in February 2016, with a capacity of 160 MW of thermosolar electricity from cylindroparabolic captors distributed on ca. 480 hectares. The investment was ca. US \$700 million. Other sites will contribute more than Ouarzazate to the country's electrical power and altogether they will produce 2,000 MW or 14% of electricity in 2020.

Several wind-powered electrical farms are distributed across the country and some of them are in full production. Here also, the objective for 2020 is 2,000 MW of electricity and with an investment of ca. US\$6.7 billion. A similar effort was being made in the area of hydraulic power (2,000 MW in 2020).

Institutional changes were made by law in order to reformulate the missions of the following three agencies: MASEN becomes the Moroccan Agency for Sustainable Energy, responsible for the design, construction and maintenance of energy plants (solar, eolian and hydraulic), except the building of stations for energy transfer through pumping (STEP), which remain under the mandate of the National Electricity and Drinking Water Agency (ONEE, French acronym), whose role is focused on the production of electricity from fossil energy, in addition to its former transport and distribution of electricity and drinking water across the whole country. Finally the former National Agency for the Development of Renewable Sources of Energy (ADEREE, French acronym) now becomes the Moroccan Agency of Energy Efficiency, entirely focused on the improvement of energy efficiency, in its production and utilization.

* December 2017.

In terms of international cooperation Morocco collaborates with several countries for building its installations, while trying to increase the contribution of the national industry to the renewable-energy facilities. Likewise, in terms of research, within the framework of the National Research Institute for Solar Energy and Renewable Energies (IRESEN, French acronym) and of several universities involved in research on the renewable sources of energy,

Furthermore Morocco is part of the Desertec Industrial Initiative, whose objective is to convince decision-makers from Europe and the MENA region to initiate the creation of a market for electricity produced from wind-power and sunlight in desertic areas, with a view to meeting the increasing needs in the MENA region. Later on, by 2030-2050, the export of “clean” energy to Europe could become a reality; i.e. when the countries of the South achieve their energy transition to renewable sources of energy and when the international markets become mature in terms of regulations, technologies, costs, infrastructures and professional skills.

INTRODUCTION

Morocco (northwestern Africa) has been developing an ambitious policy and strategy aiming at using renewable sources of energy—wind power, thermosolar and photovoltaic electricity from solar energy, and hydraulic energy. The strategy concerning energy from the sun had been launched by the King of Morocco, H. M. Mohammed VI, in his speech to the nation on Friday 30 July 2010. A Moroccan Agency of Solar Energy (MASEN) was created and very important investments from Morocco and partner countries were announced. In fact integrated projects on solar and wind (eolian) energy had been launched on 2 November 2009 and 28 June 2010, respectively; they demonstrated the country’s will to marshalling renewable sources of energy with targets for 2020 and 2030. Not only Morocco was reducing its emissions of greenhouse-effect gases (particularly carbon dioxide) by 32% in 2030 (as announced at the COP21 in Paris in 2015), but that policy was realistically taking account of the fact that the country had not yet found oil and/or gas deposits. Morocco is a low-polluting country: it contributes to only 0.15 of the global emissions of greenhouse-effect gases, i.e. 2.2 tons of CO₂

per inhabitant in 2012 compared with 7 tons per inhabitant in France, 20 tons in North America and 62 tons in Kuwait. Morocco’s solar and eolian parks would avoid the annual production of 9.3 million tons of CO₂, i.e. 13% of present global emissions (2015)[Le Hir, 2016].

Furthermore Morocco had been working for more than 20 years on various aspects of research-and-development (R&D) on these renewable sources of energy within a national Centre for Development of Renewable Energies. The latter was transformed into an Agency for Development of Renewable Energies and Efficiency (ADEREE, French acronym), headquartered in Marrakech, the metropolis in the centre south of the country which enjoys *ca.* 300 days of sunlight per year. In fact several regions of the country enjoy such sunlight periods per year or even more: the south and extreme south, the northeast (Sasson, 2013, p. 614). New policies and strategic approaches, including the redefinition of the main agencies concerned, had been adopted since 2014, emphasizing the will of the country to use at best the available renewable sources of energy and build up the necessary installations.

At the World Economic Forum of the Middle East and North Africa (MENA) region, held in October 2010 in the city of Marrakech, Morocco was praised as a forward-looking country in the MENA region because of the launching of a megasolar project (called Noor)— see below. Morocco’s solar strategy aimed at meeting the country’s needs in electricity and associated industrial development: upstream—manufacturers of reflecting mirrors and their supports, photovoltaic panels, smart grid, etc., and downstream through the design, building, maintenance of thermosolar-electricity plants and solar parks (photovoltaic panels), as well as the funding mechanisms. Through such national policy and strategy Morocco took the leadership among the countries of the southern Mediterranean rim in the development of renewable sources of energy. In 2020 it was expected that 42% of Morocco’s electricity production would be generated from renewable sources of energy. In 2016 it was decided to heighten this target to 52% in 2030 (Kempf, 2013; Sasson, 2013).

The energy mix for electricity production in Morocco will therefore evolve in the following way (2010 and 2020):

Source of energy	2010	2020
Coal	48%	26%
Fuel oil	20% (imported)	14%
Natural gas	13%	11%
Hydraulic	16%	14%
Eolian	3%	14%
Solar		14%
Other sources		7%
		42% of electricity from renewable sources of energy: 2,000 MW from eolian; 2,000 MW from hydraulic energy; and 2,000 MW from solar energy.

THE NEW ENERGY MIX

Electricity production from solar energy

On 26 December 2015, the King of Morocco, H.M. Mohammed VI, gave instructions to the main actors concerned that in the future energy mix of the country the share of renewable sources of energy for electricity production be increased from 42% in 2020 to 52% in 2030. To that end solar energy converted into electricity will play an important role. The energy complex of Ouarzazate (centre-southeast of the country) has been the starting point of this national plan. In February 2016 the first unit of the complex called Noor I, began to function after ca. 22 months of construction with an investment of US\$700 million. Its capacity could reach 160 MW of thermosolar electricity (from 500,000 cylindroparabolic mirrors distributed on ca. 460 hectares, and reflecting solar rays, in order to heat a synthetic oil up to 400°C, with a storage capacity estimated at three hours at full power. Noor I supplies electricity to 600,000 people. The second and third units, called Noor II and Noor III, respectively, are also based on cylindroparabolic captors. Noor II will have a capacity of 200 MW of thermosolar electricity and a storage capacity of ca. seven hours; it will be built on a maximum of 680 hectares and its cost was evaluated at €810 million. Noor III will be based on the same technology (CSP with a tower for concentrating the incoming solar rays and heating a solution of salts) and will have a capacity of 150 MW, with

a storage capacity of eight hours; it will be built on a maximum surface of 750 hectares. Finally the last unit, called Noor IV, will use photovoltaic technology (with solar panels on a surface of ca. 210 hectares); its capacity was estimated at 70 MW. On 21 May 2015, the financing of Noor II and III was estimated at US\$2.3 billion. The latter will be provided through loans and own funds in a ratio of 80/20. The debt will be borne by the Moroccan Agency for Solar Energy (MASEN) thanks to funds guaranteed by the African Development Bank, the French Agency for Development (AFD), the Fund for Clean Technologies, the European Commission, the European Investment Bank, the Kreditanstalt für Wiederaufbau and the World Bank.

The photovoltaic plant of Ouarzazate (70 MW) is part of Noor PV I, which consisted of a total of three electricity-generation installations: one is located in Ouarzazate (70 MW), the two others being located in Laâyoune (80 MW capacity) and in Boujdour (on the extreme southern Atlantic coast, with a capacity of 20 MW). The photovoltaic complex with a total capacity of 170 MW was to be built as a project under a single contract. The investment for that project was estimated at 2 billion dirhams or US\$220 million. In September 2015, 37 interested companies from more than 20 countries delivered their offers in order to win qualification for the funding, construction and maintenance of Noor-PV I three plants. As a result 20 consortia were selected by MASEN. Finally by mid-November 2016, it was the big Indian

company Sterling and Wilson, an engineering company specialized in the construction of solar energy plants, who was chosen in order to build the plants of Noor- PV I, within the consortium led by Acwa Power, the Saudian compagny who won the international bid. Noor-PV I could start delivering electricity as of 2018. It should be reminded that photovoltaic electricity cannot be stored and, consequently, has a lower cost than that produced from cylindroparabolic captors (thermosolar electricity). MASEN will buy all the electricity produced by of Noor-PV I three plants through a contract signed for 10 years with the consortium in charge of the project. Thereafter MASEN will sell this electricity to the ONEE (French acronym for National Electricity and Drinking Water Agency) for distribution through a mutually agreed contract (Ben Hayoun, 2016 c).

A decree published in the 18 May 2017 *Official Bulletin* of the Kingdom of Morocco asserted that MASEN will be part of the six companies in charge of the development, exploitation and maintenance of the whole photovoltaic programme Noor-PV I. The three photovoltaic plants, Noor Ouarzazate IV (70 MW), Nour Laâyoune (80 MW) and Noor Boujdour (20 MW), will be built by Acwa Power Ouarzazate IV, Acwa Power Laâyoune and Acwa Power Boujdour, of which MASEN, through its subsidiary MASEN Capital, will acquire 25% of their equity. MASEN will also have 25% of the equity of the three companies– Nomac Ouarzazate IV, Nomac Laâyoune et Nomac Boujdour– in charge of the exploitation and maintenance of the three photovoltaic plants (Ben Hayoun, 2017a).

The financing of the investments needed (US\$220 million approximately) will be realized by loans to MASEN in the proportion of 81%, 81% and 77%, respectively for each plant. MASEN will, in partnership with Acwa Power, develop the programme Noor PV I. In order to co-finance this programme, MASEN had issued in November 2016 Green Bonds amounting to about €106 million; this was done through a private deposit subscribed at Attijariwafa Bank, Al Barid Bank, the Moroccan Pension Fund and the Moroccan Reassurance Central Society. In addition, a loan agreement for an amount of €60 million had been signed in November 2016 between MASEN and the German Bankengruppe, in order to fund the programme Noor PV I. The three photovoltaic

projects (Ouarzazate, Laâyoune and Boujdour) are part of MASEN's Independent Power Production (IPP) that integrates the ONEE. It is to be recorded that Acwa Power, who won the international bid for building the three plants, offered the lowest price for every kilowatt-hour (kWh) produced: 0.4614 DH or less than US\$0.05 (Ben Hayoun, 2017a).

During the first quarter of 2018 all the plants of the solar-energy complex of Ouarzazate will be producing electricity, i.e. Noor I, II, III and IV. The overall power capacity is estimated at 582 MW. These plants will make Noor Ouarzazate the world's biggest site for the production of electricity from solar energy thanks to different technologies. By the beginning of June 2017 the plants of Noor Ouarzazate II, III and IV were at their last stage of construction, and they should be ready to produce electricity before the end of March 2018. At that time, only the plant Noor Ouarzazate I (160 MW) was functioning;

With respect to other sites of installation of solar energy plants, those of Midelt and Tata will use both photovoltaic cells and cylindroparabolic captors, with a future capacity each of 800 MW (from 400 MW in 2014), i.e. a total of 1,600 MW. According to the ministry of energy and mining these figures will surpass the capacity of Noor Ouarzazate (580 MW), as well as that of the plants to be built at Laayoune (ca. 500 MW) and Boujdour (100 MW) in the Moroccan Saharan regions. Consequently for the first five sites identified in the Morocco's Solar Plan, MASEN estimated that the overall capacity will become much over 2,000 MW, i.e. more than initially announced. This would result in more than 14% of electric power installed in the country and in a 52% share of renewable sources of energy in the national energy mix for electricity production by 2030 (Ben Hayoun, 2016a). The investment for the completion of the Solar Plan was estimated at US\$9 billion, while six years of construction were needed.

It was scheduled that the bids for the construction of Noor Midelt should be submitted on 14 October 2016. Phase 1 would consist of building two plants combining both techniques of electricity production, with a capacity each of 150 to 190 MW, and a storage capacity of at least five hours. Therefore Noor Midelt phase 1 would have a total capacity of 400 MW. Both techniques of electricity production have been chosen – a first in Morocco's

Noor Solar Plan , with a view to optimizing the synergy between both techniques and enabling the production of electricity after sunset. In its call for bids, MASEN demanded that both plants should produce electricity during the day while using photovoltaic cells and/or the cylindroparabolic captors, and use the latter technique to supply electricity during five hours after sunset. Bidders were also requested to maximize the integration of their projects with Morocco' industry (i.e. manufacturing the maximum of inputs in the country) [Ben Hayoun, 2016a].

In order to achieve a better coordination and efficiency among the national various agencies concerned by the production and distribution of energy, new laws were published on the September 2016 issue of the *Official Bulletin*. These laws, adopted by the Parliament in July 2016, have in particular broadened the role of MASEN as the main agency for the development of renewable sources of energy; it was therefore renamed the Moroccan Agency for Sustainable Energy. It will be responsible for developing a national programme of electricity-production projects aimed at adding an additional capacity of 3,000 MW from 2016 to 2020, and 6,000 MW by 2030. A new convention will be signed with the state on this plan, with a view to raising the share of electricity production from renewable sources of energy to 52% in 2030 (Ben Hayoun, 2016b).

MASEN's mission has been broadened from now on to include the setting up of plants producing electricity from *all* renewable sources of energy (solar, eolian, hydro-electric power). It does not include the building of stations of energy transfer through pumping (STEP, French acronym) which remain under the purview of the National Energy and Drinking Water Agency (ONEE). At the institutional level MASEN becomes an anonymous company with an administrative board (and not anymore a company with a supervision board). MASEN's new mandate includes the design, funding, functioning and maintenance of the energy plants. MASEN will have to identify the sources of renewable energy to be marshalled and to propose to the Moroccan administration the ways to develop competitive industrial projects and to integrate them as much as possible to the national industrial fabric in order to produce the necessary inputs locally (Ben Hayoun, 2016b).

Regarding the ONEE, its role is focused, from now on, on the production of electricity made from fossil energy, in addition to its former role in the transport and distribution of electricity, and the management of the STEPs across the country. Furthermore the ONEE is in charge of the treatment and distribution of drinking water. Consequently the ONEE will have to transfer to MASEN all means of energy production, present and being developed, of renewable sources of energy, except the STEPs, as well as the infrastructure needed to produce electricity at peak hours and for the stability of the national electric system. The identification of these means of energy production to be transferred from the ONEE to MASEN, will be made through a tripartite agreement between the state, ONEE and MASEN, and approved through a governmental decree. A transition period of five years has been fixed for the transfer of these means of energy production, which include projects, real estate, information and staff. With respect to the National Agency for the Development of Renewable Sources of Energy (ADEREE, French acronym), it now becomes the Moroccan Agency of Energy Efficiency (AMEE, French acronym), entirely focused on the improvement of efficiency in energy production and use (Ben Hayoun, 2016b).

Electricity from wind power

On 19 February 2014 the CEO (chief executive officer) of Nareva holding, Ahmed Nakkouch, announced the construction of the biggest eolian-energy project of the company in Tarfaya, southwestern coast of Morocco, that was supposed to be built as of April 2014 and to function by the end of 2014. Nareva holding is a 100% subsidiary of the SNI (French acronym for National Society of Investment) and was created in 2005 with a view to partnering with foreign partners, especially in the field of using sources of renewable energy. One of the objectives of Nareva is to become a private reference leader in the field of energy; it is making public-private partnerships through the bids concluded with the ONEE or MASEN, or in the framework of Morocco's law 13-09, which has liberalized the sector of sources of renewable energy, thus enabling partnerships with foreign investment corporations (Ben Hayoun, 2014a).

Thus Nareva has been developing the first Moroccan projects in eolian energy: three parks

with a power capacity of 200 MW, located at Haouma in the region of Tangier (northwest of Morocco, 50 MW), Akhfenir (southwestern region, 100 MW) and Laayoune (southwestern region, 50 MW). Regarding the Tarfaya project its power capacity is 300 MW and it was the biggest project of its kind in Africa by the end of 2014. Its production could supply electricity to a city like Marrakech. The project has been developed by Nareva and its French partner GDF-Suez (now called Engie) after winning the international bid launched by the ONEE. This eolian park will provide electricity for 20 years to the ONEE, and it needed *ca.* US\$600 million provided by a consortium of Moroccan banks (e.g. Attijariwafa Bank, the Popular Central Bank, the Moroccan Bank for External Trade, BMCE). The support of these national banks demonstrates that the Moroccan banking sector is able to be part of the major development projects of the country, commented A. Nakkouch. On the other hand, the industrial integration, i.e. the supply of inputs by the Moroccan industry to the project, was over 34% (Ben Hayoun 2014a).

By mid-February 2014 an international tender was launched by the ONEE for the design, building, exploitation, maintenance and financing of another eolian complex with a capacity of 850 MW. The cost of that project was estimated at US\$1.2 billion, while the functioning of the five eolian parks of the complex was scheduled as of 2016-2017. They are respectively located in Boujdour (extreme southwestern coast, 100 MW), Jbel Hdid near Agadir (centre-west, 200 MW), Midelt (centre-east of the country, 150 MW), Tangier (100 MW), and Tiskrad (near Laâyoune, extreme southwestern coast, 300 MW) [Ben Hayoun, 2014b].

In addition, Nareva announced on 8 December 2016 the details on its eolian project located in Aftissat, 60 km south of Boujdour, and launched by the Eolian Energy of Morocco (EEM), a subsidiary of Nareva, that will supply 201.6 MW of electricity. The Aftissat project won the label of COP22 and would need a funding estimated at US\$0.4 billion. This will be provided by the shareholders of EEM (75% from Nareva and 25% from the CIMR) as well as by loans from a Moroccan consortium (Attijariwafa Bank and the Banque Centrale Populaire). The electricity generated by Aftissat

was to meet the needs of big industrial companies that are connected the national high-tension network or grid (Ben Hayoun, 2016 d).

The city of Boujdour is becoming a core of eolian energy production in Morocco: in addition to the 100 MW (developed by Nareva in partnership with the Italian Enel Green Power and the German Siemens Wind Power) and part of the eolian complex of 850 MW, and to the Aftissat project (201.6 MW), a 400-MW eolian project was being set up in Boujdour and under the leadership of the ONEE. Thus a total capacity of over 700 MW of eolian electricity in and around Boujdour would strengthen the electricity network of the southern provinces of the country, while creating jobs and industrial activities. All these projects are part of the national energy strategy which aims to reach in 2030 52% of the electricity consumed in the country from renewable sources of energy. By 2030, Morocco was expected to have an additional capacity of energy production of *ca.* 10,100 MW from renewable sources, including 4,200 MW from wind turbines (Ben Hayoun, 2016d).

The eolian complex will be built through a private-public partnership in which will participate, in addition to the ONEE, the Society of Energy Investment (SIE) and the Hassan II Fund. To those Moroccan partners foreign investment corporations will be associated after their selection following the international bid. Each project will be developed by a company following the Moroccan law and in which the respective shares of the ONEE, SIE and Hassan II Fund will total 35% of the equity. This company will bring at least 20% of the total cost of the project or programme. The ONEE has requested loans from the African Development Bank (ADB), the European Investment Bank (EIB) and the Kreditanstalt für Wiederaufbau of the German Bankengruppe (KfW), in order to contribute to the financing of this integrated programme (Ben Hayoun, 2014b).

According to the minister of energy, the production costs – present and to be reached in the future, make the energy derived from wind power highly competitive with respect to the plants using fossil energy. In addition Morocco intends to promote the production of components of wind turbines, as a first step of an eolian industry, as well as a high level of expertise and the strengthening of

research and development; the final objective being for Morocco to be able to master this technology which offers a great potential for the national economy. The secretary-general of the energy ministry indicated that at least three units will be set up for the manufacture and assembling in Morocco of components of wind turbines – blades, nacelles and towers. The end result of this policy of “industrial integration” was that the percentage of this integration rose from 0% in the case of the wind farm Abdelkhalek Torres in Tetouan (50 MW) to 5 % in the Amogdoul project near Essaouira, ca. 250 km south of Casablanca (60 MW) and to 16% for Tangier 1 project (140 MW). Furthermore it was expected that this rate will reach 34% for the wind farm of Tarfaya (300 MW). The 2,000 MW of electricity to be produced by the country’s wind farms will mainly supply the local market; they will be used partly for desalination of sea-water and a slight proportion could be exported to Europe via the electric connection between Morocco and Spain (Ben Hayoun, 2014b).

Hydroelectricity

The production of electricity from hydraulic power was estimated at 1,300 MW in 2014. The national plan for the use of all sources of renewable energy had fixed a target of 2,000 MW in 2020 for hydroelectricity, which will represent 14% of the electricity produced from renewables. To reach that target the country relies very much on the so-called STEP, or station of energy transfer through pumping, which would allow the storage of eolian or solar energy. Morocco’s ambition is to develop electricity from wind power (eolian energy) in conjunction with the increase in the production of electricity from hydraulic sources, i.e. 550 MW in the form of STEP. The objective of such combination is to decrease the impact of the irregular supply of electricity by wind farms on the national electric system (Ben Hayoun, 2014c).

In the province of Taroudant, 70 km from Agadir, the STEP of Abdelmoumen started to be built in 2014 and was expected to be in service in 2018, according to the ONEE – the agency responsible for the building and management of the STEPs. Its power will be ca. 350 MW and the necessary investment was about US\$310 million. The STEP of Abdelmoumen will strengthen that of Afourer (460 MW) which has been functioning since 2004 (Ben Hayoun, 2014c).

It should be underlined that the ONEE has a big project of hydroelectricity, which is the Hydroelectric Complex M'dez El Menzel (170 MW), located at 30 km from Sefrou, in the centre-east of the country, not very far from Fes. This complex is the cornerstone of the management of the upper stream of the Sebou River or High Sebou, with a capacity of 700 million m³. This is a multipurpose project which will allow not only the protection of areas located downstream the dam, but also regulate the flow of the River Sebou and contribute to irrigation plans, as well as to electricity production. On the other hand, in an interview with the weekly newspaper *L'Usine Nouvelle* (“The New Factory”), the minister of energy, Abdelkader Amara, announced that a concession had been allocated to the American group Brookstone Partners, in the water basin of another big river of Morocco, Oum Er-Rbia, in order to facilitate an investment of ca. 1.2 billion DH (1 US\$≈ 10 DH) in building dams and producing electricity (Ben Hayoun, 2014c).

ENERGY EFFICIENCY

The national strategic plan on energy efficiency is expected to make savings of energy use estimated at US\$1 billion to US\$1.5 billion per year by 2030. This strategy was announced by mid-2014. One of the priorities of Moroccan energy transition consists of the enforcement of policies and promotion of energy efficiency. It is true that the consumers tend to consume more energy, but it is equally important to control this demand and to find ways to consume better. A national debate, participative and transparent, at a large scale is being prepared by the ministry of energy on designing the best strategy for energy efficiency (Naoumi, 2014b).

This strategy concerns primarily the sectors which consume a lot of energy, e.g. the transportation, the construction and industry. The minister of energy stated: “We should do everything possible in order to save 12% of our consumption of energy by 2020 and 15% of it in 2030.” The National Agency for the Development of Renewable Sources of Energy (ADEREE), now called the Moroccan Agency of Energy Efficiency, will be in charge of implementing this national strategy (Naoumi, 2014b).

A financial state-owned company called the Company for Energy Investments (SIE, French acronym for Société d'investissements énergétiques) has also been engaged in energy efficiency in public buildings. In a first step, the hospital sector will be the focus of the study. The SIE has in fact launched a call for selecting energy-service companies that would be expected to accompany its first energy-efficient projects. The SIE aims, by so doing, to identify specialized companies and experts that could be interested in working in Morocco, and to set up a data base of energy-service companies who may wish to be part of SIE's energy-saving projects, such as street or public-buildings lighting. The SIE also confirmed its intention to be involved in industrial projects (upstream), e.g. in the production of solar water-heaters, made in Morocco. SIE is also associated with the development of the national plan to produce energy from wind power (eolian plan) [Naoumi, 2014c].

RESEARCH AND DEVELOPMENT

The National Research Institute for Solar Energy and New Energies (IRESEN, French acronym for Institut national de recherche en énergie solaire et énergies nouvelles) has been created in 2011 with a view to supporting research and development in thermosolar and photovoltaic electricity. In two years it invested *ca.* US\$7.5 million in the development of several projects in solar energy, such as an ambitious one set up by the University Cadi Ayyad in Marrakech, in partnership with the industrial group Managem, on lithium batteries with great autonomy; another one developed by the University of Meknès on thermosolar energy, in partnership with a Moroccan company (when the project is completed the researchers will be able to participate in the building of thermosolar-electricity plants, also called concentration thermic plants – CSP) [Naoumi, 2014a].

Furthermore the IRESEN has built a platform for testing, research and training in the new “green” city of Benguerir, 60 km north of Marrakech. The setting up of this platform has been supported by the group OCP (National Industrial Conglomerate of Phosphates), who is a founding member and thereafter a partner of IRESEN. The objective is to create a high-level research infrastructure, having a critical mass of researchers and that will be opened to all universities. For instance the

platform will serve to test smart grids, thermosolar and photovoltaic experiments, storage processes of energy and the regulation of electricity distribution. The platform started its operations in 2015 (Naoumi, 2014a).

The IRESEN is mainly funded by the Fund for the Development of Renewable Sources of Energy which is coordinated by the ministry of energy, mining, water and environment. In addition the private sector provides funds through partnering in the research-and- development projects supported by the IRESEN. Moreover foreign support is also a source of funding: for instance, South Korea has invested *ca.* US\$3million in several projects, with a view to purchasing sophisticated equipment. German technical and financial assistance has also been requested for research and training projects. The IRESEN has, since 2013, launched several international bids for innovation projects, such as the use of solar energy in cooling poultry farms or in drying of industrial materials. Another big project is the technical comparison of various technologies used in photovoltaic-electricity production.

During the COP22, held in Marrakech from 7 to 18 November 2016, the IRESEN has concluded several cooperation agreements. Among them was a partnership with the European Institute of Innovation Technology (EIT), with the objective of capacity-building through the exchange and training of human resources, and of “setting up concrete actions leading to the convergence of respective innovation and incubation centres.” Another part of this partnership concerns “the launching of Euro-Moroccan calls aimed at designing technological innovations, with the objective of developing the potential of renewable sources of energy on the local and continental market”. Another partnership set up by the IRESEN is about the funding and developing two platforms called “Green & Smart Building Park” and “Water Energy Nexus”, with the Korean Agency for International Cooperation (KOICA). The latter was expected to provide US\$8 million for developing both platforms of research, which will be at the disposal of universities and enterprises, thus creating synergies between these partners and facilitating the transfer of technologies. The IRESEN and KOICA had been collaborating in setting up the first laboratory of photovoltaic cells

(thin layers) in Africa at the Green Energy Park—the research and training platform of IRESEN in Benguerir, near Marrakech.

To sum up, the IRESEN through its wide range of activities aims to develop and marshal research-and-development innovations in the use of sources of renewable energy, and to test the available technologies and to adapt them to the Moroccan environments and purposes (Naoumi, 2014a).

DESERTEC INDUSTRIAL INITIATIVE

Morocco's policy and strategy with respect to solar energy (NOOR) were part of a concept that concerned the production of energy from sunlight in the Saharan regions. German engineers working at the Desertec Foundation suggested to build big solar plants in the Sahara and to transport the electricity produced to Europe via submarine cables. Three years of study led to a report titled *2050 Desert Power*, published in August 2012 by the members of Desertec Industrial Initiative. The report indicated that "Europe would import up to 20% of its electricity needs from the Middle East and North Africa (MENA) region." The initial scheme, however, had to be changed because the engineers realized that wind power should be an important component of the whole future programme: "Morocco's Atlantic coast and the Red sea, for instance, have an exceptional wind-power potential. Another reason for modifying the initial scheme was that the development of renewable sources of energy will have to meet an increasing demand of energy of the countries concerned; and such development will have to rely on local industries and engineering competence and skills" (Kempf, 2013.) "Desertec is a development opportunity" stated Oliver Steinmetz, one of the founders of Desertec. "By contrast to nuclear energy, almost everything in the case of solar energy can be manufactured locally." Investments were nevertheless paltry compared with the hundreds of billions Euros needed for implementing the programme: "Today it has been proved that it is technically feasible, and the challenge is to demonstrate that it is economically feasible," added O. Steinmetz (Kempf, 2013).

While European countries remained rather shy with respect to investments in the Desertec Industrial Initiative (DII) – the German industrial

group Siemens even withdrew from it in 2012, other stakeholders were showing more interest: countries of the Gulf might become important investors. For instance, Saudi Arabia had designed a strategy for the use of solar energy. In Ryad, the King Abdullah City for Atomic and Renewable Energy (KA. CARE) had proposed an action plan aimed at producing 43,000 MW from renewable sources of energy in 20 years. A first solar plant with a capacity of 100 MW was to be built in Mecca. On the other hand, Acwa International, a Saudi investor, was involved in the construction of Morocco's thermosolar-electricity plants in Ouarzazate (Kempf, 2013).

At the fourth annual conference of the Desertec Industrial Initiative (DII), held in Rabat, Morocco, from 30 to 31 October 2013, it was highlighted that establishing transborder cooperation was necessary to extend and create interconnection networks for transporting electricity. A study was being carried out on these aspects and its preliminary results showed that it was necessary to duplicate the capacity of the west-maritime corridor (Spain-Morocco), to create a new maritime interconnection Italy-Algeria-Tunisia-Libya and a terrestrial one Turkey-Syria-Jordan-Egypt (Ben Hayoun, 2013). The DII fourth annual conference was attended by ca. 200 high-level representatives of industry, academia, policy-makers and civil society. According to Paul van Son, the CEO of DII, the conference's main objective was to discuss the recommendations of the report *DII-Desert Power: Getting Started*, published in June 2013. It was emphasized that renewable sources of energy could make up 55% of the electricity mix in Europe and the MENA region by 2013, if policy-makers decided to join efforts in creating a common market of energy. Paul van Son in his interview underlined that DII was not in charge of implementing renewable-sources of energy projects, but its role was to convince decision-makers from Europe and the MENA region to initiate the creation of a market for electricity produced from wind power and sunlight in desertic areas, with a view to meeting the increasing needs of the MENA region. It was stated that "by 2030-2050 the export of "clean" energy to Europe could become a reality, i.e. when the countries of the South achieve their energy transition to renewable sources of energy and when the international markets become

mature in terms of regulations, technologies, costs, infrastructures and professional skills” (Ben Hayoun, 2013).

According to the DII, the capacity of production of renewable sources of energy in the MENA region was expected to increase from 1.7 to 3.3 GW and Morocco will remain a pioneer in the area with an increase in its production capacity from 0.6 to 1.7 MW. Morocco’s strategy and the vision of DII have many things in common, as stressed by Mustapha Bakkoury, MASEN’s CEO, on 30 October 2013 in a presentation made during the DII fourth annual conference: meeting national needs of electrical power at an affordable price and in due course export “clean” energy to Europe. As an illustrative example, the objective of installing in 2020, 2,000 MW produced from solar energy (and most probably more than that figure), means:

- an electricity production of ca. 4,500 GWh annually;
- an investment of ca. US\$ 9 billion;
- annual savings of 1 million tons of oil equivalent;
- ca. 3.7 million tons of non-emitted CO₂.

The figures will be of the same order of magnitude, when the production of 2,000 MW of electricity from wind and hydraulic power, respectively, will be reached in 2020 (Ben Hayoun, 2013; Sasson 2013).

When Paul van Son’s attention was drawn at the DII fourth annual conference on the withdrawal from the DII of Siemens, Bosh and other actors, he underlined that the initiative had in 2013 ca. 40 members, while it started with just 11. In July 2013 the German equipment producer Leoni joined the DII and the American First Solar Company became a stakeholder of Desertec at the beginning of 2013. He insisted on the fact that the action plan *Desertec Power: Getting Started* remained the basis for future developments of renewable sources of energy in the MENA region (Ben Hayoun, 2013). See also Sasson (2013, p. 617).

RENEWABLE SOURCES OF ENERGY AND JOB CREATION: THE GROWTH EXPECTED IN THE MENA REGION AND THE MAGHREB

In 2016 the so-called “green energy” represented at the world level some 10 million jobs, exactly 9.8 million according to the report

published on Wednesday 24 May 2017 by the International Renewable Energy Agency (IRENA) with headquarters in Abu Dhabi (United Arab Emirates). This figure compared with that of 2015 shows a slight 1% increase, because of the slowdown in hydroelectricity and bioenergy. But compared with the figure of 2012, the increase was almost 40% in 2016. According to the IRENA, “the decrease in the price of electricity output and the new policies in energy have resulted in the increase in investments and job creation in renewable sources of energy.” The same agency estimated that in 2030, some 24 million jobs would be available globally; and this will “more than compensate the jobs lost in the area of fossil energy “ and become “ an economic driving force in the world” (Le Hir 2017a).

The photovoltaic sector is the largest provider of job creation: 3.1 million (i.e. almost one-third of the total figure) and, in five years, its weight had more than double (+127%). The other sources of renewable energy followed: 1.7 million of jobs for biofuels, 1.5 million for the big hydroelectric works and 1.1 million for eolian power (Le Hir, 2017a).

Concerning the distribution of jobs in the different continents, excluding the big dams of which the relevant data are not very reliable, Asia is the leader with 60% of the total 8.3 million jobs created. In Asia, China continues to lead with 44% of the global jobs, mainly in the photovoltaic sector. India is a dwarf with only 4.6% of the global jobs. Three other countries or block of countries contribute significantly: the European Union with 14% of total jobs, Brazil (10.5%) and the United States (9.3%). In Europe, the most recent figures for job creation are those of 2015: Germany remained the leader (334,000 jobs, i.e. almost one-third of the European total), but its renewable-sources-of-energy industry was not progressing because of a retreating domestic market, in particular in the area of terrestrial wind power; France remained at the second rank (162,000 jobs), followed by the United Kingdom (110,000 jobs) [Le Hir, 2017a].

Africa, which was not mentioned in the former enquiries, is now present, mainly thanks to South Africa which had half of the 61,000 jobs of the whole continent in the area of renewable sources of energy, and to the countries of the Maghreb which had one-fourth of total jobs. In

most African countries it is, according to the IRENA, the decentralized electric systems, such as the photovoltaic projects outside the grid, or the mini-networks that could provide “access to energy and induce economic development” (Le Hir, 2017a).

2016: A RECORD YEAR FOR THE INSTALLATION OF SOLAR-AND-WIND-ENERGY CAPACITIES

According to the annual report of the international network REN 21, published on 7 June 2017, the global capacity of renewable sources of energy was in 2016 a little higher than 2,000 gigawatts (GW), with an annual growth estimated at 8.7%. Half of this capacity was produced by hydraulic power plants, but the whole sector was moved forward by photovoltaic plants (303 GW, +33%) and by wind-energy plants (487GW, +12.5%), which both represented more than 80% of the growth of this sector (Le Hir, 2017b).

China confirmed its leading role in the photovoltaic sector, where it produced half of the additional capacities, as well as in the eolian sector where 40% of the new plants were installed by China. Compared with the Chinese giant, Japan, the United States, Germany or India were in this area almost dwarfs. In the whole field of renewable sources of energy, while solar, wind or biomass sources of energy are growing; the investments made into them are decreasing sharply. These have in fact decreased by 23% in 2016 to reach US\$242 billion (€ 215 billion), i.e. the level of 2015. This drop was very significant in developed countries (-14%), and particularly pronounced in developing or emerging countries (-30%). While in 2015 the latter made more investments in the development of renewable sources of energy than the “advanced” countries, they since then reduced their investments (Le Hir, 2017b).

One may interpret this result as the consequence of the lower cost of renewable-source-of-energy technologies, which means as mentioned in the REN 21 report, “to install more capacity for lesser costs.” The report indeed emphasized the examples of Argentina, Chile, India, Jordan, Saudi Arabia or the United Arab Emirates, where, in some solar-energy projects, the price of the kilowatt-hour reached US\$0.03, a highly competitive production cost (Le Hir, 2017b).

But one may also worry that this disinvestment trend would lead, in the short term, to a lesser growth of the sector. Indeed the Chinese market, despite a third of the world's expenses in the area of renewable sources of energy, is slowing down, which is also the case of India, Japan and South Africa. In other words the authors of the REN 21-report emphasized that this disinvestment shows that “the energy transition is not rapid enough to meet the objectives set up in the Paris agreement,” i.e. to limit the increase of the Planet temperature to 2°C, and if possible below 1.5°C. Consequently, Christine Lins, the executive secretary of REN 21, stated that “the world had to take the only measure to reduce quickly enough the emission of CO₂ and other greenhouse gases: that is to eliminate the use of coal and to increase the investments into energy efficiency and the multiplication of renewable-source-of-energy projects” (Le Hir, 2017b).

It should be reckoned that although the global investments into the renewable sources of energy were twice higher than those made into the development of fossil-energy sources (coal, natural gas and oil), the disbalance remained very important in terms of public subsidies. The reliable data available for the year 2014 showed that public subsidies to fossil-energy development amounted to US\$490 billion allocated by the States worldwide, compared with only US\$135 billion for renewable sources of energy. This was a ratio of almost four to one, which was considered a great handicap for the development of renewable sources of energy needed to hinder global warming and mitigate climate change (Le Hir, 2017b).

REFERENCES

- Ben Hayoun, M. 2013. Energies renouvelables. Où sont passés les projets Desertec? Paul van Son : «Il faut vite retrouver les préalables à un système intégré.» *Le Matin* (Rabat), 1 November 2013, p.9.
- Ben Hayoun, M. 2014a. Nareva: le parc éolien géant Tarfaya opérationnel dès avril. *Le Matin Eco* (Rabat), 27 February 2014, p.8.
- Ben Hayoun, M. 2014b. Eolien. L'appel d'offres pour les 850 MW lancé par l'ONEE. *Le Matin Eco* (Rabat), 27 February 2014, p.8.

- Ben Hayoun, M. 2014c. Hydraulique. Les travaux de la STEP Abdelmoumen démarrent en 2014. *Le Matin Eco* (Rabat), 27 February 2014, p. 10.
- Ben Hayoun, M. 2016a. Plan solaire Noor. Les capacités de Midelt et Tata portées à 800 MW chacune. *Le Matin Eco-Actu* (Rabat), 19 September 2016.
- Ben Hayoun, M. 2016b. Energies renouvelables. La nouvelle architecture institutionnelle actée, 6 000 MW de plus à réaliser par MASEN d'ici 2030. *Le Matin Eco-Actu* (Rabat), 28 September 2016.
- Ben Hayoun, M. 2016c. Plan solaire. 2 milliards de DH d'investissement pour le 1^{er} projet photovoltaïque de MASEN. *Le Matin Eco-Actu* (Rabat), 26 October 2016, p. 18.
- Ben Hayoun, M. 2016d. Boujdour, future champion de l'éolien. *Le Matin Eco-Actu* (Rabat), 16 December 2016, p. 22.
- Ben Hayoun, M. 2017a. Masen dans le capital des sociétés chargées de Noor PV 1. Le tour de table au complet pour les trois centrales photovoltaïques. *Le Matin Eco-Actu* (Rabat), 25 May 2017.
- Ben Hayoun, M. 2017b. Le complexe Noor Ouarzazate entièrement en service au 1^{er} trimestre 2018. *Le Matin Eco-Actu* (Rabat).
- Kempf, H. 2013. Les énergies vertes prennent pied au Maghreb. *Le Monde*, 31 January 2013, p.8.
- Le Hir, P. 2016. Au royaume du soleil et du vent. Hôte de la COP22, le Maroc mise sur des parcs renouvelables géants pour réduire ses importations de combustibles fossiles. *Le Monde, COP22*, 6-7 November 2016, p.4.
- Le Hir, P. 2017a. 10 millions d'emplois grâce aux énergies renouvelables. *Le Monde*, 27 May 2017, p.7.
- Le Hir, P. 2017b. Record dans l'installation des capacités solaires et éoliennes. *Le Monde, Economie & Entreprise*, 8 June 2017, pp. 1 and 5.
- Naoumi, S. 2014a. Energies renouvelables. 75 millions de dirhams investis dans la recherche et développement. *Le Matin Eco* (Rabat), 27 February 2014, p. 9.
- Naoumi, S. 2014b. Efficacité énergétique. La stratégie annoncée au premier semestre. *Le Matin Eco* (Rabat), 27 February 2014, p. 10.
- Naoumi, S. 2014c. Investissements énergétiques. La SIE active ses premiers projets de cette année. *Le Matin Eco* (Rabat), 27 February 2014, p. 10.
- Sasson, A. 2013. *From green to white biotechnology: great challenges, urgent solutions*. Rabat, Hassan II Academy of Science and Technology (Kingdom of Morocco) and Malaysian Biotechnology Corporation Sdn Bhd (Biotech Corp), Kuala Lumpur, Malaysia, 740 pp.



Coopération

Déclaration des Académies des Sciences sur le changement climatique et l'éducation



Mohamed Ait Kadi

Membre du Panel de l'IAP sur «Changement Climatique et Education»

L'IAP a constitué un Panel sur «Changement Climatique et Education» composé de 25 Académies des Sciences dont l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques représentée par Pr Mohamed AIT KADI. La co-présidence du Panel est assurée par Pierre Léna et Marie-Lise Chanin de l'Académie des Sciences de France.

Le Panel a élaboré la Déclaration "Changement Climatique et Education", ci-après (<http://www.interacademies.org/Statements.aspx>), qui a été diffusée à la presse et au public à Trieste (IAP) et à Paris (Académie des Sciences) le 11 décembre,

la veille du "ONE PLANET SUMMIT" convoqué par le président français Emmanuel Macron. Cette Déclaration, fruit d'un échange intense et fructueux entre les membres du Panel, avait été, auparavant, soumise et approuvée par une majorité des 113 Académies membres de "IAP for Science." Elle dénote le grand intérêt qu'elles portent à l'éducation au changement climatique.

La Déclaration va à la rencontre à la fois des recommandations du Séminaire "Education et Climat" organisé par notre Académie en marge de la COP22 et de la réflexion sur «l'Enseignement des Sciences» qu'elle a entreprise. De même, certaines Académies sont bien avancées dans le domaine à l'exemple de celle de l'Australie à travers son programme "Science by Doing" qui offre des curricula, du matériel pédagogique pour les enseignants, etc.. Par ailleurs une nouvelle initiative devrait être annoncée en janvier, proposée par la Fondation La Main à la Pâte en France et la Siemens Stiftung en Allemagne. Elles envisagent de créer conjointement un Office pour l'Education au Climat (OCE), en étroite collaboration avec l'IAP et le GIEC. Cette initiative vise à concrétiser certaines des recommandations formulées dans la Déclaration, en mettant l'accent sur la production de références pour les enseignants et la création d'un réseau international actif.



Prologue

- L'éducation, en particulier l'éducation scientifique, doit jouer un rôle essentiel dans la préparation des générations présentes et futures à comprendre le changement climatique et être préparée de manière adéquate à s'adapter et à atténuer ses impacts.
- L'éducation au changement climatique doit tenir compte de la nécessité de fournir aux enseignants, dans les pays développés comme dans les pays en développement, des informations actualisées, des processus de formation nouveaux et innovants, de nouvelles ressources pour la classe et de nouveaux outils pour leurs élèves en tant qu'acteurs.
- Le changement climatique et les événements associés auront un impact disproportionné sur les 3 milliards de personnes les plus pauvres de la population mondiale, dont la scolarité est loin d'être suffisante. La justice climatique appelle à soutenir leurs écoles et leurs enseignants par des initiatives spécifiques.
- L'éducation scientifique fondée sur l'investigation (IBSE), développée au cours des deux dernières décennies, a démontré un moyen efficace d'enseigner la science aux niveaux primaire et secondaire et d'inspirer l'enseignement supérieur dans le monde entier. Il fournit une base solide pour développer de toute urgence un programme spécifique et interdisciplinaire d'éducation au changement climatique.
- La collaboration internationale, grâce à l'implication de la communauté scientifique, améliorera grandement la mobilisation des systèmes éducatifs. Comme le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) produit périodiquement des rapports d'évaluation accompagnés de «Résumés à l'intention des décideurs», les communautés scientifiques et éducatives devraient utiliser le matériel des rapports du GIEC pour produire des «Ressources et des outils pour les enseignants».

1. L'éducation scientifique à l'avant-garde

L'humanité est confrontée à une grave crise climatique, qui affectera le monde entier au cours du 21^{ème} siècle et au-delà. Faire face à

cette crise dépendra fortement des jeunes qui sont aujourd'hui dans les écoles et pourraient devenir des acteurs efficaces. Le cadre juridique international pour lutter contre le changement climatique, à savoir la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC, 1992) et l'Accord de Paris (ONU, 2015), reconnaît ce point en affirmant que «*Le développement et l'implantation de programmes d'éducation... en particulier pour les pays en développement*» (CCNUCC Article 6.b.ii) et «*Les Parties devraient prendre des mesures... pour renforcer l'éducation au changement climatique*» (Accord de Paris, Art.12).

Comprendre le climat de la Terre, l'impact des émissions de gaz à effet de serre sur le système, percevoir les stratégies d'atténuation («lutte contre les causes») et d'adaptation («faire face aux effets»), du niveau mondial au local, nécessite des connaissances et une capacité de jugement. La science du climat rassemble des questions spécifiques qui ne sont actuellement pas suffisamment reconnues par les programmes de sciences dans les écoles et les universités. Les praticiens des disciplines traditionnelles, telles que les sciences de la Terre, la physique, la chimie, les sciences de la vie, les mathématiques, les sciences sociales et l'économie, etc., doivent collaborer de manière interdisciplinaire pour aborder ces questions, même au niveau élémentaire. En outre, il est nécessaire de comprendre comment ces interactions complexes entre les systèmes naturels et sociétaux (par exemple la gestion des risques) relient les actions locales aux conséquences globales - nécessitant ainsi l'inclusion des sciences sociales ainsi que de la santé et de l'économie. Enfin, une telle éducation doit également reconnaître le rôle de la solidarité, de l'altruisme et des valeurs éthiques qui ne dérivent pas de la connaissance scientifique. Un effort important pour intégrer tous ces aspects est nécessaire.

Au cours des deux dernières décennies, la communauté scientifique, et en particulier les académies des sciences, ont largement contribué à proposer des changements dans l'enseignement des sciences fondamentales dans les écoles primaires, secondaires et supérieures et ont encouragé des projets pilotes dans de nombreux pays à la fois dans le monde

développé et le monde en développement. Un consensus explicite s'est développé autour d'une manière d'enseigner les sciences de la nature: l'éducation scientifique basée sur l'investigation (IBSE), qui initie les élèves à la science de manière active. Des dizaines de millions de jeunes élèves ont bénéficié de l'IBSE et continuent de le faire. Ces efforts fournissent une excellente base pour aborder dans les écoles les questions de changement climatique, qui sont si profondément liées au développement durable.

2. Un problème d'éducation de grande ampleur

Il est bien reconnu (5e rapport d'évaluation du GIEC) que les effets du changement climatique auront un impact disproportionné sur les populations pauvres, qui sont 3 milliards vivant principalement dans le monde en développement. Les enfants (âgés de moins de 15 ans) représentent un quart de la population mondiale et un milliard ont un faible niveau de scolarité, notamment en science et développement durable, et au rythme actuel, seulement 14% auront un niveau secondaire en 2030 (UNESCO 2016). De plus, par rapport aux garçons, l'éducation des filles est très insuffisante. Actuellement, même dans les pays développés, les connaissances relatives au changement climatique ne sont pas enseignées efficacement: une analyse des curricula actuels dans 78 pays montre que seulement 58% utilisent le terme *écologie* et 47% mentionnent *l'éducation à l'environnement* («Education pour la population et la planète» UNESCO 2016). L'adaptation aux effets du changement climatique (vagues de chaleur et phénomènes météorologiques extrêmes, élévation du niveau de la mer, changement des ressources alimentaires et hydriques, pollution et menaces pour la santé, etc.) affectera les comportements individuels et collectifs dans tous les secteurs de la société.

Un effort soutenu est nécessaire pour que les écoles soient bien connectées avec les familles et les communautés, afin de responsabiliser les jeunes, non seulement dans les préoccupations résultant du changement climatique, mais aussi dans les avantages sociaux et économiques offerts par le travail, cultivant dans les écoles l'espoir et

la volonté de construire un monde plus durable. Les domaines d'intervention interconnectés tels que la gestion sûre de l'eau, les sources d'énergie alternatives, les connaissances traditionnelles, l'agriculture durable, la bioéconomie et la chimie verte devraient être abordés.

Cependant, le changement climatique est un problème qui évolue rapidement, car la situation actuelle est pire qu'elle n'a jamais été. Pour limiter la hausse des températures à 2 °C, et surtout à 1,5 °C au dessus des niveaux de l'époque pré-industrielle, une interdiction complète des émissions de CO₂ d'ici à 2100 serait nécessaire. Le choix d'un mix énergétique adéquat est fortement débattu et prend en compte des facteurs tels que la protection de la biodiversité, ainsi que des contraintes éthiques, sociales et politiques qui ont été négligées à l'origine dans les discussions internationales. Prédire quelles seront les décisions les plus appropriées dans vingt ans, quand la génération actuelle de jeunes étudiants sera celle des décideurs, est difficile. Par conséquent, l'éducation aujourd'hui doit leur donner la capacité de comprendre et de prendre des décisions, basée sur des preuves et une pensée critique, plutôt que de laisser des opinions a priori ou l'irrationalité guider leurs choix.

3. Enseignants accompagnateurs (écoles primaire et secondaire) et professeurs (universités)

L'éducation au changement climatique doit tenir compte de la nécessité de fournir aux enseignants, dans les pays développés comme dans les pays en développement, des opportunités d'apprentissage professionnel avec des faits actualisés, des processus de formation nouveaux et innovants, de nouvelles ressources pour la classe et de nouveaux outils en tant qu'«agents du changement».

Primaire & secondaire. Les projets pilotes IBSE en Amérique latine, en Europe, en Asie et en Afrique ont fourni une vaste base de données sur ce qui est nécessaire pour réussir les changements dans l'enseignement des sciences fondamentales. La conclusion la plus évidente est que les enseignants doivent être éduqués, formés et soutenus pour que la science soit enseignée de manière active et participative,

ce qui inclut des expériences, des tests d'hypothèses, la pensée critique et l'utilisation d'un langage approprié. Une approche similaire en matière de changement climatique, qui nécessite la participation de chercheurs, peut prendre plusieurs formes: opportunités d'apprentissage professionnel axées sur les concepts de science du climat; travail collectif utilisant l'apprentissage à distance; et ressources pédagogiques pour la classe, adaptées au niveau enseigné (primaire, secondaire) et à l'expertise spécifique des enseignants et à l'environnement local. Une mobilisation adéquate des enseignants, l'éducation et le soutien d'une part, l'introduction de l'éducation au changement climatique dans les programmes scientifiques nationaux d'autre part doivent être planifiés.

En outre, pour préparer pleinement les éducateurs à tous les niveaux à enseigner avec confiance le changement climatique, ses impacts et ses stratégies de réponse, ils doivent être formés sur la manière de faire face aux sceptiques climatiques et de discuter rationnellement des problèmes controversés dans leurs classes et communautés.

Enseignement supérieur. Dans les établissements d'enseignement supérieur, les professeurs de sciences de la nature, sociales et économiques sont liés à la recherche. Les questions climatiques leur offrent une excellente opportunité d'adopter des approches interdisciplinaires et intégrées afin de préparer leurs étudiants et futurs professionnels à apporter des compétences appropriées aux défis de l'atténuation et de l'adaptation dans tous les domaines de la vie. Cet effort doit englober la formation initiale et continue des enseignants.

Comme la Terre est un système complexe, les initiatives d'enseignement supérieur doivent aborder directement les concepts suivants, afin de les faire bien comprendre:

- les différences entre les effets mondiaux et locaux et les réponses environnementales;
- les projections dans le futur et incertitudes associées;



- l'optimisation des scénarios, en fonction des choix des sociétés pour leur avenir.
- l'extrême diversité des échelles dans l'espace et le temps;
- les rétroactions positives et négatives;
- les causes multifactorielles et processus aléatoires;
- les non-linéarités et les transitions de phases.



4. Rôle des scientifiques et des ingénieurs dans l'éducation

La génération des nouvelles connaissances donne aux scientifiques qui mènent la recherche, et à ceux qui l'utilisent, un rôle essentiel pour inspirer et adapter constamment le contenu de l'éducation, tant dans les écoles que dans les universités. La nouveauté des questions climatiques, les défis interdisciplinaires pour y répondre, ainsi que les doutes souvent exprimés sur la valeur des conclusions scientifiques, confèrent à la communauté scientifique un rôle particulier dans la contribution à la transformation de l'éducation. Les enseignants des écoles, qui dans de nombreuses régions ne reçoivent pas une formation suffisante et un développement professionnel adéquat, ont besoin d'aide pour mettre en œuvre une éducation au changement climatique dans leurs classes.

Les scientifiques et les ingénieurs engagés dans tous les aspects du changement climatique ont un rôle essentiel à jouer dans la promotion et la mise en œuvre de l'éducation au changement climatique car ils possèdent les connaissances qui doivent être intégrées dans les programmes et transmises aux enseignants. Les spécialistes des sciences cognitives et de l'éducation ont également un rôle à jouer dans la promotion de l'éducation au changement climatique, en apportant leur compréhension du processus d'apprentissage à tous les âges, une pédagogie efficace et la conception de matériels pédagogiques robustes et efficaces. Ces groupes doivent soutenir la création de ressources pédagogiques et les opportunités de développement professionnel requises pour les enseignants à tous les niveaux.

En outre, les scientifiques et les ingénieurs doivent parler de la nécessité d'une telle éducation, à la fois au niveau mondial et au sein de leurs propres pays et communautés, comme défenseurs essentiels de l'importance de l'éducation au changement climatique, du rôle critique des enseignants et des ressources nécessaires. Par exemple, de nouvelles initiatives multilingues peuvent inclure un service global fournissant des ressources et des outils aux enseignants; les services locaux peuvent créer des interactions directes assistées par le Web entre les scientifiques et les enseignants.



5. Conclusions et recommandations



Éduquer les générations présentes et futures aux changements climatiques et leur apprendre à agir avec un esprit critique et un cœur plein d'espoir est essentiel pour l'avenir de l'humanité. L'éducation scientifique doit relever ce défi, notamment par l'utilisation d'une pédagogie interdisciplinaire basée sur l'investigation, la communauté scientifique mondiale jouant un rôle essentiel dans sa mise en œuvre et son amélioration.

Les académies des sciences, travaillant au sein du Partenariat Interacadémique pour la Science (IAP), appellent les décideurs, les autorités éducatives et les autres scientifiques à:

1. Reconnaître que l'éducation au changement climatique, tant pour l'atténuation que pour l'adaptation, doit devenir une composante essentielle de l'éducation scientifique à tous les niveaux d'éducation;
2. Développer, dans la mesure du possible, l'utilisation de la pédagogie fondée sur l'investigation, qui a fait ses preuves;
3. Faciliter la préparation des enseignants et des professeurs - acteurs clés de l'éducation des générations présentes et futures - à travers un certain nombre d'initiatives telles que les changements de curriculum qui incluent l'interdisciplinarité, les formations professionnelles, la mise à disposition de ressources variées et spécifiques;
4. Organiser le soutien nécessaire et fournir les ressources financières pour ces initiatives, qui exigent de la créativité et de l'innovation de la part de la communauté scientifique;

5. Donner aux élèves les moyens d'agir avec créativité et espoir dans leurs écoles, leurs familles et leurs communautés, de résoudre les problèmes sociaux et économiques liés au développement durable et de comprendre comment l'éducation scientifique les aidera à prendre des décisions fondées sur des données probantes;
6. Mettre un accent particulier sur les communautés vulnérables - en particulier dans le monde en développement - exposées aux inondations, sécheresses, ouragans et autres phénomènes météorologiques extrêmes;
7. Envisager des actions à mener en parallèle avec les rapports périodiques du GIEC, afin de fournir des «Ressources et outils pour les enseignants» à l'échelle mondiale, en coopération avec les acteurs locaux pour apporter les adaptations nécessaires à la diversité des situations.

Coprésidents du groupe de travail

Pierre Léna (Académie des sciences, France) et **Marie-Lise Chanin** (Académie des sciences, France).

Les membres du groupe de travail

- Jorge OSVALDO, Gorodner (Academia Nacional de Medicina, Argentina)
- Norma SBARBATI NUDELMAN (National Academy of Exact, Physical and Natural Sciences, Argentina)
- Denis GOODRUM (Australian Academy of Science)
- Zahurul KARIM (Bangladesh Academy of Sciences)
- Michael Codjo BOKO (Benin National Academy of Sciences, Arts and Letters)
- Paulo ARTAXO (Brazilian Academy of Sciences)
- Hannu Sakari SALMI (Council of Finnish Academies, Finland)
- Friedhelm VON BLANCKENBURG (Berlin-Brandenburg Academ of Sciences and Humanities, Germany)
- Pradeep MUJUMDAR (Indian National Science Academy)
- Yousef SOBOUTI (Academy of Sciences of I.R. Iran)
- Ray MCGRATH (Royal Irish Academy, Ireland)
- Katrin SCHROEDER (Accademia Nazionale dei Lincei, Italy)
- Mohamed AIT KADI (Hassan II Academy of Science and Technology, Morocco)
- Henry HOOGHIEMSTRA (Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, KNAW)
- Carla GONZALES ARIMBORG (National Academy of Sciences of Peru)
- Jose MACHARE ORDONEZ (National Academy of Sciences of Peru)
- Rodel D. LASCO (National Academy of Science and Technology, the Philippines)
- Stuart John PIKETH (Academy of Science of South Africa)
- Kyung-Ja HA (Korean Academy of Science and Technology, South Korea)
- W.L. SUMATHIPALA (National Academy of Sciences of Sri Lanka)
- Izzet OZTURK (Turkish Academy of Sciences, TUBA)
- Richard B. ALLEY (National Academy of Sciences, Engineering and Medicine, USA)
- Roberta M. JOHNSON (National Academy of Sciences, Engineering and Medicine, USA)
- Cathryn A. MANDUCA (National Academy of Sciences, Engineering and Medicine, USA)
- Pamela A. MATSON (National Academy of Sciences, Engineering and Medicine, USA)
- Alicia VILLAMIZAR (Venezuelan Academy for Physical, Mathematical and Natural Sciences)
- Peter WILDERER (European Academy of Science and Arts)
- Abdul Hamid ZAKRI (ISLAMIC WORLD ACADEMY of Sciences)
- John SCALES AVERY (World Academy of Art and Science).



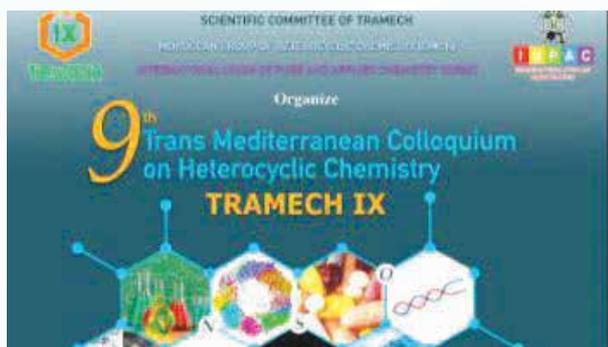
Cette déclaration sur le changement climatique et l'éducation par les académies membres de l'IAP for Science a été conçue et acceptée par la majorité des 113 Académies de l'IAP for Science.

IAP for Science is a global network of the world's science academies. Launched in 1993, its primary goal is to help member academies work together to advise citizens and public officials on the scientific aspects of critical global issues. Its membership comprises 113 academies of science. IAP's Science Education Programme was established in 2003.

Colloque Transméditerranéen de Chimie Hétérocyclique

EI Mokhtar ESSASSI

*Membre du Collège des sciences physiques et chimiques,
Président du "Groupe Marocain de Chimie Hétérocyclique"*



Sous le Haut Patronage de Sa Majesté Mohammed VI, l'Université Sidi Mohammed Ben Abdellah (USMBA), le comité scientifique de TRAMECH (Trans mediterranean Colloquim on Heterocyclic Chemistry), le Groupe Marocain de Chimie Hétérocyclique (GMCH) et l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (IUPAC) ont organisé la neuvième édition de TRAMECH (22-25 novembre 2017) à Fès.

Cette manifestation fait suite aux précédentes éditions organisées respectivement à Marseille (France, 2000), Bari (Italie, 2002), Marrakech (Maroc, 2004), Aveiro (Portugal, 2006), Tafila (Jordanie, 2007), Tunis (Tunisie, 2009), Rabat (Maroc, 2013) et Antalya (Turquie 2015).

Il est bien établi que la Chimie Hétérocyclique joue un rôle essentiel dans la qualité de la vie. En effet, les composés hétérocycliques présentent d'importantes applications dans les domaines de la médecine, de la pharmacologie, de l'agrochimie, des électroniques, des polymères, des matériaux organiques conducteurs, des colorants, etc...

Dans ce contexte, le TRAMECH IX avait pour objectifs :

- la présentation des récents résultats obtenus par les participants venus de différents pays méditerranéens et européens (Algérie, Egypte, Maroc, Tunisie, Chypre, Espagne,

France, Italie, Slovénie, Turquie, Portugal, Allemagne, Grand Bretagne, et Pologne);

- le renforcement et le développement de la mobilité des étudiants-chercheurs et des enseignants-chercheurs entre les différents pays méditerranéens;
- la création de nouveaux partenariats entre le monde universitaires et le secteur industriel.

Cette manifestation a été ouverte à tous les scientifiques nationaux et internationaux intéressés par différents thème de la Chimie Hétérocyclique :

- Nouvelles méthodologies de synthèse des composés hétérocycliques;
- Utilisation des hétérocycles dans les industries pharmaceutiques et agrochimiques;
- Rôles des hétérocycles dans les sciences des matériaux, des nanomatériaux et dans les biotechnologies;
- Etudes des propriétés physico-chimiques des composés hétérocycliques.

Lors de la cérémonie d'ouverture de l'édition TRAMECH IX, Pr ESSASSI est intervenu en tant que président du Groupe Marocain de Chimie Hétérocyclique, coorganisateur de cette manifestation. Les contenus des interventions des différents orateurs sont présentés dans le site : <http://youtu.be/oyk5nfgwidO>.

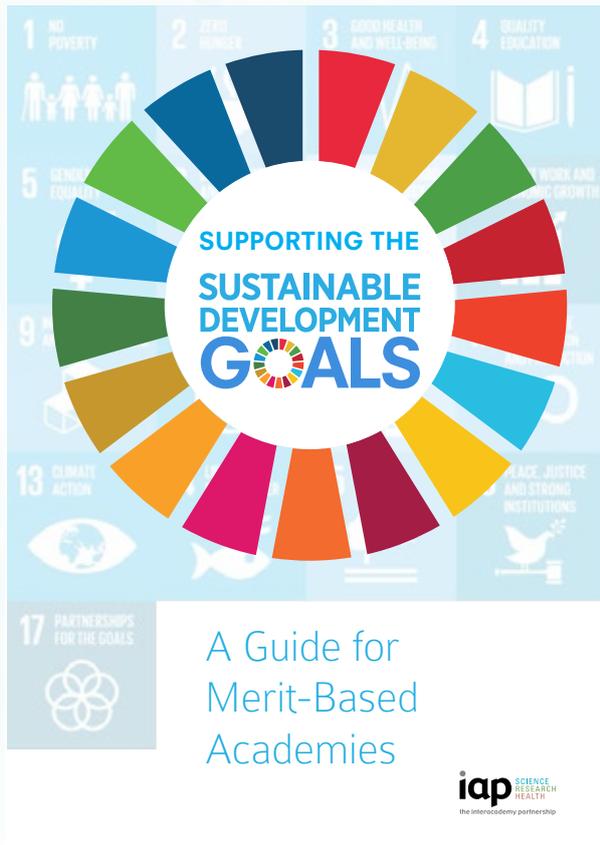
Cet important meeting a été caractérisé par la présence du Professeur Ei-ichi Negishi, lauréat du Prix Nobel de Chimie en 2010 qui a animé une conférence intitulée :

«MAGICAL POWER OF D-BLOCK TRANSITION METALS AS DEMONSTRATED BY CATALYTIC HIGHLY ASSYMMETRIC C-C BOND FORMATION»

Sustainable development goals : a guide for merit-based academies

Rajae EL AOUAD

Membre du Collège des sciences et techniques du vivant,
Membre du groupe de travail de l'InterAcademy partnership



L'InterAcademy partnership a constitué en 2016 un groupe de travail dans le cadre d'un projet global soutenu financièrement par la fondation Carnegie intitulé "**Amélioration de l'apport de la science dans la prise de décision: stratégies pour les objectifs du développement durable**". Ce projet vise à renforcer la capacité de la communauté scientifique à soutenir l'implémentation des objectifs du développement durable (ODD) avec un intérêt particulier pour *le rôle que doivent jouer les académies nationales des sciences dans ce système*.

Le guide, intitulé "**Sustainable development goals : a guide for merit-based academies**", est un des premiers livrables de ce groupe de travail.

Après un bref rappel des objectifs du développement durable, le guide explicite pourquoi les académies se doivent de s'impliquer dans le soutien à l'implémentation des objectifs du développement durable en capitalisant sur l'expertise de ses membres. Le guide détaille le processus d'implémentation des objectifs du développement durable à l'échelle internationale.

Le guide conclut avec des propositions relatives à la contribution des académies nationales au soutien de l'implémentation des ODD aussi bien dans leur contexte national qu'international. Le groupe de travail a identifié notamment 2 chantiers importants qui pourraient être un point de départ pour cette contribution et ce, à travers la participation de ses membres:

- i) à l'élaboration du rapport national volontaire sur la réalisation des ODDs,
- ii) au développement/révision des stratégies nationale/régionale/globale pour les sciences, technologies et information au regard des nouveaux défis posés par les ODDs.

Le guide a également résumé les propositions relatives au rôle des académies nationales et leur implication dans l'implémentation des ODDs, issues d'une étude menée dans le cadre du projet auprès des académies nationales des sciences, des jeunes académies et de la World Young Academy.

Journées Nationales des Doctorants et des Jeunes Chercheurs

*Collège des Sciences Physiques et Chimiques,
Académie Hassan II des Sciences et Techniques*

Dans sa stratégie d'ouverture sur les doctorants et les jeunes physiciens et chimistes, le collège des sciences physiques et chimiques a organisé le 18-19 Juillet 2017 une rencontre scientifique intitulé «Les Journées Nationales des Doctorants et des Jeunes Chercheurs». Ces journées, sans frais d'inscription et réalisées en étroite collaboration avec la faculté des sciences, l'ENSET de l'université Mohammed V de Rabat et le Réseau National des Jeunes Chercheurs (REJCPM), ont été ouvertes à tous les scientifiques travaillant dans les thématiques des sciences physiques suivantes :

- Matériaux et Energies.
- Physique Quantique, Interaction Rayonnement-Matière.
- Physique des Hautes Energies, Gravitation et Cosmologie.
- Méthodes Mathématiques pour la Physique.

Un nombre de prises en charge par l'Académie Hassan II a été réservé aux doctorants en dehors de la région de Rabat. Des facilités en matière de logement et de logistique ont été également apportés par l'ENSET et la faculté des sciences de Rabat.

L'objectif de ces journées scientifiques nationales est de contribuer au développement des échanges entre doctorants, jeunes docteurs et des enseignants chercheurs des universités et instituts scientifiques du Royaume; et ceci en vue de:

- Mutualiser les compétences et le savoir-faire.
- Tisser des liens entre les chercheurs nationaux.
- Renforcer les réseaux des jeunes chercheurs en sciences physiques et chimiques.

Les journées nationales ont offert une tribune permettant aux doctorants et aux jeunes chercheurs de présenter leurs résultats scientifiques

et d'échanger les idées et l'expertise sur les thématiques présentées lors de cette manifestation scientifique nationale. Elles ont également connu une grande participation et une remarquable couverture par les médias nationaux. Plus de 220 participants (doctorants et professeurs encadrants) venus de 10 universités marocaines et trois centres régionaux CRMEF (Meknès, Settat, Rabat).ont assisté à cette rencontre. Durant les deux journées, environ 70 communications orales ont été données et une trentaine de posters par affiche ont été exposés. Le programme scientifique des journées a été planifié en quatre thèmes principaux : (i) matériaux et énergies, (ii) physique quantique et applications, (iii) physique des hautes énergies, gravitation et cosmologie; et (iv) méthodes mathématiques pour la physique.

Pour répondre au grand nombre de demandes de communications orales, les présentations scientifiques ont été réparties en 10 sessions (cinq sessions matériaux et énergies, 3 sessions pour la physique quantique et applications, une en physique des hautes énergies, gravitation et cosmologie; et une pour les méthodes mathématiques pour la physique. Cette rencontre nationale a été une occasion pour les doctorants de discuter entre eux en ce qui concerne leurs travaux de recherche mais aussi pour discuter le plan d'action du réseau REJCPM pour l'année 2018. Ils ont aussi profité de l'occasion pour exprimer leurs remerciements pour l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques et son secrétaire perpétuel, professeur Omar Fassi-Fehri, pour l'organisation de cette conférence nationale pour les jeunes scientifiques.

La session de clôture des journées a été réservée à la cérémonie de remise des certificats des présentations orales et par affiche aux participants.

Séance d'ouverture des journées



Mr Le Secrétaire Perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques lors de la séance d'ouverture des journées nationales en présence du directeur de L'ENSET, Mme le vice doyen de recherche de la faculté des sciences de Rabat et le directeur du collège des Sciences physiques et chimiques.



Une partie du stand des présentations scientifiques des doctorants par affichage.

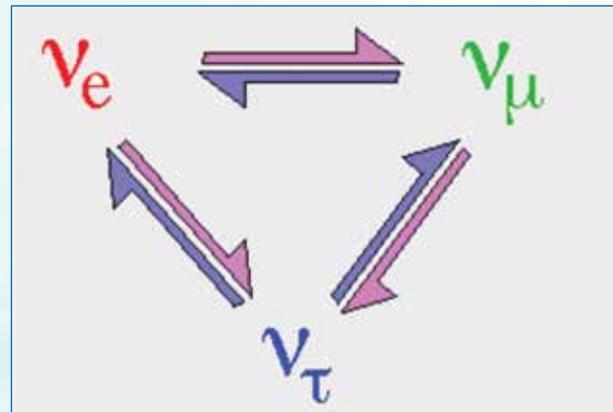


Photo souvenir des participants aux Journées Nationales des Doctorants et des Jeunes Chercheurs tenues le 18-19 Juillet 2017 à l'ENSET de Rabat.

Journée Nationale sur la physique des Neutrinos

Dans le cadre de son ouverture sur les activités de recherche thématiques entreprises dans les universités du Royaume, le collège des sciences physiques et chimiques de l'Académie Hassan II a organisé le 20 Juillet 2017 une rencontre scientifique nationale sur la physique des neutrinos.

Prédit théoriquement en 1930 par Wolfgang Pauli dans l'étude de la désintégration du neutron, le neutrino est une particule élémentaire insensible à la force électromagnétique, à l'interaction forte et à la gravité. Elle a été découverte en 1956, mais constitue toujours une grande énigme en physique des hautes énergies. Cette particule existe dans la nature sous forme de trois saveurs (électronique, muonique et tauique) et oscillent en changeant d'aspect comme sur la figure. Ces particules sont des fermions de spin $1/2$ interagissant très faiblement avec la matière ordinaire, et constituent un des éléments fondamentaux du modèle standard de la physique des hautes énergies. Elles sont également suspectées jouer un rôle cruciale en cosmologie et dans la construction de prototypes quantiques au-delà du modèle standard des particules.



Les oscillations des neutrinos

L'objectif de cette journée scientifique nationale est de dresser un état des lieux sur les récents développements expérimentaux et la modélisation. Sans frais d'inscription, cette journée a été ouverte à tous les scientifiques nationaux travaillant sur la physique des neutrinos et des thématiques liées de la physique des hautes énergies.

Environ 80 doctorants et professeurs chercheurs de huit universités du Royaume ont participé à cette manifestation scientifique et une douzaine de communications orales ont été données.



Nouvelles des académiciens

**Prix d'excellence en science et technologie attribué
au Pr. Rajaâ CHERKAOUI EL MOURSLI par
l'Organisation de la Coopération Islamique**



En présence d'environ 57 chefs d'Etat et de gouvernement d'Etats membres de l'OCI ainsi que de 80 délégations de pays observateurs et d'organisations internationales et régionales s'est tenu le premier sommet de l'OCI sur la science et la technologie, à Astana, au Kazakhstan les 10 et 11 septembre 2017.

Lors de ce sommet, quatre prix ont été donné à des scientifiques musulmans dont le Pr. Rajaâ CHERKAOUI EL MOURSLI en reconnaissance de sa contribution remarquable dans le domaine de la recherche en physique nucléaire et en physique des hautes énergies. Le prix lui a été remis par le Président Nursultan Nazarbayev de la République du Kazakhstan et le Dr Youssef AL-OTHAIMEEN, Secrétaire Général de l'OCI.



Le Pr. Rajaâ CHERKAOUI EL MOURSLI à côté des autres scientifiques musulmans primés :
Pr. Yussuf YAGSI de l'Université Technique d'Istanbul, Turquie; Dr. Assan JAYE du Medical Research Council de la Gambie; Dr Mohammed Slim ALOUINI (Tunisie) de King Abdullah University of Science and Technology d'Arabie Saoudite.

Pr. Mohamed BERRIANE représente l'Académie Hassan II au forum organisé par le GID dans le cadre du programme GID-FastDev Agri



Sur instruction de M. le Secrétaire Perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, Mohamed Berriane a effectué une mission à Abidjan entre les 19 et 21 novembre pour participer au Forum qui a été organisé par le GID dans le cadre du programme GID-FastDev Agri.

Il faut rappeler ici que le GID (Groupement Interacadémique pour le Développement) est un groupement de plusieurs académies africaines et françaises. Les académies fondatrices sont l'Académie des Sciences, l'Académie des sciences morales et politiques, l'Académie des inscriptions et belles-lettres, l'Académie nationale de médecine, l'Académie d'agriculture, l'Académie des technologies et l'Académie des sciences d'outre-mer (France), l'Academia Nazionale dei Lincei (Italie), la Bibliothèque Alexandrie (Egypte), l'Académie Hassan II des sciences et techniques (Maroc) et l'Académie nationale des sciences et techniques (Sénégal). Le réseau des Académie européennes, méditerranéennes et d'Afrique subsaharienne du GID compte 30 académies et instances scientifiques nationales qui représentent ces régions.

Le GID affiche clairement l'ambition d'un engagement dans un codéveloppement euro-africain pour un développement durable. Pour cela il s'adosse à un réseau méditerranéen d'académies, le GID-EMAM. Il s'est donné trois missions : (i) Agir par l'éducation, la formation et l'information; (ii) Etre un centre de réflexion et une force de proposition; (iii) Catalyser ou réaliser en partenariat des actions de développement. Dans le cadre de sa deuxième mission, le GID organise des forums euro-subahariens **FastDev** ou **Forum africain des sciences et technologies pour le développement**. L'un des objectifs de ces forums est de faire émerger les besoins réels de développement et de mettre en regard les savoirs disponibles ou à développer.

C'est dans ce cadre qu'eut lieu à Abidjan les 20 et 21 novembre le **FastDev Agri** auquel fut conviée l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques. L'objectif principal affiché de cette manifestation est l'amélioration de l'emploi des jeunes en agriculture subsaharienne. Pour ce faire la manifestation s'est articulée autour de 4 temps forts : (i) des sessions au nombre de 3 durant lesquelles de jeunes porteurs de projets appartenant à différents pays d'Afrique subsaharienne sont venus présenter des témoignages de réussite, (ii) une session consacrée aux problèmes d'accès au financement, (iii) une autre dédiée aux structures de formation et (iv) une dernière qui a traité de la e-agriculture et les nouvelles technologies.

La pédagogie par l'exemple ou le rôle des témoignages de réussites

Durant les 3 premières sessions, 15 jeunes appartenant à 8 pays (Bénin, Côte d'Ivoire, Sénégal, Togo, Mali, Maurice, Burkina Faso et Cameroun) sont venus présenter leurs projets qui sont autant de réussites dans le domaine de l'agriculture. Ont été présentés et discutés 1 projet d'aviculture, 1 projet de pisciculture, 2 projets d'agriculture (jardins scolaires et fermes modèles), 4 projets d'agriculture biologique et 7 projets de transformations sur place de produits agricoles (huile de coco, lait, jus de fruits, chenille de karité, chocolat, et café). Les différentes présentations étaient très riches en informations et peuvent effectivement être retenues comme des exemples très pédagogiques. Outre leurs caractères innovants, elles traduisaient surtout un enthousiasme certain et une réelle passion chez ces jeunes. Les débats et les échanges avec les académiciens qui ont suivi ont montré que désormais en Afrique il y a aujourd'hui de nouveaux comportements, notamment avec la prise en compte des nouvelles technologies, et de nouveaux espoirs, ainsi qu'une multitude d'initiatives qui a fait dire à M. le Ministre de l'agriculture du Sénégal que désormais «on est passé du temps des demandeurs d'emplois à celui des porteurs de projets».

Il reste que deux goulots d'étranglement sont revenus régulièrement lors de l'examen de ces projets. Le premier concerne le foncier qui n'est pas toujours disponible et que les jeunes promoteurs de ces projets ont du mal à acquérir. Le second se rapporte au financement, les banques continuant à avoir un comportement classique basé sur l'exigence de garanties, notamment des hypothèques, pour accorder des crédits aux porteurs de projets.

La 4^{ème} session a été justement consacrée aux problèmes de l'accès au financement à travers les micro et méso-crédits. Les différentes possibilités existantes ont été passées en revue en présence d'une représentante de l'AFD, d'un responsable d'une exploitation agricole et d'un directeur d'un projet.

La 5^{ème} session a été dédiée à la formation à travers les exposés du directeur d'une ferme pédagogique et de celui d'une ferme-école agro-écologique, de celui de l'école supérieure d'agronomie de Côte d'Ivoire et d'un responsable de la formation agricole. La 6^{ème} et dernière session s'est arrêté enfin sur les possibilités qu'offrent aujourd'hui la e-agriculture et les nouvelles technologies de l'information et ce qu'en tirent des jeunes pour rendre leurs entreprises plus performantes et surtout les importants apports de ces technologies pour la mise en commun des savoirs et savoir-faire développés aussi bien à travers des plateformes de données et de connaissances partagées qu'à travers médias dédiés.

Au terme des deux jours de travail et d'échange, cette manifestation a fait progresser le projet du GID vers une mobilisation des savoirs et des savoir-faire au service d'un développement africain. La pédagogie par l'exemple et le partage des expériences constituent une démarche saine et évolutive.

Il reste que cette démarche pourrait gagner plus si elle intégrait toutes les expériences des pays africains, notamment ceux de l'Afrique du Nord. En effet, lors des débats les quelques exemples cités d'expériences marocaines dans le domaine des produits agricoles labélisés, des approches contenues dans le pilier II du Plan Maroc vert et des dynamiques en cours dans les arrière-pays ont suscité l'intérêt des participants qui ont exprimé lors des discussions durant les pauses ayant suivi les séances de travail une demande en informations supplémentaires. L'Académie Hassan II pourrait suggérer lors des prochaines réunions la prise en compte de quelques expériences dans ce sens.

Par ailleurs nous pensons que l'expérience pourrait être enrichie en faisant assister à ces forums des jeunes porteurs de projets non encore aboutis qui pourraient profiter des expériences de ceux ayant déjà concrétisé leurs propres projets. De même qu'il serait utile d'écouter aussi des porteurs de projets qui ont échoué de manière à analyser les raisons des échecs et en profiter pour améliorer les efforts de ces jeunes.

C'est probablement pour pallier à ces manques que le GID projette comme deuxième phase de ce programme la mise en ligne de tous les projets présentés et discutés sur une plateforme numérique interactive.



Les représentants des académies africaines et françaises présents au forum

Pr. Abdelilah BENYOUSSEF participe à l'organisation du "Novel Materials for Emerging Energy solutions Workshop, Fifth Edition of the International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC' 17)"



La cinquième édition de la Conférence internationale sur les énergies renouvelables et durables (IRSEC' 17) organisée à Tanger du 4 au 7 décembre 2017, visait à fournir un forum international pour faciliter la discussion et l'échange de connaissances sur les résultats de la recherche de pointe et les défis actuels et futurs liés à toutes les facettes et les aspects des énergies renouvelables et durables. Le champ d'application de l'IRSEC' 17 couvre un large éventail de sujets d'actualité. Notamment, les technologies liées aux énergies renouvelables, l'efficacité énergétique, les énergies vertes, les changements climatiques, les systèmes énergétiques durables et les réseaux intelligents.



L'atelier sur les nouveaux matériaux pour l'énergie, organisé dans le cadre de l'IRSEC' 17, visait à fournir une compréhension technique d'un large éventail de nouveaux matériaux pour la conversion d'énergie et l'identification de nouveaux matériaux pertinents dans de nombreux domaines des technologies émergentes à faible teneur en carbone. Les sujets abordés couvrent : (i) Modélisation et simulation numérique, (ii) Développement de matériaux dans les technologies énergétiques émergentes, (iii) Outils avancés de fabrication et de caractérisation des matériaux, (iv) Catalyseurs atomiques simples aux nanoparticules.

A cette occasion le professeur Abdelilah BENYOUSSEF a donné une conférence intitulée : «**Matériaux pour la conversion et le stockage de l'énergie solaire : Prédictions théorique des propriétés physiques**».

La simulation numérique est devenue un moyen essentiel et incontournable pour mieux comprendre et concevoir de nouveaux matériaux pour les cellules solaires à différentes échelles d'espaces et de temps. La théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT) est l'une des méthodes de simulation les plus efficaces et les plus utilisées dans le domaine des matériaux.

C'est une approche basée sur la mécanique quantique et les premiers principes. Dans le domaine de la recherche photovoltaïque, la théorie de la fonctionnelle de la densité peut être utilisée pour étudier l'état fondamental, les défauts et les surfaces des matériaux, les structures de bande et les décalages de bandes aux interfaces dans les hétérostructures, les spectres optiques, les excitons et la dynamique de l'état excité, la dynamique des porteurs ultra-rapides à l'échelle du femto et du nano-seconde dans les cellules solaires.

Dans sa présentation, Pr. BENYOUSSEF a donné des exemples de l'utilisation de la théorie de la fonctionnelle de la densité pour calculer les propriétés physiques des matériaux pour la conversion et le stockage de l'énergie solaire. En particulier, les oxydes transparents et conducteurs, les perovskites hybrides organiques-inorganiques et le stockage d'hydrogène dans les solides.

Pr. El Mokhtar ESSASSI participe à la manifestation de la Société Mauritanienne de Chimie



Les Journées Internationales de Chimie (JIC 2017) ont été organisées les 6-8 décembre 2017 à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Nouakchott par la Société Chimique de Mauritanie et le département de Chimie de la FST. Les participants, venus de différents pays (Algérie, France, Italie, Maroc, Tunisie, Sénégal et Mauritanie), ont présenté et discuté les récentes découvertes dans les domaines des sciences chimiques : Chimie Organique et Substances Naturelles, Chimie Physique, Chimie de l'eau, Chimie Environnementale, Chimie Industrielle et Biochimie.

Dans ce cadre, Pr. El Mokhtar ESSASSI, membre du Collège des Sciences Physiques et Chimiques, a été invité par la Société Chimique de Mauritanie pour animer une conférence intitulée «**Recent Advances in Ring Transformation of Heterocyclic Compounds**». Dans cette conférence, Pr. ESSASSI a montré que l'utilisation des réarrangements de différents hétérocycles de différents chaînons, constitue une méthode de choix pour préparer de nouveaux édifices hétérocycliques, difficiles à synthétiser par d'autres voies de synthèse. Les composés, ainsi obtenus, peuvent être exploités dans divers domaines (industrie pharmaceutique, agrochimie, environnement, sciences des matériaux,...).

Pr. ESSASSI a également entretenu des discussions avec des enseignants et étudiants du département de chimie de la FST sur les thèmes de recherche développés conjointement dans le cadre de la collaboration qui existe entre l'Université de Nouakchott et l'Université Mohammed V de Rabat. Il est à noter que dans le cadre de cette collaboration, quatre chercheurs mauritaniens ont soutenu une thèse de doctorat, deux enseignants mauritaniens ont présenté une habilitation universitaire et quatre étudiants mauritaniens ont préparé un DESA (Diplôme d'Etudes Supérieures approfondies), à la Faculté des Sciences de l'Université Mohammed V de Rabat. Ces réalisations complètent celles déjà accomplies par le biais d'une collaboration Sud-Sud, entreprise depuis 2000, par le Laboratoire de Chimie Organique Hétérocyclique de la Faculté des Sciences de Rabat. Ainsi, des étudiants-chercheurs originaires de la Guinée Conakry (1), du Cameroun (1), de la côte d'Ivoire (2), du Congo Démocratique (3), de Madagascar (1) et du Yemen (2), ont préparé et soutenu une thèse de doctorat dans le Laboratoire qui fait partie actuellement du Centre de Recherches des Sciences des Médicaments, accrédité par l'Université Mohammed V de Rabat...



Pr. El Mokhtar ESSASSI en compagnie de monsieur le Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique de Mauritanie, Dr. Sidi OULD SALEM et de monsieur le président de l'Université de Nouakchott, Pr. Ahmedou HAOUBA (à gauche)

"First Global Challenge" attribue le nom de Rajaâ CHERKAOUI EL MOURSILI à l'une de ses distinctions



Des équipes de lycéens de près de 160 pays du monde se sont retrouvés courant juillet 2017 à Washington pour participer au First Global Challenge (FGC2017), un défi international de robotique organisé annuellement pour susciter une passion pour la science, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques parmi plus de deux milliards de jeunes à travers le monde.

Plusieurs distinctions permettent de récompenser les équipes dont le premier prix «**First Global Grand Challenge Award**» et le prix d'excellence «**Albert Einstein Award**» ont été remportés respectivement par la Finlande et l'Océanie. Les organisateurs ont par ailleurs judicieusement utilisé cette année le nom de scientifiques d'horizons et d'époques différentes pour illustrer les catégories de prix, à l'image du «**Zhang Heng Award**» pour la meilleure conception technique (remporté par l'Inde), «**Ustad Ahmad Lahori Award**» pour l'innovation en ingénierie (gagné par l'Espagne) ou encore «**Al Khwarizmi Award**» pour support exceptionnel (remis à une institution, un sponsor ou un gouvernement qui a ajouté une dimension positive au FIRST Global Challenge). Le «**Rajaâ Cherkaoui El Moursli Award**» for Courageous Achievement (pour accomplissement courageux) a été décerné à l'équipe du Soudan du sud, pour sa persévérance et son attitude «positive» tout au long du défi.



Les lauréats du prix Rajaâ Cherkaoui : Soudan du Sud (or), Afghanistan (argent) et Oman (bronze)

Plus qu'un simple concours de robotique, la mission de FIRST Global Challenge est d'inspirer le leadership scientifique et technologique et l'innovation chez les jeunes de toutes les nations, établir des ponts entre les élèves du secondaire indépendamment de leur langue, de leur religion ou de leurs coutumes, accroître la compréhension, montrer l'importance de la coopération, résoudre les problèmes les plus urgents et améliorer la qualité de vie.

