

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

n°12

décembre 2012

«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 Agrobiotechnologies : Biotechnologies microbiennes et végétales

(Thème du 3^{ème} Symposium National sur les Biotechnologies)

Sommaire

• Editorial.....9	• Activités de l'Académie.....73
• Dossier spécial : «Les agrobiotechnologies» 11	• Activités des Collèges79
• Focus: «Interview avec le Pr. Capron, fondateur du GID» .49	• Nouvelles des académiciens85
• Appui à la recherche scientifique et technique.....55	• Actualités scientifiques93

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

n°12

décembre 2012

«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 web : 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 BELAICHE (Collège des Sciences Physiques et Chimiques)
Mohamed BERRIANE (Collège des Etudes Stratégiques et Développement Economique)
Mohamed BESRI (Collège des Sciences et Techniques du Vivant)
Ali BOUKHARI (Collège d'Ingénierie, Transfert et Innovation Technologique)
El Mokhtar ESSASSI (Collège des Sciences Physiques et Chimiques)

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

Réalisation : AGRI-BYS S.A.R.L (A.U)

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



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

Sommaire

Editorial	9
Dossier spécial «Les agro-biotechnologies»	11
- Discours du secrétaire perpétuel à l'ouverture du 3 ^{ème} symposium sur les agrobiotechnologies - Rabat, 29 et 30 octobre 2012.....	13
- Agrobiotechnologies : progrès, perspectives et défis. A. Sasson	15
- Applications and Future Aspects of Drought. V.N. Kavamura	17
- Mycorhization contrôlée en milieu naturel. H. Founoune	20
- Interactions plantes-microorganismes : associations fixatrices d'azote. A. Diouf.....	25
- Utilisations des biopesticides contre les maladies de post-récolte des fruits et légumes. M.El Guilli et al.	29
- Lutte biologique et génétique contre les parasites telluriques des plantes cultivées. M. Besri.....	36
- Valorisation de cultivars locaux du safran par la sélection et la culture <i>in vitro</i> . M.A. Serghini et al.....	40
- Rapports des sessions et note de synthèse	44
Focus	49
- Interview avec le professeur André Capron, président-fondateur du Groupe Inter-académique pour le Développement (GID).....	51
Appui à la recherche scientifique et technique	55
- Réseau théorie des systèmes. Synthèses des activités pour la période 2007-2011. A. EL Jai et L.Afifi	57
- Cryptographie. A. Azizi	62
- La sécurité des transmissions et des transactions au Maroc. A. Azizi.....	64
- Accidents vasculaires cérébraux ischémiques (AVCI). S. Nadifi	67
- Electronic calibration of the ATLAS liquid argon calorimeter. M. Goughri	70
Activités de l'Académie	73
- Sciences et Société	75
- Coopération avec l'Académie des Sciences du Portugal	76
- Programme de rédaction et de communication scientifiques	76
- Journées "les jeunes et la science au service du développement" - Edition 2012	77
Activités des Collèges	79
- "L'électricité thermo-solaire" - Séville. M. Ziyad	81
- "Le champ et le boson de Higgs : la masse sans masse". J. Collot.....	84
Nouvelles des académiciens	85
Actualités scientifiques	93

Editorial

Les biotechnologies marqueront, sans aucun doute, la marche de la science au 21^{ème} siècle. Elles sont déjà au cœur de nombreuses innovations qui trouvent leurs applications dans l'agriculture et l'alimentation, l'industrie chimique, la médecine et l'environnement. Les progrès enregistrés par les biotechnologies soulèvent à la fois de grands espoirs mais aussi des inquiétudes. Leur utilisation raisonnée doit permettre de faire face aux grands défis auxquels notre planète est confrontée.

Dans le cadre de sa mission de promotion et de développement de la recherche scientifique et technique au Maroc, l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques a organisé, depuis l'année 2008, en collaboration avec des universités nationales, une série de trois symposiums consacrés aux biotechnologies, l'objectif étant de faire l'état des sciences en la matière, de discuter des réglementations appropriées et de préciser les tendances de la recherche scientifique dans ce domaine.

Ces trois symposiums ont été consacrés successivement aux biotechnologies médicales, environnementales puis microbiennes et végétales; leurs points communs : une même perspective d'amélioration du bien-être, de sauvegarde de l'environnement et de gestion des ressources naturelles.

Ainsi en est-il de la valorisation des ressources naturelles par des procédés de biotechnologies végétales, de la mise au point de procédés biologiques pour le traitement des déchets en terme de biotechnologies environnementales ou encore de la mise au point de vaccins contre les agents pathogènes de l'homme, ou du développement des essais cliniques en vue de tester l'innocuité et l'efficacité des composés médicamenteux dans le cas de la biotechnologie médicale.

Les initiatives prises par l'Académie visent à stimuler et à coordonner la recherche dans les différents domaines que couvrent les biotechnologies. Elles ont révélé l'existence d'un potentiel de recherche nationale latent dont la mobilisation permettra de créer une bioéconomie génératrice de richesses, d'emplois et de bien-être.

Nous nous réjouissons d'avoir associé dans nos réflexions divers organismes nationaux du secteur public et privé, des institutions internationales et des partenaires académiques, afin de mobiliser les synergies et mieux identifier les axes de recherche porteurs et fédérateurs. Nous saluons, par ailleurs, la participation au symposium sur les agrobiotechnologies, auquel est consacrée cette édition du Bulletin, des chercheurs et spécialistes impliqués dans la mise en œuvre actuelle ou future de projets de recherche soutenus par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, dans le cadre de conventions de coopération avec des Académies et institutions de recherche étrangères (Brésil, Espagne, Sénégal).

Pr. Albert Sasson
Directeur du Collège Sciences et Techniques du Vivant
Académie Hassan II des Sciences et Techniques



Dossier spécial

Les agrobiotechnologies

Biotechnologies microbiennes et végétales

Discours d'ouverture du Symposium National sur les agrobiotechnologies

Pr. Omar Fassi-Fehri

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



Monsieur le Secrétaire Général du Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de la Formation des Cadres

Monsieur le Président de l'Université Mohammed V - Agdal

Chers Collègues,

Mesdames, Messieurs,

C'est avec un réel plaisir que je participe à la séance d'ouverture de ce symposium national sur «les agrobiotechnologies: biotechnologies microbiennes et végétales» que l'Université Mohammed V-Agdal organise avec le soutien de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques et en collaboration avec le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la Désertification, l'Institut National de la Recherche Agronomique, l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II et l'Agence de Développement des Zones Oasiennes et de l'Arganier.

Le thème choisi pour votre rencontre est important; son intérêt est incontestable. Il justifie la volonté manifestée par plusieurs opérateurs de mener un débat et une réflexion scientifiques sur des questions liées aux résultats de la recherche et aux progrès scientifiques récents dans le domaine des agrobiotechnologies; il donnera aussi l'occasion de discuter les politiques et stratégies mises en œuvre dans ce secteur, et les meilleurs moyens d'utiliser les résultats de la recherche pour améliorer la productivité et la qualité sur des questions liées à la production agricole.

Votre symposium est aussi une excellente opportunité permettant de débattre des potentialités que les agrobiotechnologies offrent comme levier de développement à un pays comme le nôtre, l'objectif affiché de vos travaux étant de contribuer à faire l'état des sciences en matière d'agrobiotechnologies et en matière de biotechnologies microbiennes et végétales, à préciser les tendances de la recherche dans ces domaines, et en particulier, à identifier les axes de recherche porteurs qui concernent spécifiquement notre pays, et enfin d'ébaucher ou de renforcer les liens de coopération nationale et internationale dans chacun des domaines des agrobiotechnologies.

Mesdames, Messieurs,

Personne aujourd'hui ne doute de l'essor de la biotechnologie végétale, dû surtout aux progrès

réalisés dans la connaissance de la structure du génome des plantes ainsi que des promesses et défis ouverts par ces avancées. Les exemples des récentes découvertes en génomique et en biologie moléculaire, et les opportunités qu'elles peuvent engendrer pour améliorer les conditions de vie des populations, font de la biotechnologie végétale le fer de lance dans les plans de développement scientifique, technologique et socio-économique d'un grand nombre de pays, y compris certains pays en voie de développement.

Au cours de ces trois dernières décennies, les travaux de recherche fondamentale sur les plantes ont abouti à des découvertes de première importance. Les approches de génétique moléculaire et de transgénèse ont joué un rôle moteur dans ces découvertes.

Celles-ci ont aussi permis une meilleure qualité sanitaire de la production agricole : grâce à la production de variétés végétales aux qualités nutritionnelles améliorées par accroissement de la teneur en certaines vitamines (le riz enrichi en provitamine A, par exemple), en oligoéléments, ou encore, en constituants facilitant leur transformation industrielle, grâce, enfin, à la production de plantes produisant des molécules à haute valeur ajoutée (vaccins, médicaments).

Bien que le développement des biotechnologies végétales soit récent, les exemples cités montrent qu'elles ont permis de dépasser les techniques d'amélioration traditionnelles et d'atteindre des objectifs qui n'étaient pas envisageables auparavant.

Toutefois, si le développement accéléré des biotechnologies végétales, en particulier dans le domaine de la génétique, a créé et continue de créer de nouvelles possibilités, il pose parallèlement d'importantes questions éthiques, comme en témoigne la polémique soulevée ces derniers jours en France suite à la publication d'un nouveau rapport sur les OGM.

Ainsi donc, les biotechnologies végétales et leurs utilisations permettent de valoriser les ressources naturelles, de contribuer à assurer la sécurité alimentaire, de prémunir la santé de la population et de préserver l'environnement. Elles offrent aussi de nouvelles opportunités d'emploi et de développement par la création d'entreprises générant des activités économiques à forte valeur ajoutée.

Dans ce domaine, notre pays n'est pas en reste, il connaît une industrialisation agroalimentaire très prometteuse. Le secteur des industries agro-alimentaires est l'un des secteurs piliers de l'économie marocaine. Il participe au PIB national marocain pour une valeur de l'ordre de 8% (soit 36% du PIB industriel) et se classe au 1^{er} rang des industries de transformation. En effet, Ce secteur jouit de différents atouts qui en font un secteur porteur au Maroc, parmi lesquels la disponibilité des matières premières agricoles et halieutiques et le positionnement géographique du Maroc. Par ailleurs, le Plan du développement sectoriel «émergence» a identifié l'agroalimentaire comme étant un secteur porteur.

Le Plan «Maroc Vert» constitue également une stratégie de développement agricole qui intègre les données et impératifs de l'environnement national et international ainsi que les diverses spécificités de l'agriculture marocaine. Ces spécificités incitent la recherche agricole marocaine à développer ses acquis et son savoir-faire selon trois dimensions (filière, écosystème et discipline) en couvrant toutes les étapes, depuis la recherche de base jusqu'à la recherche finalisée, et en adoptant une approche participative.

Dans ce cadre, le système national de la recherche agronomique est invité à accompagner le plan Maroc Vert notamment dans les domaines de la caractérisation agro écologique du milieu et de la mise à niveau des deux filières du plan, l'agriculture moderne et l'agriculture solidaire.

Par ailleurs, plusieurs équipes et laboratoires de recherche s'intéressent aux biotechnologies végétales; elles exercent leurs activités au sein des universités, au sein des établissements publics de recherche (INRA) et des établissements de formation des cadres (IAV Hassan II, ENA de Meknès, ENFI), et au sein des structures de R&D dans le secteur privé, avec pour but ultime d'assurer une meilleure productivité avec plus de résistance aux maladies et aux pathogènes, une meilleure adaptation aux sols, aux climats et aux techniques culturales, une meilleure qualité culinaire et une adaptation au processus de transformation industrielle.

C'est donc en multipliant les recherches, en générant des résultats applicables, en progressant dans l'innovation, mais aussi en trouvant les formes d'organisation et de gestion adéquates que notre pays pourra trouver des solutions à beaucoup de ses problèmes agricoles et à la question de son autosuffisance alimentaire, tout en relevant les défis de la compétitivité et de la concurrence internationales.

Mesdames, Messieurs

Dans le cadre de sa mission qui consiste à promouvoir la recherche scientifique et technologique dans notre pays, l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, a, lors de l'une de ses sessions plénières solennelles, examiné les thèmes et axes de recherche qui feront l'objet d'un soutien de sa part. Parmi ces thèmes, ceux faisant appel aux biotechnologies végétales occupent une place de choix. Déjà, dans le cadre du programme adopté en 2008, l'Académie a apporté un appui financier (étalé sur une période de 3 à 4 ans), à deux projets de recherche qui recourent aux biotechnologies végétales dont un concerne l'arganier et l'autre le chène-liège. Dans l'appel d'offres lancé en 2010, sur les 9 thèmes prioritaires retenus par l'Académie, deux thèmes concernent les biotechnologies et la sauvegarde de l'environnement. Il s'agit de l'Agrobiotechnologie : amélioration des fermentations alimentaires et de la qualité des produits pour le premier, et les effets des changements climatiques sur les ressources en eau et sur les écosystèmes pour le second.

C'est dire que l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, dans le cadre de ses missions telles que stipulées par le Dahir de sa création, et surtout dans le cadre des orientations que Sa Majesté le Roi Mohammed VI -que Dieu Le garde- lui a fixées en particulier au moment de son installation le 18 mai 2006, prêtera la plus grande attention aux résultats de vos travaux.

Mesdames, Messieurs

Permettez-moi enfin de saisir cette opportunité pour présenter mes vifs remerciements aux organisateurs de ce symposium, et aussi remercier les éminentes personnalités scientifiques et économiques venues du Maroc et de l'étranger, présentes avec nous et à qui je souhaite la bienvenue et un agréable séjour à Rabat. Tous mes vœux de succès à vos travaux et merci pour votre attention.

* * * * *

Agrobiotechnologies : progrès, perspectives et défis

Pr. Albert SASSON

Directeur du Collège Sciences et Techniques du Vivant
Académie Hassan II des Sciences et Techniques



En premier lieu, il convient de rappeler qu'aujourd'hui, environ 90% des biotechnologies utilisées dans le monde restent encore des biotechnologies microbiennes, qu'il s'agisse de leur volume, ou du chiffre d'affaires des industries concernées. Il s'agit de l'ensemble des fermentations alimentaires ainsi que des programmes d'assainissement et de lutte contre la pollution. A cet égard le Maroc a engagé des programmes nationaux d'assainissement et de traitement des eaux usées, ainsi que des déchets solides. C'est l'Office national de l'eau potable (ONEP), actuellement associé à l'Office national d'électricité (ONE), qui est chargé de mettre en œuvre ces programmes, au cœur desquels se trouvent les biotechnologies. Des équipes universitaires y sont aussi impliquées et l'une d'entre elles se trouve à El Jadida et dispose d'une unité pilote de traitement des eaux usées de l'Université elle-même. Cette unité pilote montre qu'avec des matériaux robustes et des procédés simples on peut obtenir des résultats intéressants.

En ce qui concerne les biotechnologies végétales, un réseau a été mis en place par l'INRA et un autre réunissant des équipes universitaires. Ce symposium vient à point nommé pour faire le point de ces différentes activités. Nous le faisons d'une façon différente des deux précédents symposiums, parce que tout d'abord nous y avons invité des collègues étrangers. Les trois symposiums ont un caractère national avec comme objectif de nous pencher sur ce que nous faisons, pourquoi nous le faisons et comment nous pourrions améliorer ce que nous faisons. Aujourd'hui, nous avons fait une exception, comme l'a dit le Secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques. Il y a au sein de l'Académie des projets qui sont mis en œuvre dans le cadre de conventions de coopération. Par exemple, nous avons une convention de coopération avec l'EMBRAPA qui est la grande organisation de la recherche agricole du Brésil, avec une cinquantaine de centres. Un représentant de l'EMBRAPA va faire une communication et les collègues marocains impliqués dans le cadre de cette convention vont aussi présenter leurs travaux. Nous avons également invité deux collègues du Sénégal qui est un pays très proche de nous et que avec lequel nos relations sont très étroites sur les plans politique, économique et stratégique. Ces collègues sont ici pour participer aux débats mais également pour commencer à réfléchir sur un projet de recherche commun entre

le Sénégal et le Maroc sur les micro-organismes de la rhizosphère et notamment la mycorhization. Enfin, nous avons invité des collègues espagnols parce que nous avons un projet de coopération avec le CSIC, qui est le conseil national de la recherche, et qui porte sur la rhizosphère de l'olivier. Ces collègues ainsi qu'un représentant de DIANA Holding (Maroc) présenteront leurs travaux respectifs sur les microorganismes de la rhizosphère de l'olivier. Je voudrais aussi mentionner la présence parmi nous de Carlos Borroto, grand chercheur cubain et le directeur général adjoint du Centre de génie génétique et de biotechnologie, un organisme phare en Amérique latine qui a été à l'origine de programmes de recherche-développement en biotechnologies médicales; ce centre est aussi très actif en biotechnologies végétales, puisqu'il vient de lancer la culture du maïs transgénique dans dix provinces de Cuba. Carlos Borroto s'intéresse également aux bionématicides.

Voilà donc les éléments que je voulais vous donner pour montrer que ce symposium est différent des deux autres qui l'ont précédé, mais l'objectif principal reste le même, à savoir écouter les chercheurs marocains, quelques chercheurs étrangers et voir si nous sommes sur la bonne voie et s'il y a mieux à faire et comment le faire pour le proche avenir. Comme vous l'a dit le Secrétaire général du Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche scientifique et de la formation des cadres il y a beaucoup d'initiatives en gestation. Avec l'Espagne, nous avons réussi depuis deux ans à faire inscrire dans le cadre de la coopération entre le Maroc et l'Espagne l'alliance stratégique dans le domaine scientifique et technique. Et j'espère que cela va se faire avec la France, le Portugal et d'autres pays. Des groupes de recherche espagnols et marocains sont en train de se constituer dans quelques domaines stratégiques : l'énergie solaire, les ressources halieutiques, les biotechnologies agro-alimentaires, la foresterie et la protection de l'environnement. Ce sont des domaines où les chercheurs espagnols sont considérés en bonne place dans le monde; nous nous associons donc avec l'excellence.

Ce séminaire, soutenu par l'Académie Hassan II des sciences et techniques, est une occasion de vous faire connaître un peu plus l'Académie, dont la mission première est de promouvoir la recherche.

* Conférence Inaugurale du 3^{ème} symposium national sur les agrobiotechnologies, transcrite à partir d'un enregistrement audio.

C'est aussi l'occasion pour l'Académie de se rapprocher de la communauté scientifique nationale.

La biotechnologie est un mot qui a commencé à apparaître vers les années 1970. Il a été utilisé pour la première fois en 1913 par un ingénieur qui a voulu expliquer qu'on pouvait utiliser des êtres vivants ou des parties d'êtres vivants (extraits et organites cellulaires, enzymes) pour transformer une matière première en un produit à plus haute valeur ajoutée. Ainsi on parle de biotechnologies médicales, végétales et environnementales, mais ne confondons pas recherches en sciences de la vie (biologie, zootechnie, agronomie) avec biotechnologies. En biotechnologie, il faut toujours qu'il y ait un produit (vaccin, antibiotique, yaourt, bière, vin, etc.). La micropropagation *in vitro* et la multiplication clonale des végétaux est un des domaines conventionnels des biotechnologies végétales aux applications étendues.

Je vous rappelle par exemple qu'en Malaisie la compagnie UNILEVER qui produit des détergents, des savons et autres produits agroalimentaires, a travaillé sur l'embryogenèse somatique, c'est-à-dire effectuer le clonage d'un petit fragment du bourgeon terminal du palmier à huile. Ainsi, la Malaisie est devenue le premier exportateur de l'huile de palme, mais aujourd'hui, en dépit de ses efforts d'intensification, elle est seconde derrière l'Indonésie qui détruit beaucoup de forêts primaires pour créer des plantations. Les chercheurs français ont fait la même en Côte d'Ivoire via l'IRD (ex ORSTOM). A Cuba, on trouve un grand nombre de biofabriques de vitroplants. C'est le cas d'autres pays d'Amérique centrale et d'Amérique latine, mais beaucoup moins en Afrique à l'exception de l'Ouganda où le NARO (National Agricultural Research Organization) travaille énormément sur le bananier (banane plantain) qui constitue l'aliment de base des populations. Et voilà que le génome du bananier vient d'être déchiffré et publié par un consortium sous le leadership du CIRAD (Centre international de coopération en recherche agronomique pour le développement, France).

Au domaine des biotechnologies végétales on rattache les relations entre microorganismes et plantes, notamment au niveau des racines (inoculons de bactéries pour la fixation de l'azote atmosphérique, mycorhization par des champignons pour la solubilisation des phosphates et autres bénéfices).

Un autre exemple de biotechnologie végétale concerne les biopesticides utilisés dans la lutte biologique contre les ravageurs des plantes.

Il nous reste à parler d'une dernière facette des biotechnologies végétales qui a trait aux OGM (organismes génétiquement modifiés). Cette aventure a commencé aux Etats-Unies en 1996 dans le but d'obtenir une maturation retardée des tomates et de rallonger leur durée de conservation grâce au blocage de la polygalacturonase. On en a fait également des sauces qui se sont très bien vendues. Face à ce succès, des menaces de boycott ont été proférées à l'encontre des supermarchés pour retirer ces produits de la vente. C'était le début de l'histoire des OGM végétaux. A partir de là on allait modifier les grandes cultures (maïs, soja et coton).

Aujourd'hui, 160 millions d'hectares sont occupés par espèces cultivées génétiquement modifiées, ce qui correspond à peu près à 10% de la superficie agricole mondiale. Il s'agit essentiellement de plantes tolérantes aux herbicides et résistantes aux insectes et autres ravageurs. Avec la pyramidisation des gènes, nous en sommes au transfert de 8 gènes codant pour des caractères de résistance aux pathogènes et de tolérance aux herbicides; l'objectif est d'arriver à transférer 20 gènes. Les critiques se sont beaucoup atténuées surtout avec le transfert de caractères dont bénéficie le consommateur comme :

- l'adjonction de β -carotène (provitamine-A) dans le riz; le riz doré sera commercialisé l'année prochaine après 14ans de lutte contre les résistances et l'adaptation aux réglementations;
- l'enrichissement des grains de céréales en acides aminés essentiels.

En conclusion, les biotechnologies végétales ont un large éventail d'applications. Avec le développement de la génomique, le génome de la plupart des plantes cultivées sera déchiffré. Ce savoir ne pourra que contribuer à l'amélioration de l'alimentation et de la nutrition des populations humaines (notamment du milliard de personnes qui souffrent de la faim, et d'un milliard qui souffrent de malnutrition et d'obésité). Avec les biotechnologies, disposons de plusieurs techniques d'amélioration et d'accroissement de la production agro-alimentaire, qui pourront contribuer à alimenter en 2050 les 9 milliards d'êtres humains de la terre.

Applications and Future Aspects of Drought

Vanessa Nessner Kavamura and Itawar Soares de Melo

EMBRAPA Environment, Jaguariúna, SP, Brazil



Abstract

In the presentation during the symposium, we have tried to expose the works that are being conducted by the laboratory of Environmental Microbiology, in Embrapa Environment. We have several research areas and amongst them, we are interested in a unique Brazilian biome, called Caatinga, that harbors several species of cacti and we believe that the cacti-associated microorganisms could be isolated and tested for drought tolerance and plant growth promotion. Thus, we discuss a little about drought tolerance mechanisms displayed by microorganisms, alleviation of abiotic stress by the inoculation of microorganisms, some applications and future aspects concerning this theme.

Introduction

Description of the Institution - Embrapa Environment

Embrapa is a Brazilian public company in the field of farming and livestock breeding research, linked to the Ministry of Agriculture. There is a unit dedicated specifically to environmental issues, called Embrapa Environment, located in the city of Jaguariúna, São Paulo state. It has over 10,000 m² of constructed area, with several laboratories with modern equipments and it also has an experimental field spread over 47 hectares, employed for the development and validation of sustainable technologies (for a more detailed information visit the institutional video at http://www.youtube.com/watch?v=spdC7v_FsYg). The laboratory of Environmental Microbiology is dedicated to the bioprospection, characterization and preservation of microorganisms used as biological control and drug-producing agents and plant growth-stimulants obtained from several environments like Brazilian mangroves, Caatinga, forests and others.

Drought tolerance

Human-induced climate change affects freshwater availability, resulting in floods and drought. The last is one of the major causes of water deficit in many organisms, limiting the productivity of crops, also affecting the water supply for domestic, industrial and agricultural purposes (Kundzewicz et al., 2007).

One alternative for managing agriculture in dry areas is the inoculation of plants with rhizobacteria adapted to hydric stress, which may increase drought tolerance

of plants growing in arid and semi-arid areas. Those bacteria, found in dry soils and/or associated to adapted plants, have developed natural mechanisms to cope with drought. Some of these bacteria, called *Plant Stress Homeostasis-Regulating Rhizobacteria* (PSHR) form association with plant roots and augment plant productivity under abiotic stress conditions (Cassán et al., 2009; Sgroj et al., 2009).

Microorganisms are able to tolerate abiotic stresses through several mechanisms, such as the production of exopolysaccharides (EPS), biofilm, osmolytes. EPS and biofilm production have been associated to the protection of cells against a wide variety of environmental stresses (Coronado et al., 1996; Danhorn and Fuqua, 2007; Monier and Lindow, 2003). Some proteins and osmoprotectants are produced when a cell is dehydrated. During the osmotic stress, availability of inter-cellular water is restricted. In a general response to protect cell from dehydration at molecular level, stress induced osmoprotectant molecules are produced, such as sugars, like trehalose, sorbitol; aminoacids, like proline and glycine, improving proteins and membrane stabilization (McNeil et al., 1999; Yancey, 2001).

The use of microorganisms in association with plants in order to alleviate the negative effects imposed by the adverse conditions is becoming a regular practice. There are several reports over the use of bacteria to help plants tolerate water stress (Alami et al. 2000; Arshad et al., 2008; Kasim et al., 2012; Mayak et al., 2004; Zahir et al., 2008), salt stress (Ashraf et al., 2004; Karthikeyan et al., 2012; Wu et al., 2012), contamination by heavy metals (Stearns et al., 2005) and others.

Study conducted in the Brazilian biome - Caatinga

In Brazil, the semiarid region encompasses several minor-environments with singular conditions of climate, soil, and vegetation heterogeneity. This zone is located almost exclusively in the Northeast of the country. The climate is semi-arid, with rainfall restricted to a few months during the year. The coastline area possesses a completely different vegetation from the vegetation found further inland. As rain is scarcer, the extreme dry conditions make the deciduous forest dominant, free of leaves and bleached due to the intensity of the sun. This type of vegetation characterizes the biome Caatinga, with predominance of Leguminosae, cacti, bromeliads and Euphorbiaceae (Giulietti et al., 2006; Santos et al., 2011).

In search for efficient PSHR with traits related to hydric stress tolerance, some osmotolerant bacterial strains were isolated from the rhizosphere of cacti growing in the Brazilian Caatinga. The results obtained from yet unpublished data indicate that some bacterial strains were able to stimulate the growth of maize plants under dry soils. They showed an increase in leaf area, shoot dry weight and root dry weight. Also, studies on the structure of bulk soil and rhizosphere bacterial communities during two distinct seasons: rainy and dry, performed with T-RFLP analysis and massive parallel sequencing of the 16S rRNA gene indicated a clear seasonal variation. In accordance with the results obtained by Torres-Cortéz et al. (2012) there are some bacterial phyla that showed a better correlation to the rainy season, while others showed a better correlation to the dry season. The frequently genera found during the dry season might indicate the role of such microorganism in plant stress tolerance.

Future aspects and final considerations

In the future, the search for new, efficient and cheap technologies for solving the problems concerning drought will be necessary, due to the climate change problem. Although plant phenotyping, i.e. the search for plants with desirable characteristics in the field and the use of transgenic plants, harboring tolerance genes, being common in the scientific area, the use of native drought-tolerant microorganisms acting in plant growth-promotion under stress seems to be a cheaper technology and its use has increased in the last few years as previously discussed. However, this subject needs to be further studied. As pointed out by Montañez et al. (2012), we need to have a better comprehension of how the interaction between plants and microorganisms occur during the stress. There is also a need to investigate the mechanisms that are truly involved in the plant growth promotion under stress, with the use of mutants, metatranscriptomics, and other tools.

References

- Alami Y, Achouak W, Marol C, Heulin T (2000) Rhizosphere soil aggregation and plant growth promotion of sunflowers by an exopolysaccharide-producing *Rhizobium* sp. strain isolated from sunflower roots. *Applied and Environmental Microbiology* 66: 3393-3398.
- Arshad M, Shaharoon B, Mahmood T (2008) Inoculation with *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase partially eliminates the effects of drought stress on growth, yield, and ripening of pea (*Pisum sativum* L.). *Pedosphere* 18:611-620.
- Ashraf M, Hasnain S, Berge O, Mahmood T (2004) Inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide-producing bacteria restricts sodium uptake and stimulates plant growth under salt stress. *Biology and Fertility of Soils* 40:157-162.
- Cassán F, Maiale S, Masciarelli O, Vidal A, Luna V, Ruiz O (2009) Cadaverine production by *Azospirillum brasilense* and its possible role in plant growth promotion and osmotic stress mitigation. *European Journal of Soil Biology* 45:12-19.
- Coronado C, Sánchez-Andújar B, Palomares AJ (1996) *Rhizobium* extracellular structures in the symbiosis. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 12:127-136.
- Danhorn T, Fuqua C (2007) Biofilm formation by plant-associated bacteria. *Annual Review of Microbiology* 61:401-422.
- Giulietti NA, Harley RM, Queiroz LP, Rapini A (2006) Introduction: Top set the scene In: Queiroz LP, Rapini A, Giulietti NA (Eds) Towards greater knowledge of the Brazilian semiarid biodiversity. *Ministério Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília*, pp 15-19.
- Kasim WA, Osman ME, Omar MN, El-Daim IAA, Bejai S, Meijer J (2012) Control of drought stress in wheat using plant-growth-promoting bacteria. *Journal of Plant Growth Regulation*. In press.
- Karthikeyan B, Joe MM, Islam MR, Sa T (2012) ACC deaminase containing diazotrophic endophytic bacteria ameliorate salt stress in *Catharanthus roseus* through reduced ethylene levels and induction of antioxidative defense systems. *Symbiosis* 56:77-86.
- Kundzewicz ZW, Mata LJ, Arnell NW, Döll P, Kabat P, Jiménez B, Miller KA, Oki T, Sen Z, Shiklomanov IA (2007) Freshwater resources and their management In: Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (Eds.) *Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 173-210.
- Mayak S, Tirosh T, Glick BR (2004) Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. *Plant Science* 166:25-530.
- McNeil SD, Nuccio ML, Hanson AD (1999) Betaines and related osmoprotectants. Targets for metabolic engineering of stress resistance. *Plant Physiology* 120:945-949.
- Monier J-M, Lindow SE (2003) Differential survival of solitary and aggregated bacterial cells promote aggregate formation on leaf surfaces. *PNAS* 100:15077-15082.
- Montañez A, Blanco AR, Barlocco C, Beracochea M, Sicardi M (2012) Characterization of cultivable putative endophytic plant growth promoting bacteria associated with maize cultivars (*Zea mays* L.) and their inoculation effects in vitro. *Applied Soil Ecology* 58:21-28.

15. Santos SN, Kavamura VN, Silva JL, Melo IS, Andreote FD (2011) Plant growth promoter rhizobacteria in plants inhabiting harsh tropical environments and its role in agricultural improvements. In: MAHESHWARI, D.K. (Ed.). Plant Growth and Health Promoting Bacteria, Berlin: Springer-Verlag, 2011. pp. 251-272. (Microbiology Monographs 18).
16. Sgroy V, Cassán F, Masciarelli O, Papa MF, Lagares A, Luna V (2009) Isolation and characterization of endophytic plant growth-promoting (PGPB) or stress homeostasis-regulating (PSHB) bacteria associated to the halophyte *Prosopis strombulifera*. Applied Microbiology and Biotechnology 85:371-381.
17. Stearns JC, Shah S, Greenberg BM, Dixon DG, Glick BR (2005) Tolerance of transgenic canola expressing 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase to growth inhibition by nickel. Plant Physiology and Biochemistry 43:701-708.
18. Torres-Cortéz G, Millán V, Fernández-González AJ, Aguirre-Garrido JF, Ramírez-Saad HC, Fernández-López M, Toro N, Martínez-Abarca F (2012) Bacterial community in the rhizosphere of the cactus species *Mammillaria carnea* during dry and rainy seasons assessed by deep sequencing. Plant and Soil 357:275-288.
19. Wu Z, Yue H, Lu J, Li C (2012) Characterization of rhizobacterial strain Rs-2 with ACC deaminase activity and its performance in promoting cotton growth under salinity stress. World Journal of Microbiology and Biotechnology 28:2383-2393.
20. Yancey PH (2001) Water stress, osmolytes and proteins. American Zoologist 41:699-709.
21. Zahir ZA, Munir A, Asghar HN, Shaharoon B, Arshad M (2008) Effectiveness of rhizobacteria containing ACC deaminase for growth promotion of peas (*Pisum sativum*) under drought conditions. Journal of Microbiology and Biotechnology 18:958-963.

Mycorhization contrôlée en milieu naturel

Hassna Founoune-Mboup

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA); Laboratoire National de Recherches sur les Productions Végétales (LNRPV) Route des Hydrocarbures, Bel Air, BP 3120. Dakar. Sénégal



Introduction

La restauration et la préservation de la biodiversité constituent des priorités dans l'élaboration des stratégies de lutte contre la pauvreté et de développement durable au niveau planétaire. En effet, la diversité biologique est assujettie actuellement à des changements drastiques sans précédent conduisant à une réduction de la richesse biologique terrestre dont les pays du Sud sont les principales victimes (*Millennium Ecosystem Assessment, 2005*). La biodiversité participe, directement ou indirectement, sous différentes formes au bien-être de la biosphère et en particulier de l'homme (alimentation; régulation de la qualité des sols de même que de la qualité et de la quantité des eaux;... etc) Parmi les composantes de la biosphère, les formations végétales sont particulièrement sensibles à ces changements globaux. Les dégradations des communautés végétales, tant au niveau qualitatif (perte de diversité) que quantitatif (baisse de productivité) engendrent des dysfonctionnements significatifs dans le biofonctionnement des écosystèmes qui, à terme, ne permettent plus au couvert végétal d'assurer sa pérennisation (Exemple: régénération naturelle) et son développement.

Il a été démontré que la microflore tellurique jouait un rôle clé dans les processus assurant la co-existence des plantes mais également la dynamique de l'écosystème et sa productivité (Janos, 1980; van der Heijden et al., 1998). Au sein des communautés microbiennes peuplant le sol figurent les microorganismes symbiotiques qui contractent des relations étroites avec les plantes en leur assurant en particulier une nutrition minérale (N et P) nécessaire au développement des espèces végétales. En ce qui concerne les symbiotes fongiques (champignons mycorhiziens), leur impact sur la plante hôte ne se limite pas à une amélioration de l'acquisition de minéraux (micro et macro-éléments) par le végétal mais ces symbiotes exercent également une pression sélective sur les microorganismes saprophytes du sol tant au niveau de leur diversité génétique que de leur diversité fonctionnelle afin de constituer un complexe trophique associant le symbiote, la microflore mycorhizosphérique (rhizosphère des racines mycorhizées) et la plante.

Dans les régions soudano-sahéliennes, la dégradation des sols s'est accentuée aussi bien du point de vue physique que chimique avec de fortes carences en Phosphore et en Azote. Il était donc devenu nécessaire de mettre au point une gestion adaptée pour la recolonisation de ces terres dégradées. Plusieurs programmes de recherches menés au Sénégal ont eu comme objectif principal l'identification d'espèces

ligneuses à croissance rapide susceptibles d'être utilisées dans les différentes zones agroécologiques. Les travaux ont été plus particulièrement orientés sur les acacias australiens, caractérisés par une croissance plus rapide que les acacias sahéliens et une durée de vie courte car la plupart des espèces commencent à dépérir au-delà de 4 ans et perdent leur aptitude de rejeter à partir de la souche. Outre la qualité du bois qu'elles produisent, ces espèces peuvent servir comme brise-vent, comme fourrage ou comme protection de sols. De plus, ces légumineuses ligneuses sont capables de contracter sur le même système racinaire 3 types de symbiose i) une symbiose avec les champignons endomycorhiziens et/ou ectomycorhiziens et ii) une symbiose fixatrice d'azote. Les symbioses mycorhiziennes sont des unions durables basées sur des échanges réciproques entre les racines des végétaux et les champignons. Chaque partenaire optimise son développement grâce à cette association. Le champignon profite des exsudats racinaires qui sont indispensables à son métabolisme et à sa fructification. En retour, les hyphes fongiques qui colonisent le sol à distance de la racine prélèvent l'eau et les éléments minéraux du sol (phosphore, zinc et cuivre) et transfèrent à la plante ces substances. Dans ce type de symbiose, on distingue deux grands groupes : les endomycorhizes et les ectomycorhizes.

- Les endomycorhizes : c'est la forme la plus répandue. Les légumineuses présentent toujours d'ailleurs ce type de symbiose en plus de leur symbiose fixatrice d'azote. L'infection par ce type de champignon n'entraîne pas de modification dans l'aspect extérieur de la racine.
- Les ectomycorhizes : concernent principalement les espèces forestières (Smith & Read, 1997). L'installation de la symbiose entraîne d'importantes modifications de la morphologie des racines. Très ramifiées, elles sont entourées d'une gaine d'hyphes qui forme un réseau extramatriciel colonisant le sol environnant. La symbiose fixatrice d'azote est une association entre les bactéries symbiotiques, fixatrices d'azote (Rhizobiacées) et les Légumineuses. Dans cette symbiose, la plante parvient grâce à la bactérie de convertir l'azote diatomique atmosphérique en une forme assimilable et les bactéries reçoivent de la plante les photosynthétats.

L'objectif de cette étude est de contribuer à l'optimisation du développement de certaines espèces d'Acacia australiens par la symbiose mycorhizienne et de montrer l'utilité de la maîtrise de l'inoculation mycorhizienne contrôlée pour optimiser les opérations de reboisement en milieu tropical. Nous exposons les résultats obtenus en serre et au champ à travers une expérience de mycorhization contrôlée réalisée dans le centre du Sénégal.

2. Matériels et méthodes

2.1 Mise en germination des graines

Les graines d'*Acacia holosericea* ont été scarifiées à l'acide sulfurique concentré (36N) pendant 1 heure. Après rinçage à l'eau distillée stérile, les graines sont mises à imbiber pendant 12h dans de l'eau distillée stérile puis sont repiquées aseptiquement dans des boîtes de Petri contenant de l'eau gélosée à 0,7% (m/v). Au bout de 48h à l'étuve à 25°C et à l'obscurité, les graines pré-germées sont semées sur du sol stérile inoculé ou pas avec les différentes souches ectomycorhiziennes.

2.2 Inoculation

Les souches des champignons ectomycorhiziens *Pisolithus* sp. (COI 024 et IR 100) et *Scleroderma dictyosporum* (Sd 109) sont conservées dans des boîtes de Petri à l'obscurité à 25°C sur milieu MNM gélosé (Melin & Norkrans modifié par Marx) (Marx, 1969). L'inoculum est préparé aseptiquement dans des bocaux de 1,6 L contenant 1,3 L de mélange de tourbe-vermiculite (1:4, v:v) humidifié avec du milieu MNM liquide (Duponnois & Garbaye, 1991). Ce substrat solide est inoculé avec des implants fongiques prélevés à l'extrémité des colonies fongiques. Les bocaux de 1,6 L contenant ce mélange sont scellés et mis à incuber à 28°C pendant 6 semaines à l'obscurité. Les hyphes fongiques colonisent le mélange tourbe-vermiculite, ce qui constitue l'inoculum.

Tableau 1. Origine des souches ectomycorhiziennes utilisées dans l'expérimentation

Identification des espèces	Plante hôte	Région de collecte	Collecteurs
<i>Pisolithus albus</i> COI024 (Martin et al., 2002)	<i>Acacia holosericea</i> A. Cunn. ex G. Don	Casamance, Sénégal	R. Duponnois
<i>P. albus</i> IR100 (Martin et al., 2002)	<i>A. mangium</i> Willd.	Casamance, Sénégal	R. Duponnois and A.M. Bâa
<i>Scleroderma dictyosporum</i> pat. IR109	<i>Afzelia africana</i> Sm. ex Pers.	Burkina Faso	A.M. Bâa

^a Université des Antilles et de la Guyane, BP 592. 97159 Pointe à Pitre, Guyane, France.

2.3 Expérimentation en serre

Les graines pré-germées sont semées dans des gaines de 1Kg contenant du sol sableux autoclavé (140°C pendant 40 mn) à raison de 10 répétitions par traitement. Les caractéristiques physico-chimiques de ce sol sont les suivantes : pH H₂O 6,5; Limon fin 7,4%; Limon grossier 25,4%; sable fin 36,6%, sable grossier 21,5%; Carbone total 0,54%; Azote total 0,06% et Phosphore Olsen 8,8 mg/Kg. Ce sol est mélangé à 10% (v:v) avec de l'inoculum ectomycorhizien ou à 10% avec du mélange tourbe-vermiculite (1:4, v:v) sans mycelium fongique dans le

cas du traitement témoin. Les gaines sont placées en serre (32°C jour, 28°C nuit, avec une photopériode de 12h) et arrosées trois fois par semaine sans fertilisation. Après 4 mois de culture, les parties aériennes et racinaires sont mises à sécher séparément à l'étuve à 65°C pendant 2 semaines puis pesées. Pour déterminer le taux d'ectomycorhization, un échantillon frais de racine conservé dans de l'alcool 70% (v/v). Le taux d'ectomycorhization est déterminé par observation d'un échantillon de racelles sous une loupe binoculaire au grossissement 160. Le nombre d'extrémités racinaires mycorhizées * 100 / le nombre total d'extrémités racinaires. Pour chaque échantillon, deux lectures sont effectuées et c'est la moyenne des deux comptages qui représente le taux final.

2.4 Expérimentation au champ

L'expérimentation au champ a été conduite au Sénégal dans le département de Kaolack à proximité du village de « Ngane ». La parcelle de 40 m x 40 m a été répartie en 4 x 4 blocs représentant chacun un traitement avec 4 répétitions pour chaque traitement. Chaque bloc comprend 9 plants espacés de 3 m. Les mesures de la hauteur se font régulièrement avant, au cours et à la fin de la saison pluviale (entre juillet et Novembre) en relevant également le nombre de plants n'ayant pas résisté à la crise de transplantation. Les résultats des hauteurs expriment la moyenne entre les répétitions d'un même traitement. La crise de transplantation est exprimée en pourcentage par rapport au total des plants plantés d'un même traitement.

2.5 Analyse statistique

Les résultats sont traités statistiquement par une analyse de variance à 2 facteurs, réalisée par le logiciel Super ANOVA. Les comparaisons entre les résultats des traitements inoculés et non inoculés sont effectuées au test Newman-Keuls (P = 0,05).

2.6 Etude des rhizobiums

2.6.1 Piégeage des rhizobiums

Des échantillons de sol ont été prélevés à 1 m de distance des arbres dans l'horizon 0-20 cm. Les sols ont été prélevés au niveau des traitements non inoculé et IR100 et ont été utilisés pour piégeage des rhizobia indigènes par culture en serre de plants d'*A. holosericea*. Ainsi, des graines d'*A. holosericea* ont été scarifiées comme décrit dans 2.1.

Les graines pré-germées ont été semées dans dix sacs en polyéthylène contenant 1 Kg du sol échantillonné à raison d'une graine par sac. Un arrosage régulier journalier avec de l'eau du robinet a été effectué. Au bout de six mois de culture, la récolte des nodules formée a été réalisée.

2.6.2 Caractérisation génotypique des rhizobiums par PCR/RFLP

Après piégeage, un échantillon de nodules formés a été prélevé pour étudier la diversité des rhizobia associés. L'ADN a été extrait puis analysé par PCR/RFLP (Krasova-Wade et al., 2003). La comparaison des profils des séquences permet de regrouper les rhizobiums génétiquement très proches. Les différents profils générés par l'enzyme de restriction Hae III sont désignés par A, B, C, D, E, F, G, H, I et pour l'enzyme Msp I par a, b, c, d, e, f, g, h, i, j. Les résultats sont exprimés en pourcentage de nodules ayant présenté un des profils révélés.

3. RESULTATS

3.1 Expérimentation en serre

Après 4 mois de culture, la biomasse aérienne des plants inoculés avec les champignons ectomycorhiziens est significativement plus importante que pour les plants non inoculés (tableau 2).

Le traitement avec la souche IR100 a permis une stimulation 2,3x par rapport au témoin et de 2,1x et 2,0x pour respectivement les traitements avec IR 109 et COI 024. Cependant cet effet bénéfique du champignon ectomycorhizien au niveau de la biomasse racinaire n'a été observé qu'avec la souche fongique IR109. La colonisation du système racinaire par la souche IR109 était significativement la plus importante par rapport aux autres souches.

Tableau 2 :

Traitements	Biomasse aérienne (mg)	Biomasse racinaire (mg)	TECM (%)
Non Inoculé	652 a	378 a	0 a
IR 100	1515 b	762 b	25.2 a
COI 024	1310 b	470 a	20.8 a
IR 109	1382 b	494 a	53.4 b

3.2 Essai au champ

- Crise de transplantation : (figure1)

Ce sont principalement les plants non inoculés qui ont le plus souffert de la crise de transplantation au champ. Parmi les trois traitements fongiques, seuls les plants inoculés avec IR 100 ont exprimé, pendant les deux premiers mois de transplantation, un taux de mortalité de 2,77% contre 0% dans les autres traitements fongiques. Le taux de mortalité des plants non inoculés avait atteint 19% après.

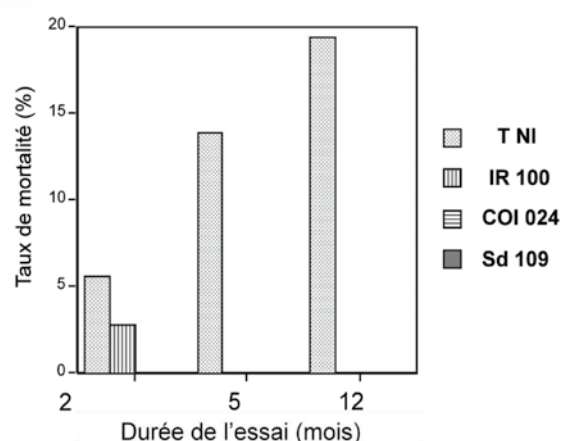


Figure 1: taux de mortalité des plants après transplantation

- Croissance des plants : (figure 2)

La hauteur des plants inoculés par les souches ectomycorhiziennes était significativement supérieure à la comparaison avec les plants non inoculés. Cependant, au bout de 54 semaines de plantation, aucune différence de hauteur de plants entre les souches fongiques inoculés n'a été observée. A partir de la deuxième année de plantation, les différences de hauteurs entre les traitements non inoculés et ceux inoculés devenaient plus importantes.

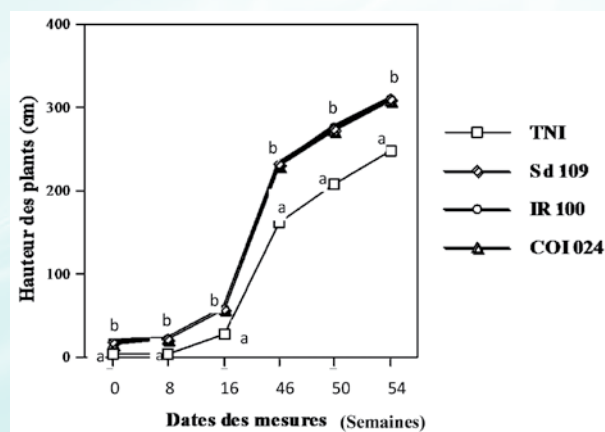


Figure 2 : croissance des plants au champs

3.3 Etude des rhizobiums

La PCR-RFLP du 16S-23S IGS rDNA a révélé 8 types de profils génotypiques aussi bien avec HaeIII qu'avec l'enzyme MspI de l'IGS des souches rhizobiennes contenues dans les nodules analysés. Ces profils sont différents selon l'origine des sols (proximité des plants inoculés ou non inoculés). Certains profils sont retrouvés dans les deux sols mais à des proportions différentes.

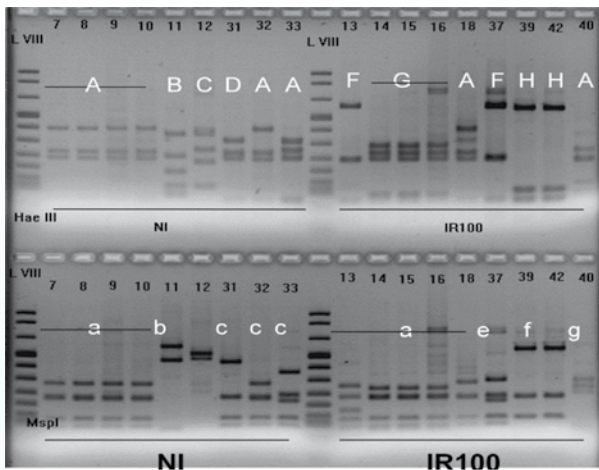


Figure 3 : Profils RFLP de IGS 16S-23S obtenus avec *HaeIII* (en lettres majuscules) et *MspI* (en lettres minuscules). NI : Non inoculé, IR100 : inoculé avec la souche IR100

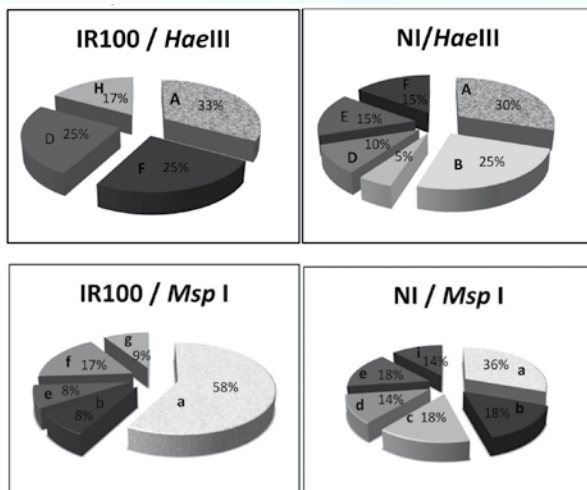


Figure 4 : Pourcentage des genotypes IGS obtenus par PCR-RFLP du 16S-23S des nodules analysés. NI : Non inoculé, IR100 : inoculé avec la souche IR 100, *HaeIII* : enzyme de restriction, *MspI* : enzyme de restriction.

4. DISCUSSION

Ces résultats mettent en évidence l'importance de la mycorhization contrôlée pour le développement d'*A. holosericea* aussi bien en serre qu'au champ. Et, également la compétitivité des souches testées vis-à-vis de la microflore tellurique. Cette amélioration de la croissance peut s'expliquer par l'importance du volume de sol exploré grâce aux hyphes fongiques. Cette symbiose permet également à la plante de résister à des stress environnementaux (Duponnois & Bâ, 1999).

L'effet bénéfique de cette symbiose a été également observé lors de la transplantation au champ, où ce sont principalement les plants non inoculés qui ont été plus sensibles à la crise de transplantation. En effet, cette symbiose permet à la plante de

résister à des stress environnementaux (stress hydrique, attaques de pathogènes) (Duponnois & Cadet, 1994; Duponnois & Bâ, 1999). En effet, l'ectomycorhization de certaines espèces d'*Acacia* australiens (Duponnois et al., 2000) permet la réduction de la population des nématodes phytoparasites particulièrement *Meloidogyne* spp. principal ravageur des cultures en Afrique de l'Ouest (Johnson & Fassuliotis, 1984; Prot, 1986; Duponnois et al., 1995).

Ces résultats mettent en évidence l'importance de la symbiose ectomycorhizienne dans le développement des *Acacia* australiens et la durabilité de cet effet aussi bien en pépinière qu'au champ. La symbiose mycorhizienne a pour principal effet l'amélioration de la nutrition minérale de la plante dans les sols peu fertiles (Strullu, 1989 ; Bolan, 1991). Cette amélioration du développement peut s'expliquer par l'important développement racinaire (Rovira, 1972) et également par l'importance du volume de sol colonisé grâce aux hyphes fongiques.

Cette étude a permis de mettre en évidence les interactions existant entre les différentes composantes de la microflore tellurique, notamment entre les champignons ectomycorhiziens et les rhizobia indigènes.

L'analyse génotypique par PCR-RFLP du 16S-23S IGS des rhizobia au niveau des nodules formés dans les racines d'*A. holosericea* a montré des différences entre les plants ayant inoculés et les non inoculés. En effet, la compétitivité des souches à former des nodules chez *A. holosericea* peut être modifiée par les conditions du milieu. Par exemple le type «a» généré par l'enzyme *MspI* passe de 36% dans les nodules du traitement non inoculé à 58% dans le traitement avec la souche ectomycorhizienne IR100. Les types «c», «d» et «i» révélés chez les plants non inoculés ne sont pas détectés dans le traitement IR100.

Certains génotypes de rhizobia seraient liés à la présence de la souche ectomycorhizienne IR100. Il serait intéressant d'explorer ce résultat pour établir l'interaction mycorhize-rhizobia.

D'un point de vue pratique, l'inoculation ectomycorhizienne peut être envisagée comme une alternative pour l'accélération des processus de re-forestation des terres dégradées notamment par l'utilisation d'espèces à croissance rapide comme les acacias australiens. L'impact des champignons ectomycorhiziens est également observé au niveau de la microflore tellurique. Ainsi, l'étude des mécanismes régissant ces impacts serait intéressante pour mieux réussir les stratégies de réhabilitation des sols.

REFERENCES

1. Bolan, N. S. (1991). A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant & Soil*, 134 : 189-207.
2. Duponnois, R. & Bâ, A. M. (1999). Growth stimulation of *Acacia mangium* Willd by *Pisolithus* sp. in some Senegalese soils. *For. Ecol. and Manag.* 119 : 209-215.
3. Duponnois, R. & Garbaye, J. (1991). Mycorrhizal Helper Bacteria associated with the Douglas fir-*Laccaria laccata* symbiosis. Effects in aseptic and glasshouse conditions. *Ann. Sci. Forest.*, 48 : 239-251.
4. Duponnois, R. & Garbaye, J. (1991). Techniques for controlled synthesis of the Douglas fir-*Laccaria laccata* ectomycorrhizal symbiosis. *Ann. Sci. For.* 48 : 239-251.
5. Duponnois, R., Founoune, H., Bâ, A.M., Plenchette, C., El jaafari, S., Neyra, M. & Ducouso, M. (2000). Ectomycorrhization of *Acacia holosericea* A. Cunn. ex G. Don by *Pisolithus* spp. in Senegal: Effect on plant growth and on the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Ann. For. Sci.*, 57 : 345-350.
6. Duponnois, R., Senghor, K. & Mateille, T. (1995). Pathogenicity of *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitw. to *Acacia holosericea* (A. Cunn. ex G. Don) and *A. seyal* (Del.). *Nematologica*, 41 (4), 480-486.
7. Johnson, A.W. & Fassuliotis, G. (1984). Nematode parasites of vegetable crops. *In*: W. R. Nickle (Ed.), *Plant and Insect nematodes*, pp. 323-372. New York and Basel: Marcel Dekker Inc..
8. Krasova-Wade, T., Ndoeye, I., Braconnier S., Sarr B., de Lajudie P. Neyra, M. (2003). Diversity of indigenous *Bradyrhizobia* associated with three cowpea cultivars (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) grown under limited and favorable water conditions in Senegal (West Africa). *African Journal of Biotechnology* Vol. 2 (1), pp. 13-22.
9. Martin, F., Diez, J., Dell, B., Delaruelle, C. (2002). Phylogeography of the ectomycorrhizal *Pisolithus* species as inferred from the ribosomal DNA ITS sequences. *New Phytol.* 153 : 345-358.
10. Marx, D.H. (1969). The influence of ectotropic mycorrhizal fungi on the resistance of Pine roots to pathogenic infections. I. Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic fungi and soil bacteria. *Phytopathology* 59 : 153-163.
11. Prot, J.C. (1986). Sensibilité de sept légumineuses arborescentes aux nématodes *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita*, *Scutellonema cavenessi* et *Dolichorynchus elegans*.
12. Revue de Nématologie, 9 : 416-418. Rovira, A. D. (1972). Studies of the interactions between plant roots and micro-organisms. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.*, 90-94.
13. Smith, S.E. & Read, D.J. (1997) *Mycorrhizal symbiosis*. Cambridge, UK: Academic Press, 605p..
14. Strullu, D. G. (1989). Mycorrhizes et culture in vitro. *In*: *Les mycorrhizes des arbres et des plantes cultivées*. Strullu, D. G., Tec. et Doc., Lavoisier Editions, Paris, 250p.
15. Van der Heijden, M.G.A., Klironomos, J.N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., Wiemken, A. & Sanders, I.R. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396: 69-72.

Interactions plantes-microorganismes : associations fixatrices d'azote

Adama Diouf

Laboratoire de biotechnologies des champignons, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal



Résumé

Les interactions plantes-microorganismes dans la rhizosphère notamment les associations fixatrices d'azote et les associations mycorhiziennes jouent un rôle important dans les systèmes de production. Certains microorganismes peuvent ainsi protéger et favoriser le développement du végétal. Le rôle primordial des microorganismes de la rhizosphère reste mal exploité, pour leur implication dans les cycles géo-biochimiques du carbone, de l'azote et du phosphore et leur conséquence sur la croissance et la santé de la plante.

La fixation biologique de l'azote par les bactéries fixatrices libres et symbiotiques constitue un potentiel pour l'amélioration des rendements agricoles sans pollution de l'environnement. Elle présente des intérêts multiples sur les plans agronomique, économique et nutritionnel. Les bactéries fixatrices libres, incluses dans le groupe des microorganismes promoteurs de la croissance des plantes (PGPR) ont un potentiel encore mal exploité en Afrique. En Europe et aux Amériques, l'utilisation de ces microorganismes ont permis d'améliorer les productions de maïs, de blé, etc, par une augmentation très importante des surfaces cultivées inoculées.

Les fixateurs symbiotiques (*Rhizobium* et *Frankia*) contribuent à l'amélioration de la productivité des sols. C'est ainsi qu'une culture de légumineuse peut apporter au sol plus de 300 kg N par hectare. Au Sénégal, les inoculations au champ d'espèces forestières (Acacias, *Pterocarpus*, *Casuarina*,...) et agricoles (niébé, arachide, le haricot vert, soja,...) sont menées en collaboration avec les Organisations Paysannes, Groupements de Femmes et ONGs.

Principal laboratoire travaillant sur les symbioses, le Laboratoire Commun de Microbiologie (LCM/IRD-ISRA-UCAD) est composé d'une équipe mixte de chercheurs et enseignants-chercheurs. Les recherches développées portent sur la diversité microbienne des sols (bactéries et champignons), l'adaptation de symbioses fixatrices d'azote et mycorhiziennes à des contraintes abiotiques (ex. sécheresse, salinité) et la sélection de couples plante-microorganisme performants pour de l'accroissement de la productivité des sols et des rendements agricoles.

Au niveau national, régional et international, une forte collaboration existe entre le LCM et des institutions et laboratoires de recherche avec qui le laboratoire partage certaines thématiques.

Les études des biotechnologies microbiennes sont limitées au niveau universitaire avec les formations en masters BIOVEM, AFECA, MIBioT.

Contexte

Le Sénégal, à l'instar de la zone Sub-saharienne de l'Afrique, est soumis à l'effet de la sécheresse de ces dernières années qui a fortement entraîné une dégradation de l'environnement. Ainsi la diminution du couvert végétal, la dégradation des sols et l'appauvrissement des terres arables ont fortement affecté la production agricole avec comme conséquence une insécurité alimentaire agissante. L'amélioration de la fertilité des sols ainsi que la lutte contre la dégradation des terres par la diffusion de technologies innovantes deviennent des enjeux majeurs qui permettraient alors de booster la production agricole et d'améliorer les conditions de vie des populations.

Face à cette situation, l'Afrique sub-saharienne a le devoir de développer ses capacités productives dans le but d'atteindre une croissance soutenue dans l'agriculture. C'est ainsi que l'état du Sénégal a mentionné dans tous les documents nationaux de politiques agricoles la nécessité d'augmenter les rendements dans le but d'atteindre et de maintenir la sécurité alimentaire.

Cependant, dans le domaine des biotechnologies appliquées en agriculture, l'utilisation des inoculum microbiens constitue un immense potentiel pour l'amélioration des rendements agricoles sans risque de polluer l'environnement. Elle présente des intérêts multiples sur les plans agronomique, économique et nutritionnel. Ainsi certains microorganismes telluriques ont la capacité de protéger et de favoriser le développement des végétaux. Le rôle primordial des microorganismes de la rhizosphère reste sous exploité, pour leur implication dans les cycles géo-biochimiques du carbone, de l'azote et du phosphore et leur conséquence sur la croissance et la santé des plantes.

Microorganismes et production agricoles

Les interactions plantes-microorganismes dans la rhizosphère sont très complexes et variées. Les microorganismes impliqués dans ces interactions peuvent être subdivisés en trois grands groupes:

les pathogènes (nuisibles), les saprophytes et les bénéfiques aux plantes. Ces derniers ont fait l'objet de nombreuses investigations, surtout les microorganismes promoteurs de croissance (PGPR) et les microorganismes fixateurs d'azotes.

Les bactéries fixatrices libres, incluses dans le groupe des microorganismes promoteurs de la croissance des plantes (PGPR), ont un potentiel encore faiblement exploité en Afrique. Ces microorganismes agissent de différentes manières sur la croissance et le développement des plantes soit en exerçant un contrôle par la production d'antibiotiques (phytoprotecteurs), soit en produisant des phytostimulants (biofertilisants) par la synthèse de phytohormones (auxines, cytokinines, gibbérellines), la production de sidérophores, etc (Tien et al., 1979, Bloemberg and Lugtenberg, 2001; Dobbelaere et al., 2003). Ainsi en plus de leur action phytostimulatrice, ces microorganismes interviennent dans l'amélioration de l'adaptation des plantes vis-à-vis des stress biotiques et abiotiques (Barea and Brown, 1974; Dimkpa et al., 2009). Encore très peu exploités en Afrique, l'utilisation de ces microorganismes en Europe et aux Amériques ont permis d'améliorer la productivité des végétaux monocotylédones cultivés comme les céréales (mil, riz, maïs, sorgho, blé, etc) par une augmentation très importante des surfaces de cultures inoculées.

• Symbioses fixatrices d'azote

La fixation d'azote est d'ailleurs le fait de bactéries fixatrices libres plus représentatives dans les sols et les fixatrices symbiotiques mutualistes. Ces communautés microbiennes bénéfiques constituent un potentiel pour la fertilité des sols et contribuent à l'amélioration des rendements agricoles participant ainsi à la sécurité alimentaire. Cette amélioration des productions veille au respect de l'environnement car basée sur un processus naturel enzymatique par opposition au processus industriel de production d'engrais chimiques polluant l'atmosphère, les sols et les eaux souterraines et de surface avec un coût énergétique très élevé.

Les fixateurs symbiotiques sont caractérisés par leur aptitude à former de nouveaux organes appelés nodosités au niveau des racines ou des tiges des plantes hôtes. Les microorganismes impliqués dans ce processus sont du genre *Rhizobium* et *Frankia* qui induisent la nodulation respective de plantes essentiellement légumineuses et d'Angiospermes comme les *Casuarinaceae*. Ils contribuent à l'amélioration de la productivité des sols tout en diminuant l'utilisation des intrants azotés polluants.

• Etat de la recherche

Au Sénégal, l'importance suscitée par la recherche sur les symbioses a motivé la création du Laboratoire Commun de Microbiologie (LCM). Ce laboratoire est composé d'une équipe mixte de chercheurs et enseignants-chercheurs des trois institutions partenaires liées par une convention : l'Institut

Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA), de l'Université Cheikh Anta Diop (UCAD) et de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Au niveau de l'UCAD, le Laboratoire de Biotechnologies des Champignons constitue une unité qui s'intéresse également à l'étude des symbioses.

Les recherches développées portent sur la diversité des communautés microbiennes des sols (bactéries et champignons), l'adaptation de symbioses fixatrices d'azote et mycorhiziennes à des contraintes abiotiques (ex. sécheresse, salinité) et la sélection de couples plante-microorganisme performants pour de l'accroissement de la fertilité des sols et des rendements agricoles. De multiples collaborations sont établies au niveau national, régional et international avec d'autres universités, centres, instituts et laboratoires de recherches avec qui le LCM partage certaines thématiques de recherches telles que la diversité microbienne des sols (bactéries et champignons), l'amélioration de la fertilité des sols, lutte contre la désertification, l'adaptation à la sécheresse et à la salinité des sols, etc.

De nombreuses publications dans des revues nationales et internationales ont sanctionné ces travaux de recherches menés en laboratoires, en serres ou en stations expérimentales depuis plusieurs décennies. Cependant ces résultats souffrent d'une application en milieu paysan qui se limite essentiellement aux essais expérimentaux conduits dans le cadre de projets soumis en collaboration avec les Organisations Paysannes, Groupements de Femmes et Organisations Non Gouvernementales.

L'utilisation des biotechnologies microbiennes comme l'inoculation a des effets bénéfiques sur les rendements agricoles de certaines espèces cultivées (niébé, le haricot vert, le soja, etc), la croissance de certaines plantes forestières (*Acacias*, *Gliricidia*, *Pterocarpus*, *Casuarina*,...) et la fertilité des terres arables. Des inoculations simples de souches de rhizobium sont souvent appliquées mais elles peuvent être effectuées en association avec des souches de champignons mycorhiziens.

Quelques résultats

1. Inoculation du haricot vert (*Phaseolus vulgaris*)

Les travaux sur le haricot vert ont porté sur la diversité des souches de rhizobium isolées de *P. vulgaris* par une étude polyphasique. Ainsi la collection de germplasm est subdivisée en trois groupes taxonomiques proches de *Rhizobium etli*, *Rhizobium tropici* et *Rhizobium sp* (*phaseolus*) décrites précédemment (Martinez-Romero, 1994; Martinez-Romero and Caballero-Mellado, 1996). Les résultats présentés à la figure 1 sur le profil de restriction des produits d'amplification par PCR de l'ITS 16S-23S de l'ARNr et à la figure 2 sur les relations génétiques étudiées par électrophorèse d'enzyme multilocus entre 13 Ets des souches ISRA isolées du haricot vert (*Phaseolus vulgaris*) et des

souches de référence illustrent bien les éléments base de cette classification (Diouf et al, 2000a).

Une association symbiotique élite entre une souche ISRA 355 (ex MAO355) très efficiente et compétitive et la variété de haricot Rocdor a été sélectionnée pour des essais en station et au champ. Le taux d'occupation de nodules étudié par la méthode du marquage par le gène *gusA* était supérieur à 90% (figure 3) par rapport aux souches natives (sauvages) de la zone de prédilection de la culture du haricot au Sénégal (Diouf et al, 2000b). L'inoculation au champ a produit un gain 139 kg N/ha mesuré par la méthode des dilutions isotopiques ¹⁵N et une amélioration des rendements en gousse de 66%.

Suite à ces résultats, d'autres essais d'inoculation ont été conduits au champ sur d'autres types de sols (figure 4A) ou en utilisant diverses pratiques agricoles comme l'inoculation mixte rhizobium-champignon mycorhizien (figure 4B). D'importants résultats sont également obtenus au champ sur l'inoculation avec une souche de rhizobium du soja (*Glycine max*) au Sénégal.

2. Inoculation d'Acacia

Au Sénégal, de nombreux travaux ont été effectués sur les inoculations simples ou doubles (rhizobium et champignon mycorhizien) des Acacias en pépinière ou au champ (Ndoye et al., 1995; Gueye et Ndoye, 2003). Ces apports en masse de souches de bactéries et de champignon ont produit une amélioration de la croissance, de la vigueur et de la productivité des plantes inoculées en présence ou non de contraintes hydriques ou salines.

3. Amélioration de la fertilité des sols

La matière organique d'une légumineuse arborescente *Gliricidia sepium* a été utilisée pour la fertilisation des terres cultivées. La croissance des plants de *G. sepium* en pépinière a été améliorée par la double inoculation avec des souches de rhizobium et de champignon mycorhizien. Après une culture de six mois en station expérimentale, la biomasse aérienne a été enfouie pour la culture d'une céréale le maïs (*Zea mays*).

Par rapport à la culture sans apport de matière organique, une amélioration de la croissance (biomasse) de 24,7%, et une augmentation de la production en graine du maïs de 108,6% ont été obtenues.

Conclusion

Dans le domaine des biotechnologies microbiennes et végétales d'importants résultats sont obtenus notamment sur l'amélioration de la fertilité des sols et des rendements des cultures, du comportement des

plantations arbustives et arborescente en conditions de contraintes biotiques et abiotiques, etc. Malgré ces acquis significatifs une absence de diffusion et d'application des résultats de la recherche d'une manière générale est à déplorer du fait d'un manque de relai entre le chercheur et le producteur.

Toutefois, des efforts continuent d'être déployés par les chercheurs et enseignants chercheurs sur l'enseignement des agrobiotechnologies au niveau universitaire avec la mise en place à l'Université Cheikh Anta Diop de trois masters dans ce domaine par le Département de Biologie Végétale.

Références

- Barea, J.M and Brown M.E. 1974. Effects on plant growth produced by *Azotobacter paspali* related to synthesis of plant growth regulating substances. *J Appl Bacteriol.* 37:583-593.
- Bloemberg, G. V. and Lugtenberg, B. J. J. 2001. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. *Curr. Opin. Plant Biol.* 4:343-350.
- Dimkpa C., Weinand T. & Asch F. (2009) Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. *Plant Cell & Environment*, 32, 1682-1694.
- Diouf A, de Lajudie P, Neyra M, Kersters K, Martinez-Romero E, Gillis M and Gueye M. 2000a. Polyphasic characterisation of *Rhizobium* that nodulate common bean (*Phaseolus vulgaris* L) in West Africa (Senegal and Gambia). *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 50: 159-170.
- Diouf A, Spencer M M and Gueye M. 2000b. Use of *gusA* gene marker in competition study of common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodulating *Rhizobium* in Senegalese soils. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 16: 337 - 340.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., and Okon, Y. 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere, *Crit. Rev. Plant Sci.* 22:107-149.
- Gueye M. et Ndoye I. 2003. Le potentiel fixateur d'azote d'*Acacia raddiana* comparé à celui d'*Acacia senegal*, *Acacia seyal* et *Faidherbia albida*. p. 201-204. In Grouzis Michel (ed.), Le Floc'h E. (ed.) Un arbre au désert : *Acacia raddiana* Paris : IRD.
- Martinez-Romero, E. 1994. Recent developments in *Rhizobium* taxonomy. *Plant Soil.* 161:11-20.
- Martinez-Romero E. and Caballero-Mellado J. 1996. *Rhizobium* phylogenies and bacterial genetic diversity. *Crit. Rev. Plant Sci.* 15:113-140.
- Ndoye I., Gueye M., Danso S. K. A. and Dreyfus B. 1995. Nitrogen fixation in *Faidherbia albida*, *Acacia raddiana*, *Acacia senegal* and *Acacia seyal* estimated using the ¹⁵N isotope dilution technique. *Plant Soil.*, 172 : 175-180.
- Tien, T. M., Gaskins, M. H. and Hubbell, D. H. 1979. Plant Growth Substances Produced by *Azospirillum brasilense* and Their Effect on the Growth of Pearl Millet (*Pennisetum americanum* L.). *Appl. Environ. Microbiol.* 37 : 1016-1024.

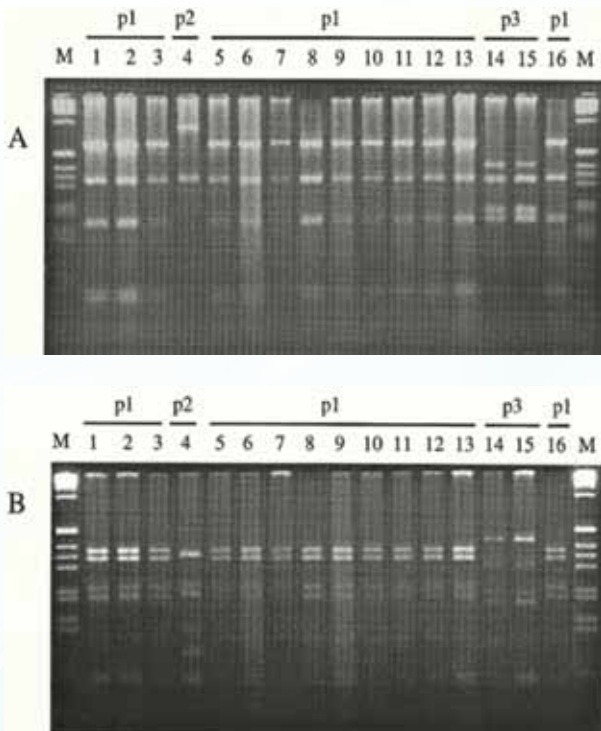


Figure 1 : Profil de restriction des produits d'amplification par PCR de l'ITS 16S-23S de l'ARNr digéré par HhaI (A) et TaqI (B).

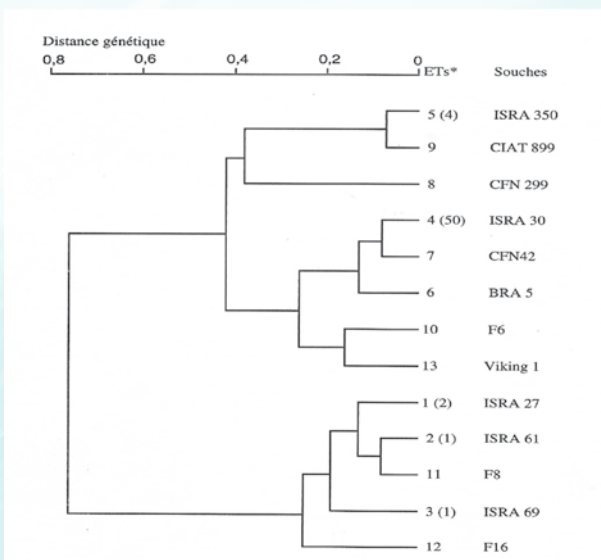


Figure 2 : Dendrogramme montrant les relations génétiques entre 13 Ets des souches ISRA isolées du haricot vert (*Phaseolus vulgaris*) et des souches de référence basé sur la valorisation allélique détectable par l'électrophorèse à 13 loci enzymatiques.

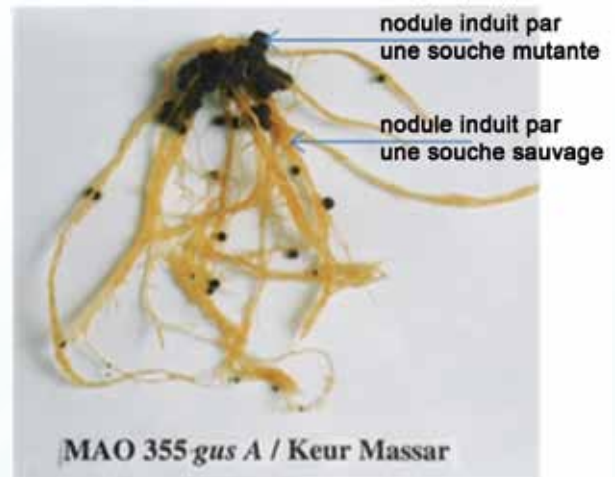


Figure 3 : Racines de haricot (*Phaseolus vulgaris*) inoculé avec la souche mutante ISRA 355 *gusA* pour évaluer le taux d'occupation des nodules.



Figure 4 : Plantes de haricot vert (*Phaseolus vulgaris*) : (A) inoculées avec une souche de rhizobium spécifique et (B) co-inoculées avec des souches de rhizobium et de champignon mycorhizien.

Utilisation des biopesticides contre les maladies de post-récolte des fruits et légumes

El Guilli M. ¹, Ibriz M. ², Jijakli H M ³, Ait Barka E. ⁴

¹INRA-CRRA, Kénitra - Maroc. ²Université Ibn Tofail, Kénitra - Maroc

³Université de Liège - Belgique. ⁴Université de Reims - France



Résumé

Les maladies de conservation des fruits et des légumes sont responsables d'importantes pertes, atteignant parfois les 50% en l'absence d'un traitement.

Le contrôle de ces maladies reste essentiellement basé sur la lutte chimique qui demeure, globalement, satisfaisante en termes d'efficacité. Cependant, l'utilisation intensive de ces fongicides de synthèse a été à l'origine de l'apparition d'un grand nombre de souches résistantes. En plus, ces produits laissent des résidus sur les fruits et légumes, ce qui est perçu par le consommateur, comme un danger pour sa santé et également comme responsable de la dégradation de l'environnement. Ainsi, la recherche d'une alternative de lutte est devenue une priorité majeure.

Une attention considérable a été portée sur la lutte biologique. La conservation des fruits et des légumes constitue, en effet, un domaine d'application privilégié de la lutte biologique où elle peut être utilisée avec un minimum de risque d'échec.

Le développement d'un biopesticide nécessite plusieurs étapes depuis l'isolement de l'agent de lutte biologique à son application pratique. A l'échelle mondiale, en dépit d'une activité de recherche très intense ces dernières années dans ce domaine, seuls quelques produits à base de micro-organismes sont actuellement homologués et commercialisés, dans quelques pays, dans le domaine de post récolte des fruits et légumes. En effet, certaines limites d'ordre biologiques, technologiques, économiques et législatives persistent pour que ces biopesticides microbiens soient adoptés comme une alternative de lutte efficace et durable. Les limites qui caractérisent la situation au Maroc dans ce domaine seront également rapportées. Dans cette communication, nous présenterons les résultats obtenus à l'INRA au cours de toutes les étapes de mise au point d'un biopesticides.

Introduction

Les maladies de conservation des fruits et des légumes peuvent occasionner des pertes importantes estimées entre 20 à 25 % même au niveau des pays développés (El Ghaouth et al., 2004 ; Droby, 2006). Dans les pays en voie de développement ces pertes sont plus sévères surtout

en l'absence de conditions adéquates de stockage et de transport. La maîtrise de ces maladies est accomplie grâce à des traitements phytosanitaires fréquents. Ceux-ci présentent, par contre, des effets néfastes sur l'environnement et favorisent le développement de souches résistantes.

La prise de conscience du coût environnemental de ces pratiques et les craintes des consommateurs du danger que peuvent constituer les résidus de pesticides pour la santé humaine font naître un intérêt grandissant pour d'autres alternatives de lutte.

Parmi les alternatives envisagées, les laboratoires de recherche se penchent, depuis plusieurs années, sur les moyens de lutte biologiques qui visent à contrôler les agents pathogènes par des biopesticides dont un grand nombre a été développé dans différents laboratoires. Cependant, comparé au nombre de molécules de synthèse, le nombre de biopesticides homologués reste très faible et peu d'entre eux a pu franchir les dernières étapes d'homologation et de commercialisation.

Par ailleurs, la lutte biologique contre les maladies des plantes en plein champ s'est avérée souvent moins efficace que la lutte chimique. La viabilité et la croissance de l'agent de lutte biologique sont très souvent dépendantes des conditions du milieu, notamment, les fluctuations climatiques telles que la température, l'humidité et les radiations UV. Ce qui se traduit par un manque de compétitivité économique des biopesticides par rapport aux pesticides de synthèse.

Cependant, certaines situations permettent à la lutte biologique de combler ces limites. La conservation des fruits constitue, en effet, un domaine d'application privilégié de la lutte biologique où elle peut être utilisée avec un minimum de risque d'échec. Ce domaine est, en fait, caractérisé par :

- Un faible nombre de nouveaux fongicides développés pour les traitements en post-récolte;
- Les paramètres importants affectant le biocontrôle, c'est-à-dire la température et l'humidité relative sont constants et sous contrôle strict;
- Le matériel végétal visé possède une haute valeur ajoutée; et
- Une facilité d'application sur une surface facilement accessible.

Au niveau national, les maladies de conservation constituent une contrainte majeure surtout pour les secteurs des fruits et légumes dont certains ont une grande importance économique pour l'agriculture du Royaume. Sur les agrumes, par exemple, les pourritures dues à *Penicillium* sont les plus fréquentes. Leurs attaques persistent durant toute la campagne agrumicole. Pour faire face à ces maladies, l'utilisation de fongicides dans les chaînes de conditionnement est devenue depuis longtemps une opération de routine.

Les maladies de conservation causent des pertes, également, au niveau du secteur des pommes. En effet, la production de pommes entreposées dans les frigos subit malheureusement des détériorations suite aux problèmes phytosanitaires. Ces pertes peuvent atteindre voire même dépasser 30% et sont occasionnées, essentiellement, par des maladies d'origine fongique tels que *Botrytis cinerea* et *Penicillium expansum*, En outre, *P. expansum* peut produire une mycotoxine «la paturine» dangereuse pour la santé humaine.

L'objectif de cette communication est de présenter les principaux résultats des recherches entreprises au niveau de l'INRA de Kenitra pour le développement d'un biopesticide pour le pathosystème : *Agrumes/ Penicillium spp.* . Nous évoquerons également les contraintes à la faisabilité pratique de ce type de produit au Maroc.

Principaux résultats obtenus

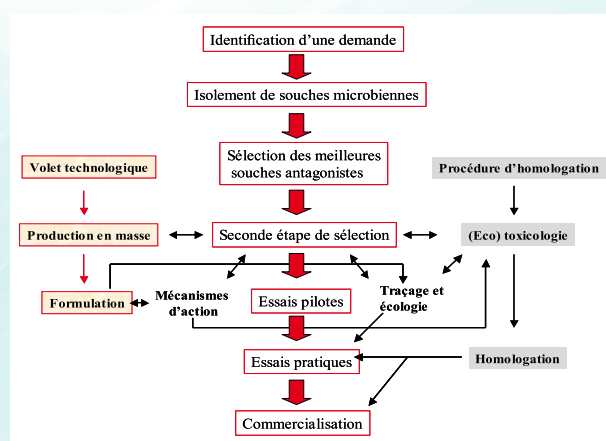


Figure 1 : Etapes de développement d'un biopesticide à base d'un micro-organisme (Jijakli et Lepoivre, 2003)

1. Elaboration de biopesticides en post-récoltes des fruits d'agrumes et des pommes

Au cours de cette élaboration de biopesticides, les étapes suivantes ont été étudiées (Figure 1):

- L'isolement et la sélection des agents de lutte biologique avec une activité de protection élevée et stable au cours du temps vis-à-vis des agents pathogènes cibles sur fruits d'agrumes et des pommes.
- La détermination des conditions de production en masse des agents de lutte biologique qui n'affectent pas leur activité de protection.
- L'étude des modes d'action des agents de lutte biologique sélectionnés
- Le développement de méthode de traçage et étude de l'écologie des agents de lutte biologique sélectionnés.
- La conduite d'essais en conditions pratiques

1.1. Isolement et sélection des agents de lutte biologique

L'isolement et la sélection d'un agent de lutte biologique sont les deux premières étapes qui conditionnent la réussite des étapes ultérieures du développement d'un biopesticide (Jijakli et Lepoivre, 2003). Comme l'agent de lutte biologique devrait être adapté aux conditions qui règnent à la surface du fruit à protéger, les isolations ont été réalisées à partir de la microflore associée aux fruits ciblés selon la méthodologie de Wilson et al. (1993).

Sur les agrumes, plusieurs micro-organismes ont été isolés. Après plusieurs criblages, seule la souche de levure Z1 a été retenue pour la suite des travaux (Figure 2). Sur les pommes, une souche est retenue, 1113-5, identifiée comme étant *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arn.v. *pullulans* (Figure 3). L'identification des souches sélectionnées pour les deux types de fruits a été réalisée au niveau de la BCCM/MUCL, Louvain-la-neuve, Belgique.



Figure 2 : Activité antagoniste de la souche Z1 sur *P. italicum* sur blessures co-inoculées de la variété Vernia

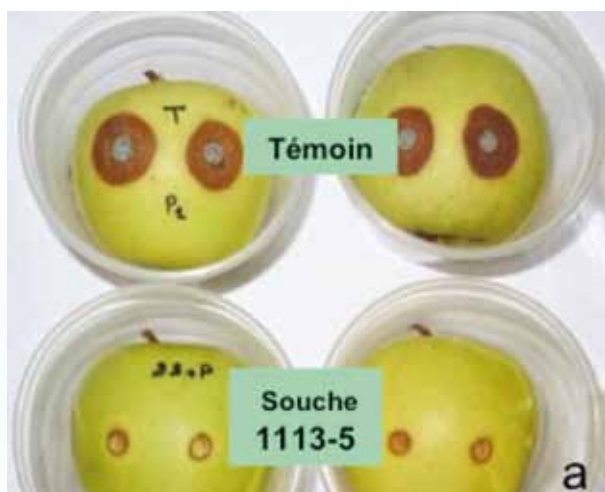


Figure 3 : Activité antagoniste de la souche 1113-5 d'*A. pullulans* sur *P. expansum* sur blessures co-inoculées des pommes «Golden delicious» (Achbani et al., 2006).

1.2. Détermination des conditions de production en masse des antagonistes retenus

La production et la formulation doivent aboutir à un produit qui possède plusieurs caractéristiques essentielles telles que la stabilité pendant le stockage et la facilité de préparation et d'application avec le matériel standard dont dispose l'agriculteur. Le coût de revient devrait également être compatible avec les exigences de rentabilité du producteur de la souche et de la filière de production. De ce fait, les propriétés technologiques liées à l'agent de lutte biologique devraient être évaluées et constituent, en fait, un autre critère de sélection (Mounir et al., 2006).

1.2a : Pour la souche Z1

Des essais de production ont été effectués, en petit volume, sur fermenteur de capacité de 2 litres. Le milieu de culture utilisé lors de ces nouveaux essais contient en plus des sources de carbone (glucose) et d'acides aminés (extrait de levure, peptone de soja), des sels minéraux (solution de sels minéraux et des facteurs de croissances ou vitamines (solution de vitamines).

La technologie de production en feed-batch a été appliquée. En effet, ce type de culture a permis d'augmenter la biomasse par rapport au système batch (Mounir et al., 2006).

1.2b : Pour la souche antagoniste 1113-5

Les meilleures performances de production ont été obtenues également avec une culture en mode feed-batch avec pH du milieu contrôlé à 5 (Mounir et al., 2006). La technique de séchage en lit fluidisé est

exploitée pour séchage de la levure antagoniste. La température de séchage choisie c'est 30°C, la mieux favorisée par la levure et le débit d'air est de 60-150 m³ h⁻¹. Le produit final se présente sous forme de granules de 1 mm de diamètre. Une optimisation des procédés de production et formulation avec une diminution de l'humidité résiduelle (HR) du produit final séché jusqu'à 5% a été réalisée. Le suivi du maintien de la viabilité des souches a été réalisé au cours du temps de stockage à 4°C a montré une bonne stabilité des produits. De même, il y'a eu une bonne conservation de l'efficacité des produits formulés après l'évaluation de leur activité antagoniste contre les agents pathogènes cibles : *P. expansum* agent de la pourriture bleue sur pommes et *P. italicum* et *P. digitatum* sur fruits d'agrumes (Tableau 1) (Mounir et al., 2006).

Tableau 1 : Evaluation de l'efficacité du produit séché à base d'*A. pullulans* 1113-5 conservé 3 mois à 4°C vis-à-vis de *P. expansum* (Essai pilote à 25°C) après 5 jours d'incubation à 25 °C.

Traitement	Paramètre	Moyenne	E-T	% Protection
T0 : Témoin	% fruits infectés	85.01	2.49	
	% blessures infectées	51.71	3.06	
T1 : 1x10 ⁶ u.f.c. ml ⁻¹	% fruits infectés	15.71	3.72	84.29
	% blessures infectées	5.05	0.76	
T2 : 1x10 ⁷ u.f.c. ml ⁻¹	% fruits infectés	7.85	1.86	92.15
	% blessures infectées	2.52	0.08	
T3 : 1x10 ⁸ u.f.c. ml ⁻¹	% fruits infectés	3.33	0	96.67
	% blessures infectées	1.11	0.48	

1.3. Etude des modes d'action

Les agents de lutte biologique exercent leur activité antagoniste par le biais d'au moins un des mécanismes d'action tels que la compétition pour l'espace ou pour les éléments nutritifs, l'antibiose, le mycoparasitisme, ou l'induction des mécanismes de résistance chez le fruit. La connaissance des modes d'action revêt une importance cruciale pour réussir le développement d'une stratégie de contrôle biologique efficace en post-récolte et pour avoir les informations nécessaires dans le processus d'homologation.

a) Mise en évidence de la compétition pour les nutriments notamment, les acides aminés pour la souche Z1

Pour démontrer si les agents de lutte biologique agissent par compétition pour les nutriments, nous avons utilisé la méthode de Janiesiewicz et al., (2000). L'effet de la souche Z1 sur la germination des conidies de *P. italicum* a été étudié dans un système de plaques de culture avec inserts, en utilisant un milieu au jus d'orange ou de pommes à différentes concentrations. Ce dispositif sépare physiquement les deux micro-organismes. L'agent

pathogène a été mis dans un cylindre et la souche Z1 dans un puit. Ils ont été séparés par un filtre qui ne permet le passage que des nutriments. Afin de mettre en évidence la production d'éventuels composés antibiotiques par la souche Z1, une co-culture avec l'agent pathogène a été réalisée sur boîte de Pétri à deux températures d'incubation 4 et 25 °C. Le même procédé a été utilisé pour la souche Ach1113-5. La germination des spores de l'agent pathogène a été évaluée sous microscope dans un milieu de culture amendé avec différentes quantités de jus d'orange naturel. Les résultats obtenus montrent que la souche Z1 inhibe la germination des spores de l'agent pathogène (Figure3). Cette inhibition est levée dès qu'on ajoute du jus d'orange au milieu. Le retrait de la souche Z1 du milieu entraîne la restauration de la germination des conidies (Tableau2, Figure4). Ces résultats laissent supposer que cette souche agit par compétition pour les nutriments.

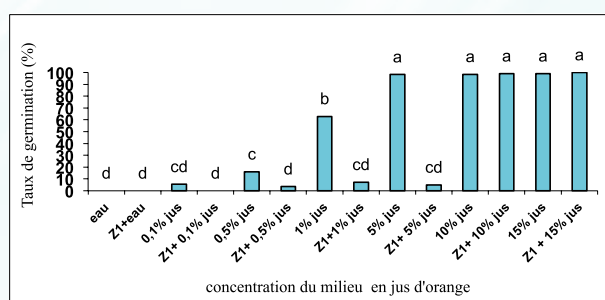


Figure 4 : Germination des conidies de *P. italicum* sur membrane après 24h d'incubation dans de l'eau amendée avec différentes quantités de jus d'oranges, en présence ou en l'absence de la souche Z1

Tableau 2 : Restauration de la faculté germinative des conidies de *P. italicum*

Traitement	% de germination
Eau	0
0.1 % jus d'orange	16
0.5 % jus d'orange	19
1 % jus d'orange	56
5 % jus d'orange	100

Pourcentage des conidies de *P. italicum* déjà mises en culture dans une suspension d'antagoniste Z1 et du jus d'orange pendant 24 heures puis remise dans de nouvelles conditions nutritionnelles.

b) Mise en évidence de la compétition pour les nutriments notamment les acides aminés pour la souche *A. pullulans* (Krimi et al. 2011).

L'ajout d'un surplus d'éléments nutritifs exogènes aux blessures co-inoculées a significativement réduit l'activité antagoniste de la souche 1113-5.

L'importance de la réduction dépend de la nature des éléments ajoutés. D'autres travaux ont étudié l'implication du mécanisme de la compétition pour la nutrition dans l'activité antagoniste d'*A. pullulans* sur pomme en appliquant au niveau des blessures le milieu Nutrient Yeast Dextrose Broth dont la composition est différente de celle des tissus de pomme (Lima *et al.*, 1997; Castoria *et al.*, 2001). Par contre, dans notre cas, on a utilisé des concentrations des acides aminés, des vitamines et des sucres correspondant respectivement à 20, 20 et 5 fois celles reportées dans les tissus de pomme (USDA nutrient database for standard reference, release 14, 2001). Selon les essais, la réduction de l'activité antagoniste de la souche 1113-5 la plus importante a été obtenue avec les acides aminés, suivis par des vitamines et en fin par des sucres. Les acides aminés paraissent ainsi être les plus impliqués dans la compétition entre l'antagoniste et le pathogène que les vitamines et les sucres, au moins dans nos conditions de travail.

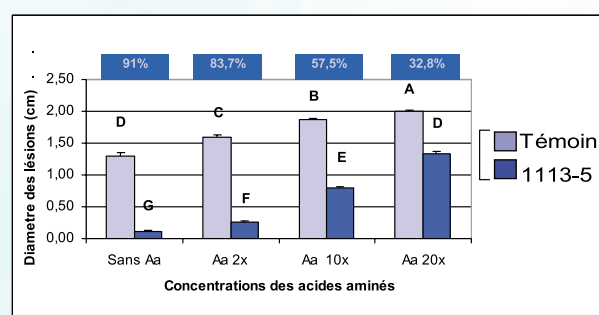


Figure 5 : Effet de l'ajout des acides aminés à différentes concentrations dans les blessures des pommes sur le diamètre des lésions (cm) développées par *P. expansum* après 5 jours d'incubation en absence (témoin) et en présence d'*A. pullulans*, souche 1113-5 et les pourcentages de protection correspondant (Zone en bleue). Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différents (P<0.05). (Krimi et al. 2011).

1.4. Développement de méthode de traçage et étude de l'écologie des agents de lutte biologique

L'activité protectrice d'un agent de lutte biologique est influencée par les différents facteurs environnementaux. Pour pouvoir étudier l'effet de ces facteurs, le développement d'une méthode de traçage s'avère essentiel puisque Le Traçage des souches antagonistes permet :

- a) L'évaluation des méthodes d'application de l'antagoniste;
- b) L'évaluation de l'adaptation et la survie de l'antagoniste; et
- c) Exigence éco-toxicologiques

Le traçage de souches antagonistes peut se faire selon deux méthodes différentes. Soit une méthode conventionnelle basée sur la mise au point d'un milieu spécifique (sélectif) à la souche en question ou une méthode moléculaire basée sur l'identification de marqueurs moléculaires spécifiques.

a) Traçage conventionnel par la mise au point d'un milieu semi-sélectif pour la souche Z1 et la souche 1113-5

Pour la souche 1113-5 : Ce travail nous a permis de retenir une combinaison dite S₃₂ (E 0,5ppm + S 1ppm+ H 2,5ppm + ST 30ppm + C 1ppm) car elle a montré une inhibition très importante contre la microflore de l'air et les eaux de lavage provenant de pommes non traitées.

Pour la souche Z1 : Le milieu semi-sélectif pour la souche de levure Z1 adopté dans notre étude contient deux matières actives : un fongicide le Thiabendazole, utilisé dans la lutte contre les maladies de post-récolte des fruits d'agrumes au Maroc, et un antibiotique, la tétracycline. Ce milieu a montré qu'il n'est pas toxique pour notre souche de levure Z1 tout en inhibant le développement des autres micro-organismes (Figure 6).

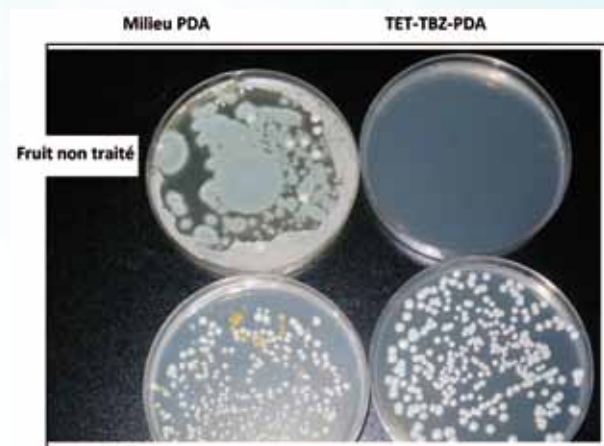


Figure 6 : Milieu sélectif pour la souche Z1

b) Traçage moléculaire

Le traçage moléculaire a permis l'identification de marqueurs RAPD relatifs à la souche 1113-5 et la conception d'un marqueur SCAR. Le marqueur moléculaire RAPD est de 431 pb. Il est spécifique de la souche 1113-5 sur les 70 amorces testées (figure 7). La bande de l'amorce en question (OPQ-03) est extraite du gel d'agarose, clonée puis séquencée (El Hamouch et al., 2008).

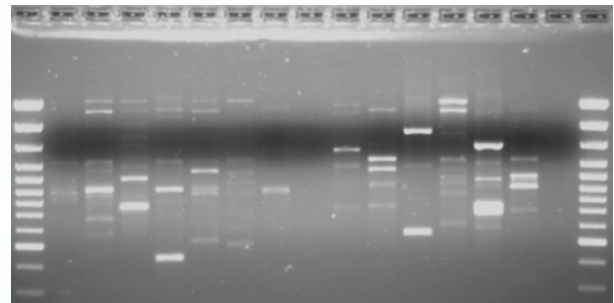


Figure 7 : Analyse par électrophorèse sur gel d'agarose coloré au bromure d'éthidium des produits d'amplification obtenus par RAPD avec l'amorce OPQ-03 sur l'ADN génomique des souches d'*A. pullulans* étudiées. La flèche jaune indique la position de la bande spécifique.

Ach 1-1 (1); Ach 2-1 (2); Ach 2-2 (3); 1113-5 (4); 1113-10 (5); 1206-5 (6); MUCL 19360 (7); MUCL 19714 (8); MUCL 43163 (9); MUCL 7862 (10); MUCL 8724 (11); MUCL 20326 (12); MUCL 6147 (13); MUCL 22377 (14); control négatif (sans ADN) (15); M: marqueur de taille : Generuler™ 100 bp DNA ladder plus (Fermentas). (El Hamouch et al., 2008)

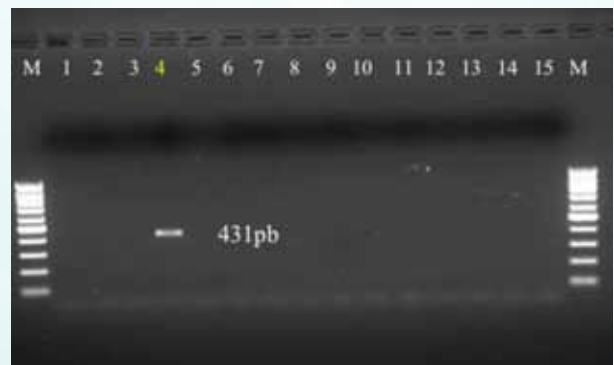


Figure 8: Analyse par électrophorèse sur gel d'agarose coloré au bromure d'éthidium des produits d'amplification obtenus par PCR avec le couple d'amorce AQ3.1/AQ3.2 sur l'ADN génomique des souches d'*A. pullulans* étudiées. Les réactions sont réalisées à une température d'hybridation de 60°C.

Par ailleurs, la mise au point d'un milieu semi sélectif pour la souche Z1 a été utilisée pour suivre l'évolution de la dynamique de population de la souche Z1 aux trois températures d'incubation précitées après application sur les fruits.

L'analyse des courbes de la Figure 8 montre que par rapport à 5°C et 35°C, une température de 25°C a permis de récupérer plus de colonies.

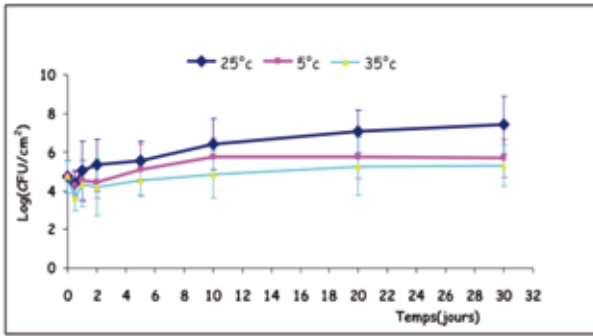


Figure 9 : Effet de la température sur la colonisation de la souche de levure Z1 appliquée sur des oranges, conservées à 5°C, 25°C et 35°C.

1.5. Conduite d'essais en conditions pratiques

Pour les agrumes les traitements post-récolte ont lieu dans les stations de conditionnement. Les fruits subissent deux traitements un au niveau du Dencher et le second au niveau de la chaîne de conditionnement. Si le premier traitement est suivi d'un lavage intensif, c'est surtout le second traitement qui pose le problème de résidu au niveau des fruits. L'objectif, dans cette étape, est d'évaluer le comportement en conditions pratiques de la formulation en poudre mouillable de la souche Z1, dans le but de voir dans quelle mesure elle pourrait se substituer au deuxième traitement. Les fruits ont été blessés traités et inoculés artificiellement. Les essais ont été entrepris au niveau de stations de conditionnement.

Les résultats obtenus restent satisfaisants en terme du niveau de protection toutefois certains points nécessitent d'être soulignés. Les résultats varient d'un essai l'autre. Pour ce qui est de l'essai effectué à la station Delassus, le niveau de protection obtenu avec la souche Z1 est de 73,5% alors que pour le traitement de référence (Thiabendazole) il était de 86%. Par ailleurs, l'essai réalisé chez APLAG a permis de ressortir les points suivants : le niveau de protection réalisé par la souche Z1 est de 89% alors que le produit de référence est de 100%. Cependant, vis-à-vis de la pourriture verte, le niveau de protection était plus faible (67%) contre 86% chez le traitement de référence (Imazalili) pour le *P. digitatum*.

Conclusion

Dans le cadre d'une prise de conscience grandissante d'une tranche de plus en plus importante des consommateurs vis-à-vis des problèmes d'environnement et des risques entraînés par une protection chimique des plantes trop intensive, plusieurs secteurs sont contraints de recourir à des méthodes alternatives répondant aux normes imposées, surtout par les marchés d'importation.

Dans ce contexte, nous avons pu sélectionner des agents de lutte biologique performants pour les agrumes et les pommes en conservation. Plusieurs étapes pour le développement de biopesticides à base de ces souches ont été franchies. Les résultats obtenus au niveau des essais pratiques ont donné des résultats satisfaisants.

Cependant, la mise en pratique de ces biopesticides reste difficile surtout dans le contexte marocain actuel et ceci pour les raisons principales suivantes :

- Absence d'unités industrielles intéressées par la production de biopesticides. En effet, l'investissement dans le développement de biopesticides reste handicapé par l'absence au niveau marocain de mesures pour la protection des souches microbiennes.
- Homologation des biopesticides : Pour pouvoir appliquer pratiquement ces biopesticides, leur homologation est obligatoire au Maroc mais aussi au niveau des pays d'importation des fruits traités par le biopesticide en question (traçabilité). Le dossier d'homologation nécessite un investissement lourd que seules des unités industrielles spécialisées dans le domaine peuvent supporter.
- Absence d'une souche nationale : Ce type de recherche devrait être coordonné au niveau national. même en l'absence des possibilités de valorisation dans l'état actuel, les souches sélectionnées, devraient être conservées et maintenues dans une collection officielle.

Références bibliographiques

- Achbani, E. H. Mounir, R. El Jaafari, S. Douira, A., Benbouazza, A. Jijakli, Haïssam 2006. Lutte biologique contre les maladies de post-récolte des pommes: sélection des antagonistes de *Penicillium expansum* et de *Botrytis cinerea*. Titre du périodique : Proceeding : 6^{ème} congrès de l'Association Marocaine de Protection des plantes Nov-2006,109-117.
- Castoria, R., De-curtis, F., Limi G., Caputo, L., Pacifico, S., De-Cicco, V., 2001. *Aureobasidium pullulans* (LS-30) an antagonist of postharvest pathogens of fruits: study of its mode of action. *Postharvest boil. technol.* 22(1), 7-17.
- Droby, S. 2006. Improving quality and safety of fresh fruit and vegetables after harvest by the use of biocontrol agents and natural materials. *Acta Horticulturae* 709, 45-51
- El Ghaouth, A., Wilson, C.L., Wisiniewski, M.E., 2004. Biologically based alternatives to synthetic fungicides for the postharvest diseases of fruits and vegetable. In Naqvi, S.A.M.H. (ed.), *Diseases of fruits and vegetables*, vol. 2. Kluwert Academic publisher, The Netherlands, pp. 511-535.
- El Hamouchi, A., Bajji, M., Fiel, D., Najimi, B., Achbani, E., EL Jaafari, S., Durieux, A., Jijakli, HM. 2008. Development of SCAR markers and a semi-selective medium for the quantification of strains Ach 1-1 and 1113-5, two *Aureobasidium pullulans* potential biocontrol agents. *Postharvest biology and technology* (50) n°2-3, 216-223.
- Janisiewicz, W.J., Tworkoski, T.J., and Sharer, C. 2000. Characterizing the mechanism of biological control of postharvest diseases on fruits with a simple method to study competition for nutrients. *Phytopathology*, 90 (11), 1196-1200.
- Jijakli, H. M., Lepoivre (2003). La lutte biologique en phytopathologie In Lepoivre, Philippe.(ed.)
- Phytopathologie. Maison d'édition :De Boeck et presse agronomique . pp : 289-317
- Krimi, B. S. Bajji, M., Labhilili, M., El Jaafari, S., Durieux, A., Jijakli, M. H. 2011. Rôle des acides aminés dans l'activité antagonistes d'*Aureobasidium pullulans* vis-à-vis de la pourriture bleue des pommes en post-récolte. Symposium sur la Protection Intégrée en Rosacées Fruitières.Meknès, Maroc, 23 Mars 2011, 113-120
- Lima, G., Ippolito, A., Nigro F., Salerno, M., 1997. Effectiveness of *Aureobasidium pullulans* and *Candida oleophila* against postharvest strawberry rots. *Postharvest Biology and Technology.* 10, 169-178.
- Mounir, R., Durieux, A., Bodo, E., Allard, C., Simon, J.P., Achbani, E. El-Jaafari, S., Douira, A., Jijakli, H.M., 2006. *Aureobasidium pullulans* (1113-5) microbial antagonist for the control of post-harvest decay on apple fruit: development of active biomass formulation at a lab scale. IOBC / WPRS Working Group "Integrated Control of Plant Pathogens" Proceedings of the Meeting on a "Fundamental and Practical Approaches to Increase Biocontrol Efficacy" Spa (Belgium) (Ed.) Yigal Elad, Marc Ongena, Monica Höfte, M. Haïssam Jijakli IOBC.
- Zhao, Y., Tu, K., Shao, X., Jing, W., Su, Z., 2008. Effects of the yeast *Pichia guilliermondii* against *Rhizopus nigricans* on tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 49(1), 113-120.
- Zheng, X., Yu, T., Chen, R., Huang, B., Chi-Hua, Wu, V., 2007. Inhibiting *Penicillium expansum* infection on pear fruit by *Cryptococcus laurentii* and cytokinin. *Postharvest Biology and Technology*, 45 (2), 221-227.

* * * * *

Lutte biologique et génétique contre les parasites telluriques des plantes cultivées

Pr. Mohamed Besri

Professeur à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
Membre correspondant de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques



I. Introduction

La phytopathologie est aux plantes ce que la médecine est à l'homme et la médecine vétérinaire aux animaux. Chacune de ces disciplines étudie les causes, les mécanismes et le contrôle des maladies affectant les organismes auxquelles elles se rapportent.

Les plantes constituent la majorité des ressources énergétiques dont dépendent directement ou indirectement les hommes et les animaux. Quelle soit cultivée ou non, une plante grandit et produit aussi longtemps que le sol lui fournit suffisamment d'humidité et de nutriments, que suffisamment de lumière soit captée par ses feuilles et que les conditions de l'environnement tellurique (type de sol, salinité, pH etc..) et atmosphérique (HR, eau liquide) restent dans les limites de tolérance. Lorsqu'une plante est atteinte d'une maladie, sa croissance, sa fertilité et sa productivité sont affectées.

Des symptômes se développent sur les organes souterrains et aériens et tout ou partie de la plante peut mourir. Les agents responsables des maladies de plantes peuvent être biologiques (champignons, bactéries, virus, viroïdes, protozoaires, phanérogames, parasites) ou physiques (nutriments, lumière, eaux, produits toxiques dans le sol ou l'air etc...).

L'amélioration de la productivité et de la qualité des plantes cultivées passe par leur protection. Actuellement, 40 % des productions végétales sont perdues suite aux attaques par les ennemis des cultures. Depuis un siècle, le contrôle des maladies des plantes s'est principalement effectué par l'utilisation massive des pesticides. Si ces produits sont toxiques pour les agents pathogènes, ils le sont aussi pour l'homme et son environnement. La lutte biologique et la lutte génétique, combinées à d'autres méthodes de lutte dans le cadre d'un programme de lutte intégrée, offrent actuellement des alternatives à la lutte chimique.

Nous développerons dans ce qui suit la lutte biologique et la lutte génétique contre les nématodes et les champignons telluriques.

II. Lutte Biologique

Les méthodes de lutte biologique ont d'abord été utilisées contre les ravageurs. La cochenille australienne par exemple, *Icerya purchasi* est contrôlée par un lâcher de coccinelle *Novius cardinalis*, la cochenille des agrumes (*Aonidiella aurantii*) ou celles du palmier dattier (*Parlatoria blanchardi*) sont contrôlées respectivement par *Aphytis melinus* et *Chilocorus* sp.

La lutte Biologique contre les parasites telluriques des plantes repose sur l'utilisation de nombreux antagonismes et auxiliaires existants entre les êtres vivants. Elle consiste à combattre les maladies des cultures, en introduisant dans le milieu où ils vivent, un (ou plusieurs) de leurs ennemis, appelé «antagoniste». Actuellement, de nombreuses préparations commerciales à base de virus, de champignons, de bactéries et de nématodes sont disponibles sur le marché. Bien qu'encore très marginale (moins de 5% des interventions phytosanitaires), la lutte biologique se développe et remplace de plus en plus la lutte chimique, particulièrement en agriculture biologique.

A. Lutte biologique contre les nématodes

1. Les champignons nématophages

a. Les champignons prédateurs

Cette méthode de lutte repose sur un principe simple : l'existence dans le sol de champignons qui ont la capacité de prendre au piège les nématodes et de s'en nourrir. Actuellement, de nombreux champignons prédateurs de nématodes tels que *Arthrobotrys irregularis* sont commercialisés et sont utilisés comme alternative à la lutte chimique.

b. Les champignons ovicides

Ces champignons ont la propriété de tuer les œufs des Nématodes. A l'intérieur de ces derniers, on peut trouver de nombreuses espèces de champignons telles que *Paecilomyces lilacinus* et *Verticillium chlamydosporium*. *P. lilacinus* est mieux adapté aux conditions tropicales (températures élevées et pH acide) qu'aux conditions des pays tempérés. *P. lilacinus* est utilisé sur un grand nombre de cultures pour lutter contre de nombreux nématodes. *V. chlamydosporium*, ennemi des oeufs d'*Heterodera* et de *Meloidogyne*, est un parasite

facultatif, capable de proliférer dans le sol même en l'absence de Nématodes. Les filaments pénètrent dans les œufs en perforant la coque puis détruisent les embryons. Le champignon forme de nombreuses chlamydospores lorsqu'il se trouve placé en conditions défavorables (sécheresse, malnutrition). Ces chlamydospores assurent sa conservation et permettent sa production industrielle. Ce sont ces chlamydospores que l'agriculteur sera appelé à incorporer dans le sol.

c. Les champignons à spores adhésives

Les Nématodes peuvent être parasités par des champignons à spores adhésives appartenant à plusieurs classes : Oomycètes (*Catenaria anguillulae*, *Myzocyttium lenticulare* et *M. anomalum*), Zygomycètes (*Meristacrum asterospermum*), Deutéromycètes (*Meria coniospora*) et Basidiomycètes (*Nematocotonus leiosporus*). Tous ces champignons pourraient devenir des agents de lutte biologique intéressants contre les Nématodes, compte tenu notamment de leur grande ubiquité et de leur polyphagie. Ils sont hélas des parasites obligatoires et toutes les tentatives faites pour les cultiver sur divers milieux synthétiques ont échoué, ce qui rend leur utilisation pratiquement impossible. En revanche, des Hyphomycètes à spores adhésives, du genre *Hirsutella*, se cultivent aisément sur plusieurs milieux artificiels.

2. Les bactéries antagonistes

Un certain nombre de bactéries comme *Pasteuria penetrans* sécrètent des métabolites toxiques pour les Nématodes. *P. penetrans* est un parasite obligatoire, ce qui a interdit, jusqu'à ce jour, de la produire sur milieu synthétique. Aussi les travaux sur *Pasteuria* se multiplient-ils dans le monde entier et on peut penser que, d'ici peu, cette bactérie deviendra un agent de lutte biologique fiable et parfaitement maîtrisé.

3. Les plantes nématicides

La production de substances nématicides par des végétaux supérieurs est connue depuis très longtemps. De nombreuses enquêtes ethnobotaniques démontrent l'efficacité de certains végétaux introduits traditionnellement (par des ethnies africaines ou des populations d'Asie et d'Amérique du Sud) dans les assolements, en cultures intercalaires ou sous forme de broyats, pour lutter de façon empirique contre des Nématodes phytoparasites. A l'heure actuelle, plus de 200 espèces de plantes, appartenant à 80 familles différentes, ont prouvé leurs propriétés nématicides.

L'utilisation de *Tagetes* spp est devenue une pratique très courante au Maroc pour lutter contre les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp) des cultures maraichères. Certaines de ces plantes sont

introduites, en précédent cultural, dans les rotations comme engrais verts nématicides. L'analyse des substances produites lors de leur décomposition dans les sols, a permis d'identifier, outre les éléments N, P, K qui stimulent l'activité des parasites ou prédateurs naturels des Nématodes, différents acides gras volatils à propriétés nématicides. Cette méthode de lutte est considérée comme une excellente alternative au Bromure de Méthyle, puissant destructeur de la couche d'ozone.

B. Lutte biologique contre les champignons et bactéries telluriques

Au niveau de la rhizosphère et du contrôle des agents pathogènes telluriques, la lutte se fait principalement via des bactéries appartenant aux genres *Streptomyces*, *Bacillus*, *Agrobacterium* et *Pseudomonas* et des champignons des genres *Ampelomyces*, *Candida*, *Coniothyrium* et *Trichoderma*.

La majorité des études montrent que de 1 à 10% des isolats du sol peuvent avoir un certain pouvoir antagoniste *in vitro*, mais de ce nombre, très peu ont la capacité de supprimer les agents phytopathogènes dans divers sols et conditions de croissance et encore, un plus petit nombre est capable d'inhiber un large spectre d'espèces pathogènes.

La lutte biologique contre les champignons telluriques est actuellement utilisée, avant ou après plantation, dans la lutte contre de nombreux champignons telluriques s'attaquant aux plantes cultivées.

1. Antagonismes

Les agents phytopathogènes dont le cycle possède une phase externe à l'hôte, sont sujets à l'action de prédateurs ou d'hyperparasites. Les microsclérotés de *Sclerotinia* spp, parasite commun de nombreuses cultures, se conservent longtemps dans le sol et sont parasités par de nombreux champignons tels que *Trichoderma*. Ces *Trichoderma* sont actuellement commercialement utilisées. Le champignon *Athelia bombacina* inhibe la conservation de *V. inaequalis* (agent de la tavelure du pommier) dans les feuilles mortes tombées à terre. La principale source de l'inoculum primaire est ainsi éliminée.

2. Protection du matériel de plantation

Agrobacterium radiobacter

Un très bon modèle de lutte biologique pour protéger le matériel de plantation a été mis au point par Kerr, chercheur australien, contre *Agrobacterium tumefaciens*, agent du Crown gall. La souche K84 d'*A. radiobacter* s'emploie préventivement par trempage de la partie végétale à protéger (racines, collet) dans une suspension aqueuse de cette bactérie pour protéger les plantes de leurs attaques par les

souches pathogènes sensibles. Depuis plusieurs années, cette méthode de lutte est appliquée dans le monde entier avec succès sur de nombreuses plantes : *Prunus*, *Malus*, *Vitis*, *Rosa*, *Salix* etc.

Cette technique de lutte s'est encore améliorée avec la création par génie génétique d'une souche K 1026, issue de la souche K84.

3. Les endomycorhizes à vésicules et à arbuscules

Les endomycorhizes à arbuscules et vésicules (*vesicular-arbuscular mycorrhizae*) forment une association symbiotique avec les racines des plantes. Certaines protègent la plante contre les Nématodes, les champignons et contre certaines conditions défavorables de l'environnement telles que la sécheresse et la salinité. L'inoculation des plants de palmier dattier par *Glomus* augmente sa résistance au *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedenis* et à la salinité. *Glomus fasciculatum* protège les racines des Citrus des attaques de *Phytophthora parasitica*, agent responsable de la gombose des agrumes.

Endogona gigantea, *Glomus mosseae* réduisent les attaques des nématodes *Heterodera solanacearum* et *Meloidogyne incognita* respectivement sur Tabac et tomate. Des résultats similaires avec *Glomus* spp ont été obtenus sur de nombreuses autres cultures maraichères (*Meloidogyne* spp) et agrumes (*Tylenchulus semipenetrans*).

Actuellement, on utilise les endomycorhizes de la même façon que l'on utilise le *Rhizobium* pour l'inoculation des légumineuses.

4. Les sols suppressifs

Les sols suppressifs sont des sols dans lesquels la gravité ou l'incidence des maladies reste faible, malgré la présence d'un pathogène, d'une plante hôte et de conditions climatiques favorables au développement de maladies. On connaît de longue date l'existence de sols suppressifs qui sont défavorables au développement de certaines maladies, alors que les agents pathogènes en cause sont naturellement présents.

Plusieurs cas de sols naturellement suppressifs vis-à-vis de différentes formes spécialisées de *Fusarium oxysporum* ont été étudiés et exploités de par le monde. Le caractère suppressif se manifeste par une germination réduite des chlamydospores de *Fusarium oxysporum* et par un déclin de l'inoculum du champignon dans le sol. La résistance des sols est d'origine biologique puisque divers modes de désinfection du sol la suppriment. La résistance des sols aux fusarioses vasculaires peut être due à des *Fusaria* saprophytes et plus particulièrement à *F. solani* et *F. oxysporum*. Introduits en sol vierge, ils reproduisent en grande partie l'effet suppressif.

Ainsi, la résistance à *Fusarium oxysporum* a été transmise avec succès notamment pour les cultures d'oeillet, de melon, de tomate et de cyclamen. Le transport et le commerce des terres, sources naturelles d'antagonistes, se pratiquent avec succès pour des productions hors sol de haute rentabilité comme l'oeillet. Au Maroc, l'absence du Bayoud (*F. oxysporum* f.sp; *albedenis*) de la palmeraie de Marrakech, malgré l'introduction de plants à partir de zones bayoudées, est expliquée par la présence de sols résistants ne permettant pas l'installation de l'agent pathogène. Les travaux effectués ont démontré que la résistance est due à la présence dans le sol d'une population importante de *Pseudomonas* spp.

D'autres cas de résistance à d'autres agents pathogènes ont été rapportés mais l'origine de la résistance peut être différente. Dans le cas de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotinia sclerotiorum*, elle serait imputable à *Trichoderma harzianum*. Dans d'autres cas, cette résistance serait provoquée par des bactéries ou des actinomycètes.

III. Lutte génétique

A. Variétés résistantes

L'utilisation de variétés résistantes constitue le moyen le plus économique, le plus simple, le plus sûr et le plus efficace dans la lutte contre les maladies des plantes. La culture de variétés résistantes n'élimine pas simplement les pertes dues aux maladies, mais élimine également les dépenses en produits chimiques et en d'autres moyens de lutte. Elle évite également la pollution de l'environnement par les pesticides. Pour de nombreuses maladies, comme les trachéomycoses (palmier dattier, cultures maraichères, cultures ornementales etc...), l'utilisation de variétés résistantes reste la seule méthode de lutte disponible et acceptable.

Le Maroc a entrepris depuis de nombreuses années des programmes de recherches pour développer des variétés résistantes au *F. oxysporum* f.sp.*albedenis*, agent du bayoud du palmier dattier. Les variétés résistantes sont obtenues soit par croisement soit par sélection massale dans les foyers bayoudés. Plusieurs variétés, dont la variété Najda, résistants et de bonne qualité dattière ont été obtenues. La multiplication in vitro permet la production des plants nécessaires à la reconstitution de la palmeraie marocaine.

B. Portes greffes résistants

Les portes greffes sont largement utilisés pour lutter aussi bien contre les maladies biotiques (champignons, bactéries et nématodes) que contre les maladies abiotiques (asphyxie racinaire, chlorose ferrique etc..). Actuellement, 100% des plants de tomate sont greffés sur des portes greffes résistants aux *Meloidogyne* spp, trachéomycoses (*Fusarium* race 1 et 2, *Verticillium* race 1 et à d'autres agents pathogènes), Tous les agrumes sont greffés

pour lutter principalement contre la gommose à *Phytophthora* et la Tristeza.

Le greffage des arbres fruitiers à noyaux et à pépins s'est généralisé pour lutter contre de nombreuses maladies biotiques (*Phytophthora*, *Armillaria*, *Verticillium*, nématodes) et abiotiques (asphyxie racinaire, chlorose ferrique, froid, asphyxie racinaire).

C. OGM

Parmi les outils de sélection disponibles actuellement (sélection dirigée, croisements d'espèces éloignées, etc.), le génie génétique est le plus rapide et le plus efficace. Les plantes OGM commercialisées actuellement sont résistantes aux herbicides totaux (qui tuent toutes les plantes) ou aux insectes. Il a été démontré que l'utilisation des plantes OGM peut diminuer de 30 à 50% la consommation en produits phytosanitaires (herbicides et insecticides). Devant le succès des OGM auprès des agriculteurs, les superficies plantées en OGM augmentent de 20% par an. Soixante-huit pour cent de ces cultures d'OGM se trouvent aux Etats-Unis, 22% en Argentine, 6% au Canada et 3% en Chine. On trouve aussi des cultures d'OGM, le plus souvent expérimentales, dans dix autres pays, dont la France.

Actuellement, les OGM sont en très grande majorité utilisés pour l'alimentation animale. Quatre plantes de grande culture (maïs, coton, soja et colza) se partagent le marché des OGM. La papaye résistante à un virus est un des rares OGM destiné à la consommation humaine et effectivement exploitée. Les recherches sur les OGM portent actuellement sur de nombreuses cultures comme les céréales (blé, maïs...), légumineuses, (lentille), cultures maraîchères, vigne, plantes ornementales, coton, pomme de terre et colza. Les objectifs sont d'obtenir des plantes résistantes aux conditions de culture difficiles (agents pathogènes, sécheresse, acidité et salinité) et d'améliorer la qualité des productions (goût, durée de conservation, qualités nutritives).

IV- Conclusion

Les agents pathogènes telluriques causent d'importants dommages lors de la production de végétaux tant en milieu agricole que forestier.

Traditionnellement, les méthodes de lutte contre ces pathogènes telluriques se sont basées sur l'utilisation abondante de fumigants tels que le Bromure de méthyle. Cette lutte chimique n'est plus acceptable en raison de ses effets néfastes sur l'environnement, la couche d'ozone et la santé humaine. Le protocole de Montréal a interdit l'utilisation du Bromure de Méthyle, puissant destructeur de la couche d'ozone, dans tous les pays développés depuis 2005 et le sera dans les pays en voie de développement en 2015.

Les méthodes de lutte biologiques et génétiques disponibles ou en cours de développement permettent d'envisager l'avenir avec optimisme et d'éviter les vues «catastrophistes», selon lesquelles la disparition -par interdiction- des nématicides chimiques tels que le Bromure de Méthyle, la Chloropicrine, le 1,3 D et d'autres va conduire à de fortes diminutions des récoltes.

Toutefois, la lutte biologique et la lutte génétique doivent être considérées comme des composantes de la lutte intégrée. Les problèmes phytosanitaires dus aux agents pathogènes telluriques ne peuvent pas être résolus par l'adoption d'une seule méthode, mais par l'association de tous les moyens disponibles utilisés conjointement, dont la lutte chimique, lutte culturale (assolements...), lutte physique, (solarisation, traitement des sols à la vapeur) lutte génétique (variétés résistantes, greffage), lutte biologique (champignons nématophages, plantes mycorhizées, plantes nématicides, sols résistants).

* * * * *

Valorisation de cultivars locaux du safran par la sélection et la culture *in vitro*

Serghini* M. A., Lagram K., Ben El Caid M.,
El Boullani R., Fallah M. et El Mousadik A.

Laboratoire de Biotechnologie et Valorisation des Ressources Végétales,
Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, B.P 8106, 80070-Agadir.



Introduction

Le safran représente l'épice la plus chère au monde. Cette épice dite aussi 'or rouge' est constituée par les stigmates séchés du *Crocus sativus* L., une plante mâle stérile triploïde ($2n=3x=24$) (Karaoglu *et al.*, 2007). *C. sativus* appartient à la sous classe des monocotylédones et à la famille des iridaceae. Il se propage d'une manière végétative par bulbes. Le safran est très apprécié pour sa couleur, son goût et son arôme dus à ses métabolites qui sont respectivement la crocine, la picrocrocine et le safranal. Il possède des propriétés médicinales à faible dose (Plessner *et al.*, 1989).

La production mondiale du safran avoisine les 200T/an avec comme principaux pays producteurs, l'Iran (90,1%), l'Inde (4,5%), la Grèce (2,8%), le Maroc (1,5%) et l'Espagne (0,5%) (Dubois, 2010). La culture du safran au Maroc est concentrée essentiellement à Taliouine située à l'Est de la province de Taroudant avec 565 ha et à Taznakht faisant partie de la province d'Ouarzazate avec 80 ha (Aboudrare, 2009). Le Maroc est connu par la qualité inégalée de son safran qui représente un de ses produits phare de terroir.

Les cultivars marocains du safran n'ont pas fait, à ce jour, l'objet d'une sélection ou d'une collection bien caractérisée et il serait urgent de disposer d'une collection des différents cultivars multipliés au Maroc, de les caractériser sur le plan morpho-physiologique et d'en sélectionner ceux à caractères agronomiques attrayants (rendement, qualité gustative, contenu en arômes). L'existence à Taliouine, de mutants spontanés du safran dont le nombre de stigmates peut atteindre plus que le double des plants normaux, offre dans la mesure où ces mutations sont constitutives, une opportunité sérieuse pour le développement de la culture de cette espèce. Les cultivars sélectionnés pourront faire appel aux biotechnologies végétales et notamment à la culture *in vitro* afin d'être micropropagés rapidement et sous un état sanitaire irréprochable. Ce matériel végétal associé aux bonnes pratiques culturales, permettra d'augmenter la productivité de la culture du safran en accord avec le programme gouvernemental marocain visant la hausse du rendement de cette culture pour l'amélioration des conditions de vie des petits producteurs des zones rurales défavorisées.

La qualité du safran dépend de la concentration de ses trois principaux métabolites (crocine, picrocrocine et safranal). Sa valeur commerciale est directement liée à sa teneur en crocine (Norme Iso 3632-2:2010).

Dans ce travail, nous aborderons : i) la caractérisation morpho-physiologique des cultivars locaux du safran; ii) la culture *in vitro* du safran comme outil de micropropagation pour cette espèce.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Le choix des différents cultivars du safran a été basé sur les différentes enquêtes réalisées à *Dar Azaafarane* à Taliouine auprès des producteurs du safran. L'altitude des safraniers et la conservation des bulbes dans la même localité ont été déterminantes dans le choix des provenances que nous avons limitées à quatre. Des échantillons contenant au moins 40 bulbes chacun, ont été utilisés pour la caractérisation morphologique et la plantation.

Caractérisation des bulbes du safran

La caractérisation des bulbes du safran de différentes provenances a été basée sur la détermination de la masse et de la forme. Cette dernière a été analysée en mesurant la hauteur, le grand diamètre et le petit diamètre. Chaque bulbe a été mémorisé par photographie numérique.

Plantation des bulbes du safran

La plantation des bulbes du safran a été réalisée à l'exploitation 1.2.3 Safran située à Tallakht à Taliouine mais également dans une parcelle au niveau de la Faculté des Sciences d'Agadir. Ces plantations ont été réalisées en fin Août 2012 dans des billons avec des lignes de plantations à deux tuyaux d'irrigation goutte à goutte. La distance entre les bulbes et la profondeur de leur plantation sont de 20 cm. Chaque échantillon est composé, à l'exception des mutants, de 40 bulbes.

Désinfection des explants pour la culture *in vitro*

La désinfection de la surface des explants de bulbes du safran a été réalisée dans une première étape sur le bulbe entier débarrassé de ses tuniques et ses racines puis dans une seconde étape sur l'explant après réduction de sa taille. Cette dernière a été encore réduite pour enlever la partie qui était directement en contact avec les solutions de désinfection. Le bulbe a subi un lavage de 30 min à l'eau du robinet, un traitement de 45 s à l'éthanol 70% et de 20 min à l' $HgCl_2$ 0,2% et 3 rinçages de 3 min chacun à l'eau distillée stérilisée. Après réduction de la taille de

l'explant, la seconde désinfection a consisté en un traitement de 30s à l'éthanol 70% et 15 min à l'HgCl₂ 0,2% suivis de 4 rinçages de 3 min chacun à l'eau distillée stérilisée.

Milieux et conditions de la culture in vitro

Différents explants issus du bulbe du safran (Fig. 1) ont été utilisés sur un milieu MS (Murashige et Skoog, 1962) contenant 100 mg/L d'acide ascorbique et gélifié par le phytigel 0,3%.

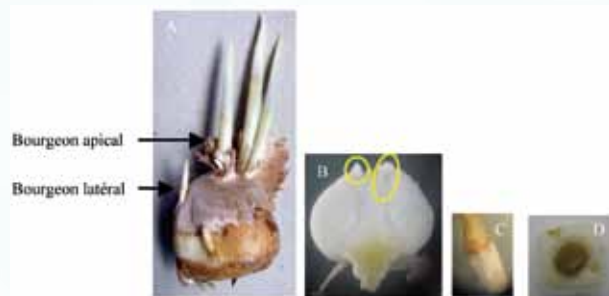


Fig. 1 : Différents explants utilisés dans la culture *in vitro* du safran : A : Bulbe avec des bourgeons apicaux et latéraux, B : Méristèmes apicaux, C : segment de bulbe contenant un bourgeon apical en croissance, D : segment de bulbe contenant un bourgeon apical.

Les régulateurs de croissance ont été ajoutés comme indiqué dans le tableau 1. La culture a été conduite dans une chambre de phytoculture à 25 ± 1°C et à une photopériode de 16 H pour l'organogenèse directe et à l'obscurité pour la callogenèse. Les subcultures ont été effectuées toutes les 3 semaines.

Tableau 1 : Différents explants et milieux utilisés dans l'organogenèse *in vitro* directe et indirecte du safran.

ORGANOGENESE DIRECTE

Explant	Milieu
Fragment de bulbe avec bourgeon apical	MS – BAP 6 mg/L
Méristème apical et latéral	M1 : MS – 2 mg/L BAP ; 0,5 mg/L ANA M2 : MS – 2 mg/L BAP ; 0,1 mg/L 2,4-D

ORGANOGENESE INDIRECTE

Explant	Milieu de callogenèse	Milieu d'initiation des pousses
Fragment de bulbe avec bourgeon apical	MS – 0,25 mg/L 2,4-D ; 1 mg/L BAP	M3 : MS – 1,5 mg/L BAP M4 : MS – 2,75 mg/L BAP; 0,5 mg/L ANA

Résultats

Caractérisation morpho-physiologique des cultivars locaux du safran

L'analyse des différentes enquêtes auprès des producteurs du safran en considérant notamment l'altitude des safranières et le degré de conservation des cultivars du safran chez ces agriculteurs, nous ont conduits à retenir 4 provenances en plus d'une

collection de mutants du safran à plus de 3 stigmates (Tableau 2).

Tableau 2 : Différentes provenances des cultivars du safran

Provenance	Altitude	Conservation du cultivar
Sidi Hssain	Basse altitude (1476 m)	+++
Agadir Melloul	Moyenne altitude (1607 m)	++
Zagmouzen	Moyenne altitude (1828 m)	++
Askaouen	Haute altitude (1980 m)	++
'Mutants'	-	-

La provenance de Sidi Hssain située au Sud Est de Taliouine (Fig. 2), représente la basse altitude (1476 m) avec une bonne conservation des bulbes qui sont utilisés dans les mêmes parcelles après chaque cycle de 4 à 6 années de culture. Ces bulbes sont aplatis, de couleur rose cuivré clair et brillant (Fig. 3). Ils ont une masse moyenne de 13,07 g et comptent parmi les plus grands bulbes avec des valeurs moyennes du grand diamètre, du petit diamètre et de la hauteur qui sont respectivement de 33,91, 28,03 et 22,07 mm.

Les provenances d'Agadir Melloul et de Zagmouzen ont été retenues comme provenances de la moyenne altitude (1607 m pour Agadir Melloul au Sud Est de Taliouine et 1828 pour Zegmouzen qui se trouve au Nord Est de Taliouine - Fig. 2). La conservation des bulbes dans ces provenances est moyenne en termes de conservation et de date d'introduction. Les bulbes de Zagmouzen sont plutôt aplatis et de couleur rose cuivré clair non brillant (Fig. 3). Ils ont la plus petite masse dont la moyenne est de 7,13 g. Leurs valeurs moyennes du grand diamètre, du petit diamètre et de la hauteur sont respectivement de 26,15, 23,30 et 19,98 mm. Les bulbes de la provenance d'Agadir Melloul sont arrondis et de couleur rose cuivré très sombre (Fig. 3). Ils sont les plus grands en termes de volume avec une moyenne de 34,46 mm de gros diamètre, 28,62 de petit diamètre et 23,04 mm de hauteur.

Enfin, la provenance d'Askaouen située au Nord Est de Taliouine représente la haute altitude (1980 m) avec des bulbes de couleur rose cuivré sombre et à masse importante avec comme moyenne, 13,83 g. Les moyennes des valeurs du grand diamètre, du petit diamètre et de la hauteur sont respectivement de 33,07, 30,42 et 22,54 mm.

Les plantations de la première année, y compris une collection d'une quinzaine de mutants, sont actuellement en pleine floraison et le suivi de leurs paramètres physiologiques est en cours.

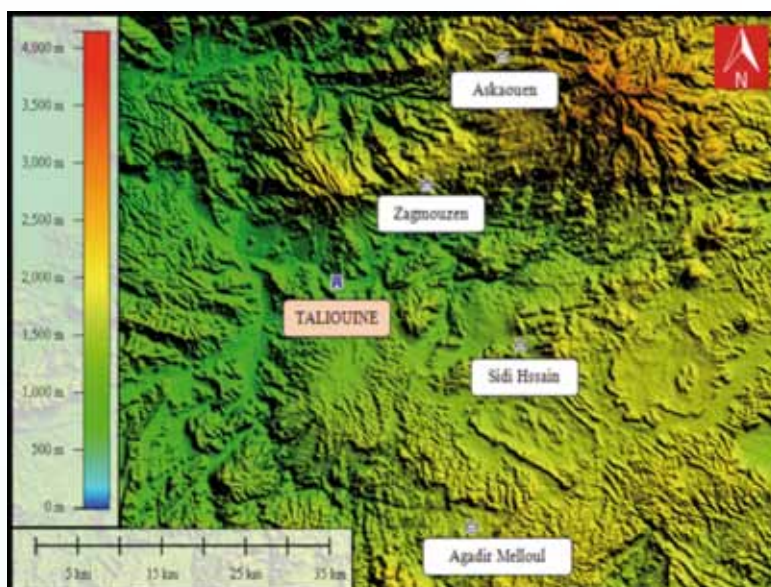


Fig. 2: Localisation et altitude des différentes provenances des cultivars du safran



Fig. 3: Aspect des bulbes du safran des différentes provenances en plus des mutants

Culture *in vitro* des cultivars de Taliouine du safran

Le protocole de désinfection a permis d'engendrer le meilleur résultat comparativement aux autres essais avec un taux nul de contamination et 82% de reprise.

L'utilisation de fragment de bulbe avec bourgeon apical sur le milieu MS contenant 6 mg/L de BAP a généré la meilleure prolifération de pousses. En effet, des pousses de 2 à 3 cm de longueur ont été obtenues après 8 semaines de culture. Ces pousses ont été à l'origine d'une faible émission de bourgeons adventifs après 3 mois de culture et de feuilles vertes après 4 mois de culture avec une taille comprise entre 12 et 14 cm (Fig. 4). A ce stade, la décapitation de ces pousses et la culture de la partie basale, a permis 3 mois plus tard, la formation de bourgeons adventifs sur 75% des pousses en culture avec une moyenne de 9 bourgeons par explant. La décapitation avait un effet nettement positif sur le bourgeonnement adventif et donc sur le taux de multiplication. Il faut remarquer que cette expérience a été initiée à deux périodes différentes, le mois de février qui représente le stade végétatif dans le cycle du safran et le mois de mai relatif au stade de dormance. Ce dernier n'a pas été favorable à une bonne croissance des explants comparativement avec l'expérience du mois de février qui a donné de bons résultats et qui a confirmé l'effet du cycle du safran sur la culture *in vitro* d'explant formé de fragment de bulbe avec bourgeon apical.

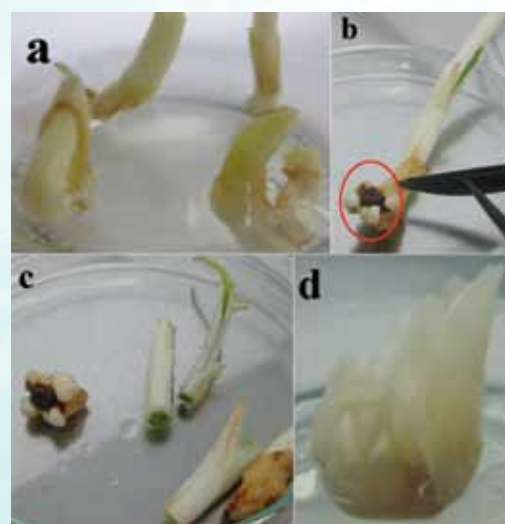


Fig. 4: Pousses du safran obtenues par organogénèse directe sur le milieu MS complété par 6 mg/l de BAP : **a** : Croissance des pousses âgées de 8 semaines, **b** : Bourgeons adventifs après 12 semaines, **c** : Pousse de 12 semaines décapitée, **d** : Bourgeons adventifs formés à la base de la pousse décapitée, 3 mois après décapitation.

L'utilisation des méristèmes apicaux et latéraux comme explant a fait appel aux milieux M1 et M2 avec une nette supériorité du milieu M1 sur la croissance des pousses (Fig.5) et un taux de formation des pousses de 54,54% et 22,22% respectivement pour le milieu M1 et M2.

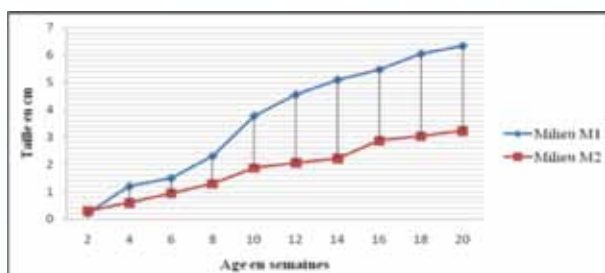


Fig. 5 : Evolution des moyennes de la taille des pousses du safran en culture *in vitro* sur les milieux M1 et M2.

L'organogenèse indirecte à partir de segments de bulbes contenant le bourgeon apical ou latéral sur le milieu MS avec 0,25 mg/L de 2,4-D et 1 mg/L de BAP, a donné après 4 semaines, des masses callogènes de forme globulaire et de couleur blanchâtre et transparente et une croissance continue du bourgeon. La décapitation de ce dernier a permis d'augmenter la formation des cals de 31,82% à 81,82%. L'initiation de pousses à partir des cals a été opérée sur le milieu M3 et M4. Ce dernier s'est avéré plus efficace par rapport à M3 en termes de coissance des cals et de formation de pousses (Fig. 6).

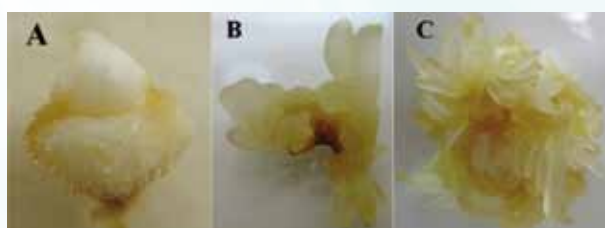


Fig. 6 : Organogenèse indirecte du safran. **A** : Masses callogènes globulaires âgées de 4 semaines sur milieu MS additionné 0,25 mg/l de 2,4-D et 1mg/l de BAP, **B** : Bourgeons après 3 semaines sur milieu M3, **C** : Bourgeons après 3 mois sur le milieu M4.

Discussion

Les premières informations récoltées grâce à la caractérisation morpho-physiologique des cultivars du safran de la région de Taliouine montre une diversité génétique chez cette ressource végétale. Ces données sont à conforter durant 3 campagnes de production en accordant une attention particulière au facteur rendement et à la qualité du contenu des stigmates. Les mutants du safran à plus de trois stigmates ne seraient intéressants qu'une fois le caractère constitutif de la mutation démontré (Ghaffari et Bagheri, 2009).

Dans les expériences de la culture *in vitro* du safran, notre protocole avec une double désinfection avant et après réduction de la taille de l'explant, a été à l'origine d'une absence totale d'infection des cultures. Dans l'organogenèse directe, l'utilisation d'explant formé de segments de bulbe contenant un bourgeon apical ou latéral et d'une forte concentration de BAP (6 mg/L) a permis l'initiation et la multiplication de pousses en accord avec les travaux publiés par Sharma *et al.* (2008) et Díaz-Vivacos *et al.* (2011).

La décapitation des pousses en croissance nous a permis de hausser le taux du bourgeonnement adventif à 9 bourgeons/explant et d'augmenter le pourcentage de la formation de bourgeons adventifs sur 75% des pousses, valeur similaire à celle obtenue par Zeybek *et al.* (2012) qui est de 72%. Nous avons montré la supériorité du milieu d'induction de pousses M4 dans l'organogenèse indirecte du safran et l'effet de saison où l'utilisation des explants au stade végétatif conduit à une bonne réactivité des cultures.

La mise au point et la maîtrise locale du dosage des métabolites du safran tels que la crocine, la picrocrocine et le safranal représentent une de nos perspectives visant à encourager les producteurs locaux à répondre plus facilement aux exigences des normes, à gagner du temps et à réduire les frais des analyses.

Références bibliographiques

- Aboudrare, A. (2009). Renforcement des capacités locales pour développer les produits de qualité de montagne - Cas du safran. Diagnostic agronomique de la culture du safran dans la région de Taliouine-Taznakht. FAO/TCP/MOR/3201(D). Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) Rome, Italie: 135p.
- Karaoglu, C., S. Cocu, A. Ipek, I. Parmaksiz, S. Uranbey, E. Sarihan, N. Arslan, M. Kaya, C. Sancak, S. Ozcan, G. B., M. S., E. C. and K. KM. (2007). In vitro micropropagation of saffron. *Acta Horticulturae*, 739: 223-228.
- Murashige, T. and F. Skoog (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum*, 15(3): 473-497.
- Plessner, O., M. Negbi, M. Ziv and D. Basker (1989). Effects of temperature on the flowering of the saffron crocus (*Crocus sativus* L.): induction of hysternathy. *Israel journal of botany*, 38(1): 1-7.
- Díaz-Vivancos, P., K. Majourhat, J. A. Fernández, J.A. Hernández and A. Piqueras (2011). Study of the antioxidant enzymatic system during shoot development from cultured intercalary meristems of saffron. *Plant growth regulation*, 65(1): 119-126.
- Dubois, A. (2010). Analyse de la filière safran au Maroc: quelles perspectives pour la mise en place d'une Indication Géographique?, CIHEAM-IAM Montpellier.
- Ghaffari S.M. and Bagheri A. (2009). Stigma variability in saffron (*Crocus sativus* L.). *African Journal of Biotechnology*, 8 (4): 601-604.
- Sharma, K., R. Rathour, R. Sharma, S. Goel, T. Sharma and B. Singh (2008). *In vitro* cormlet development in *Crocus sativus*. *Biologia Plantarum*, 52(4): 709-712.
- Zeybek, E., S. Önde and Z. Kaya (2012). Improved in vitro micropropagation method with adventitious corms and roots for endangered saffron. *Central European Journal of Biology*, 7(1): 138-145.

Rapports des sessions et note de synthèse

Première Session : “Biotechnologies et Protection des Cultures”

La première session du Symposium a été consacrée à l’apport des biotechnologies dans le domaine de la protection des cultures.

La première intervention, animée par le Professeur **Mohamed BESRI (IAV Hassan II)**, a mis le point sur les principaux moyens de lutte biologique et génétique contre les parasites telluriques des plantes cultivées et qui causent d’énormes dégâts sur les arbres fruitiers et les plantes maraîchères et ornementales.

Les principales méthodes de lutte biologiques décrites concernent notamment :

- l’utilisation de microorganismes antagonistes vis-à-vis des agents pathogènes telluriques;
- l’exploitation des sols suppressifs non réceptifs aux agents de la tachéomycose;
- l’utilisation d’endomycorhizes à vésicules et à arbuscules.

Quand aux moyens de lutte génétique décrits dans cette intervention, ils concernent particulièrement :

- l’utilisation de variétés résistantes vis-à-vis des agents de la trachéomycose et de la trachéobactériose;
- l’utilisation de portes-greffes résistants aux parasites telluriques.

Les différentes méthodes de lutte biologique et génétique ayant fait l’objet de cette présentation ont été illustrées par des exemples concrets et des applications au champ.

Il ressort que ces moyens de lutte représentent actuellement une alternative à l’utilisation de pesticides chimiques dont les conséquences environnementales sont de plus en plus sérieuses et qu’il faudra exploiter dans le cadre d’une démarche de lutte intégrée.

La seconde intervention, animée par Monsieur **Mustapha ZEMZAMI (Domaines Agricoles)**, a porté sur les maladies émergentes qui menacent l’agrumiculture marocaine. Elle a fait le point sur deux principales maladies qui constituent des menaces sérieuses vis-à-vis de la culture des agrumes au Maroc, à savoir :

- la maladie de la Tristeza causée par un virus Citrus Tristeza qui est véhiculé par un insecte Toxoptera citricida.
- la maladie de Greening (ou pousses jaunes) causée par une bactérie *Candidatus liberibacter* spp présente sous 5 formes taxonomiques et qui est transmise par des insectes homoptères psyllidés.

Si le Maroc a adopté depuis son apparition une stratégie de lutte réussie à l’égard de la maladie de la Tristeza, il paraît que la lutte contre la redoutable maladie de Greening nécessite de grands moyens et sollicite la mise en place d’une stratégie commune à l’échelle nationale et régionale. A ce propos, la mobilisation des professionnels, des services de protections des végétaux et des centres et laboratoires de recherche est vivement sollicitée.

A l’issue de ces deux interventions, diverses recommandations et suggestions ont été faites notamment en ce qui concerne :

- la certification à 100% des plants qui se révèle désormais une nécessité liée à l’éradication ou tout au moins à la réduction de l’incidence des maladies;
- la nécessité d’aborder les problématiques agrobiotechnologiques pertinentes et prioritaires à travers des approches fédératrices mettant en oeuvre une masse critique de chercheurs confirmés avec des interactions permanentes et soutenues, une connaissance mutuelle et une bonne coordination entre les chercheurs d’une part et les institutions oeuvrant en la matière d’autre part.

Session 2 : “Biotechnologie microbienne et agriculture”

Manuel Fernandez Lopez (CSIC) : Dans son intervention, Manuel Fernandez Lopez (CSIC) a passé en revue les différentes techniques qui permettent d’étudier la diversité microbienne, en passant des techniques classiques, basées sur l’étude des bactéries cultivables, aux différentes techniques moléculaires récentes qui peuvent décrire le monde bactérien non cultivable. En effet les récentes études métagénomiques montrent que les techniques classiques ne permettent l’étude que de 1% de l’ensemble des bactéries telluriques, le reste est constitué de bactéries non cultivables. Ces techniques permettent donc d’avoir une meilleure description des communautés microbiennes tant sur le plan fonctionnel que taxonomique.

Dans ce contexte, l’Académie Hassan II des Sciences et Techniques et le CSIC ont monté un projet commun visant l’étude de la diversité des populations microbiennes de la rhizosphère de l’olivier. Un large échantillonnage des sols rhizosphériques et non rhizosphériques des principales zones d’oliveraie au Maroc a été effectué : 5 régions, 3 sites par région et 5 arbres par site. Des analyses physico-chimiques détaillées des différents échantillons de sol ont été effectuées, le principal résultat concerne la concentration très élevée en sel dans certains échantillons de sols oasiens.

Au niveau génomique, l'auteur a présenté les résultats de l'analyse de la diversité et la richesse des différents sols. Un des sols de Taza s'est avéré être le plus riche (806 OTU et 2132 espèces), alors que celui d'Errachidia est le moins riche avec 348 OTU et 595 espèces. Les analyses statistiques ont pour leur part permis de montrer que les populations microbiennes rhizosphériques oasiennes formaient des groupes phylogénétiques très distants de ceux des sols non rhizosphériques et de ceux obtenues des zones nord du pays. Au niveau taxonomique, des analyses au niveau des classes, des ordres et des genres ont été effectuées. A titre d'exemple, les Archaeobactéries sont plus abondantes dans les sols oasiens, probablement en raison de conditions extrêmes de température et salinité des sols. Mais la majorité des bactéries ne sont pas identifiées, par exemple pour les actinobactéries 3151/5141 séquences n'ont pas pu être identifiées.

Une autre facette des recherches menées par l'équipe espagnole concerne les mycorhizes associées à l'olivier. L'approche moléculaire consistant à séquencer l'ADNr18S amplifié avec des amorces spécifiques des Glomales, a été couplée avec une méthode quantitative classique basée essentiellement sur le pourcentage de racines mycorhizées. Ces études devraient aboutir *in fine* à la sélection des meilleures mycorhizes colonisant les racines de variétés d'olivier utilisées en Espagne.

Vanessa Nessner Kavamura (EMBRAPA) : dans son allocution relative à l'application des rhizobactérie tolérante à la sécheresse, Vanessa Nessner Kavamura a commencé par donner un bref aperçu sur EMBRAPA-environnement et plus particulièrement le laboratoire de microbiologie environnementale. Ce dernier s'intéresse à :

- La collection de microorganismes d'intérêt industriel et environnemental
- La bioprotection (recherche de nouvelles espèces ou molécules, nouveaux gènes...)
- La métagénomique (next generation sequencing)
- Le réchauffement climatique et son impact sur différentes activités microbiennes (BNF, Psolubilisation...)

Parmi les thématiques développées par le groupe :

- L'identification et l'étude des gènes de réponse à différents stress abiotiques comme la température, la salinité et le déficit hydrique.
- L'influence des saisons et des sites sur les populations microbiennes dans la région de Caatinga (très aride)
- Les activités biologiques des populations bactériennes des zones arides
- L'isolement et identification de bactéries produisant le tréhalose et les polysaccharides, qui pourraient avoir un impact positif sur la croissance de plantes
- Le développement de formulation d'inoculum microbiens efficaces sous conditions de stress hydrique

Actuellement au Brésil 21.7 millions d'hectares de cultures sont inoculés, essentiellement les légumineuses soja et haricot par des rhizobium, ce qui entraîne un gain de 6.34 milliards de dollars par année.

Carlos Boroto (Cuba) : de son côté, Monsieur Carlos Boroto a présenté le Centre de génie génétique et biotechnologie à Cuba, qui est une grande institution qui emploie 1646 chercheurs, chargé de la recherche, développement, production et vente de produits de biotechnologie (cycle fermé). Ce centre a mis sur le marché 17 produits nouveaux entre 2001 et 2011. L'exportation des produits issus de la biotechnologie occupe la deuxième place après celle du nickel.

Parmi les produits commercialisés, Mr Boroto a présenté un bionématicide (HeberNem), qui contient une bactérie productrice de chitinase et de sulfure d'hydrogène. Ce produit a un effet supérieur à celui du basamide et autres produits chimiques nématicides. Le produit présente aussi un effet de promotion de la croissance de plantes, essentiellement grâce à un développement racinaire important.

Mr Boroto a enfin insisté sur la qualité de ces produits, qui ont subi au moins 18 tests d'écotoxicologie (environnement, eau, homme, plantes) et qui sont commercialisés à travers le monde.

Hassna Founone (ISRA) a commencé par souligner le grand débat actuel sur la relance de l'agriculture au Sénégal. Dans ce contexte, la restauration des terres dégradées trouve toute sa place. Elle pourrait s'opérer par la réintroduction d'espèces adaptées et qui présentent des propriétés intéressantes comme le bois, la qualité fourragère ou la production d'une litière abondante et riche qui permettrait de régénérer la fertilité des sols.

On peut aussi introduire des espèces australiennes à croissance rapide comme les acacia, qui ont en plus l'avantage d'être nodulées par rhizobium et mycorhizées par des ectomycorhizes. A titre d'exemple des souches de mycorhizes ont été testées avec *Acacia holocercia*. L'inoculation s'est faite en pépinière puis les plants ont été transférés dans le bassin arachidien sénégalais. Les rhizobiums indigènes de ces sols ont été isolés par piégeage et identifiés par PCR RFLP de l'IGS 16S-18S de l'ADNr. Les expériences en pots et au champ ont montré des résultats très prometteurs, avec une stimulation de la croissance racinaire et aérienne, de même qu'une amélioration de la survie des plants après transplantation au champ et la croissance des arbres.

Adama Diouf (UCAD) a commencé par une présentation générale concernant le rôle des microorganismes bénéfiques : PGPR et fixateurs biologiques de l'azote. Ensuite il a présenté les deux principaux laboratoires impliqués dans les recherches en agrobiotechnologie au Sénégal : le laboratoire de biotechnologie des champignons de l'UCAD et le laboratoire commun de microbiologie (UCAD-ISRA-IRD). Leurs activités principales se centrent

autour de l'étude de la diversité microbienne des sols sénégalais et la valorisation de leurs interactions avec les légumineuses pour la mise en place de symbioses adaptées à la sécheresse et la salinité.

Des exemples concrets ont été présentés :

- pour le haricot, des souches élites de rhizobiums efficaces et compétitifs ont été sélectionnées, elles permettent des niveaux de fixation estimés à 139Kg d'N/ha et des améliorations de rendement qui peuvent atteindre 66%.
- La co-inoculation du soja par des souches de *Bradyrhizobium* et des mycorhizes sélectionnées a aussi donné des résultats positifs
- La co-inoculation d'*Acacia mellifera* par des souches de rhizobium et des mycorhizes sélectionnées a permis une augmentation de la croissance des plants en pépinière
- L'utilisation de la matière organique issue d'une légumineuse *Gliricidia* pour améliorer la fertilité des sols a un impact positif sur la culture ultérieure du maïs.

L'auteur a néanmoins souligné que ces résultats intéressants obtenus dans des essais dans lesquels étaient impliquées des organisations de paysans, des ONGs et groupement de femmes ne sont pas appliqués à grande échelle à cause du manque de relais entre les chercheurs et les producteurs.

Mohammed El Guilli (INRA) : L'utilisation des biopesticides contre les maladies de post récolte des fruits et légumes a fait l'objet de l'intervention de Monsieur Mohammed El Guilli qui a commencé par souligner que les fruits et légumes constituent un substrat favorable au développement de divers champignons phytophagènes qui entraînent des pertes importantes, qui sont plus coûteuses en post récolte qu'au cours de la production. Les moyens de lutte sont essentiellement chimiques, mais ils peuvent entraîner l'apparition de résistances chez les champignons, l'accumulation de résidus et des effets négatifs sur l'environnement. La lutte biologique pourrait être une alternative viable car les conditions ambiantes lors du conditionnement et du stockage sont contrôlées.

Les recherches dans le domaine de la lutte biologique ont connu un essor considérable durant les 20 dernières années mais peu de produits efficaces ont été commercialisés. Au Maroc, l'INRA s'est intéressée à la mise au point de biopesticides pour protéger les agrumes contre la pourriture. Ainsi deux souches intéressantes ont été isolées et identifiées, elles ont une activité antifongique remarquable sur les champignons soit par antibiose (*Bacillus*) soit par compétition pour les substrats (*Pichia*). Cette dernière souche a été retenue pour des essais de formulation avec différentes variétés d'agrumes; elle montre des niveaux de protection compris entre 45 et 92%. Par la suite un essai pratique dans des stations de conditionnement a montré un effet protecteur moyen de 67% dépendant des variétés.

Par ailleurs, cette souche pourrait être utilisée en combinaison avec les produits chimiques, ce qui permettrait de réduire la dose du produit à 60ppm au lieu de 1400ppm utilisée normalement. L'auteur a proposé l'utilisation des souches bioprotectrices comme composante d'une lutte biologique intégrée (IDM).

L'auteur s'est interrogé à la fin de son exposé sur les perspectives pour ce type de recherche devant d'une part l'absence de PME qui prendraient le relais du chercheur pour la production et la commercialisation du produit et d'autre part les difficultés rencontrées par le chercheur pour la protection des souches intéressantes.

Session 3 : "Culture de tissus végétaux, micropropagation et multiplication clonale"

Valorisation de cultivars locaux du safran (*Crocus sativus*) par la sélection et la culture *in vitro*

Il ressort de cette présentation faite par le Pr. Serghini (LBVRN) de la Faculté des Sciences d'Agadir que le safran est valorisé principalement au Maroc comme épice à partir de ses stigmates séchés dans un agrosystème traditionnel, il est qualifié ainsi comme un des produits de terroir les plus chers, pour cela, le développement et la valorisation de cette ressource génétique constitue une des priorités du programme du plan Maroc Vert, surtout que la contribution du Maroc à la production mondiale ne dépasse pas 1,5%.

Les objectifs ont porté sur :

- la caractérisation morpho-physiologique des cultivars locaux à travers 4 provenances;
- la mise au point d'un protocole de multiplication *in vitro* par organogenèse directe et indirecte pour reproduire des génotypes intéressants (teneur en certains métabolites secondaires, nombre de stigmates et leur poids.);
- la mise au point à l'échelle locale d'un procédé de dosage des trois principaux métabolites de couleur (crocine), du goût (picrocrocine) et de l'arôme (safranal) pour assister les étapes de sélection;

Résultats acquis :

- Début de constitution de collections de bulbes caractérisées sur le plan morpho-physiologique; et actuellement un programme d'installation et de suivi de ces collections pour les comparer vis-à-vis du rendement en stigmates est en cours, notamment pour les mutants.
- *Via* l'organogenèse directe, neuf bourgeons par explant sont acquis;
- *Via* l'organogenèse indirecte, le pourcentage de callogenèse atteint 80%;

Recommandations :

- Appuyer la recherche scientifique selon un schéma de gestion, de conservation et de valorisation des ressources génétiques de cette espèce emblématique de Taliouine, pour cela la création d'un consortium s'impose;
- Elargir les essais de multiplication *in vitro* à l'embryogenèse somatique ;

Programme palmier dattier dans le cadre du Plan Maroc Vert : Rôle central des biotechnologies dans le développement de la filière

Le Dr. Mustapha AITCHITT des Domaines Agricoles a relaté le besoin énorme et ambitieux en matière de plantations pour répondre au Plan Maroc Vert via l'ANDZOA (Agence Nationale de Développement des Zones Oasiennes et de l'Arganier), les fédérations de l'interprofession, etc..., le défi étant d'aboutir à 3 Millions de plants d'ici 2020. Ainsi, on s'attend dans le cadre du programme du Plan Maroc Vert à :

- 1700 Ha comme nouvelles plantations,
- 4800 Ha à réhabiliter,
- 300000 vitro-plants à produire par an.

Stratégie à explorer :

A court terme, l'organogenèse est la voie de multiplication *in vitro* qui est actuellement considérée pour les raisons suivantes :

- plus de stabilité des copies conformes au parent de départ;
- bonne maîtrise du procédé à l'échelle des 140 Ha du Domaine Basatine;
- 100% de reprise au champ;
- précocité de la floraison (à partir de la 4^{ème} année);

Contraintes et défis qui ressortent :

- nécessité urgente d'un plan contre le charançon rouge (déclaré présent à Tanger);
- besoin d'une visibilité claire sur les finalités du projet de plantation (accompagnement continue : recherche et développement, définition claire des responsabilités (par exemple prévoir des contrats/cadre) et financement adéquat;
- valorisation des variétés résistantes au Bayoud par la transformation (i.e., cas du Bousthami);
- rechercher et produire des vitroplants répondants aux conditions climatiques des sites de plantation;
- prévoir un investissement dans la recherche pour la maîtrise de l'embryogenèse somatique *via* des partenariats (universités et institutions de recherche) pour aider à combler le besoin énorme prévu en plants indemnes et rentables.

Session 4 : "Espèces forestières : multiplication clonale et sélection"

Les remarques d'ordre général ont concerné :

1. Pertinence des thématiques traitées pour les deux espèces forestières
2. Nécessité d'adopter une double approche: réhabilitation et intensification
3. Appel à un meilleur ciblage des thématiques complémentaires et de diversifier les thématiques

Pour le cas particulier de l'arganier :

1. Multiplication végétative est justifiée par un besoin pressant pour des variétés performantes et des techniques de multiplication conformes
2. Quatre techniques sont en cours d'étude: bouturage, marcottage, greffage et culture *in vitro*
3. Les taux de réussite sont de 77% pour le bouturage, 89% pour le marcottage et 90% pour le greffage semi ligneux
4. Principaux facteurs affectant la réussite sont le génotypes, la saison et les conditions d'élevage
5. Ces résultats ne sont pas encore passés au stade d'application commerciale

Pour le cas du chêne liège :

1. Espèce menacée d'où, la nécessité d'un programme national de sélection et de multiplication
2. Induction de néoformation par embryogenèse directe est à ses débuts: 0,5%
3. Pour l'embryogenèse primaire 9% de réussite secondaire et 89% pour embryogenèse secondaire
4. Germination d'embryons 11%
5. Comparaison entre les plants issus de glands et les vitroplants.



Focus

**Interview avec le professeur André Capron,
président-fondateur du Groupe Inter-académique
pour le Développement (GID)**

Le Groupe Inter-académique pour le Développement (GID) s'est constitué en 2007 pour renforcer les liens entre la science, les pratiques professionnelles et les attentes sociales selon les attributions des académies membres, dont l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques. Ses objectifs sont clairs : partage des savoirs sous le signe de l'excellence, de l'impartialité et de l'indépendance, avec une vision interdisciplinaire et intégrée du développement, dans un cadre international. Son président fondateur, le Professeur André Capron, également membre de l'Institut de France (Académie des Sciences) et membre de l'Académie Nationale de Médecine de France, a bien voulu nous donner quelques éclaircissements sur la genèse du GID, son organisation et son fonctionnement, à travers cette interview que nous présentons ci-après.



Pr. André Capron

Question : Le Groupement Inter académique pour le Développement, dont vous êtes le fondateur depuis sa création en 2007 est un réseau d'académies des sciences du pourtour **méditerranéen**. Pourquoi ce réseau et quels sont ses objectifs?

Réponse : Chacun reconnaît au Savoir et à la Science un rôle essentiel dans le développement des Sociétés modernes et leur progrès économique et social.

Dans l'émergence récente des Sociétés du Savoir, les nouvelles relations qui unissent Science et Développement, ont conféré au triangle d'or que constituent la Formation, la Recherche et l'Innovation, une importance stratégique particulière.

Garantes de l'excellence scientifique, carrefours naturels du dialogue interdisciplinaire, reflets nationaux et régionaux des dimensions socioculturelles, les Académies constituent par nature des formes d'interactions et d'échanges avec les sociétés, particulièrement au niveau international, en raison de leur indépendance politique et économique, de leur autonomie et leur légitimité.

Le Groupe Inter académique pour le Développement (GID) s'est constitué en 2007, à l'initiative de l'Académie des Sciences de France, à partir d'un noyau fondateur des 5 Académies Nationales Françaises. Le GID s'est donné pour mission de faire, dans les Pays en Emergence, de la Science et de ses acquis, les moteurs du développement humain des Sociétés et de leur progrès dans le respect de leurs diversités sociales et culturelles.

Les principes d'action du GID reposent sur :

- l'adaptation des connaissances, finalité essentielle à toute stratégie d'éducation et de développement;
- le caractère intégré du savoir associant aux connaissances scientifiques et techniques interdisciplinaires, les dimensions économiques, juridiques et socioculturelles de leurs applications.

Au noyau fondateur de 5 académies nationales françaises (Sciences, Médecine, Technologies, Agriculture, Sciences Morales et Politiques) se sont rapidement jointes les Académies d'Italie et du Maroc. Actuellement, 23 Académies Méditerranéennes associées à la Bibliothèque Alexandrine et au Cyprus Institute participent à la construction de l'Espace Méditerranéen de la Science, visant au développement d'une identité scientifique d'excellence.

Elles constituent le réseau EMAN (Euro Mediterranean Academy Network) désormais reconnu comme réseau associé à l'IAP (InterAcademy Panel).

Question : Pouvez-vous nous éclairer sur l'organisation du GID, ses activités, les recherches qu'il appuie, etc...

Réponse : Le GID est piloté par un Conseil de Direction et un Conseil Stratégique ou Comité de pilotage composée d'une vingtaine de personnalités interdisciplinaires (Médecine, droit, agronomie, économie, sciences humaines etc) qui se réunit au moins 3 fois par an.

Outre le réseau EMAN, que nous venons d'évoquer, le GID pilote 3 grands programmes :

1. Le Programme WHEP (Women Health Education Program) qui, par l'intermédiaire d'un site internet qui a reçu à ce jour 400.000 visiteurs uniques, vise à l'éducation des femmes à la santé.
2. Le Programme Sciences, Métiers et Sociétés qui vise à la promotion des compétences scientifiques et techniques des cadres managériaux et des cadres techniques des programmes nationaux et internationaux de développement.
3. Le Programme Parmenides, adossé au réseau EMAN, dont le but est au travers d'un cycle de conférences internationales de promouvoir et de renforcer l'identité scientifique de la région méditerranéenne et diffuser la science comme un vecteur permanent du développement économique et social.

Question : Le programme Parmenides a permis de réunir à 5 reprises les représentants de plus de 20 pays méditerranéens et d'académies méditerranéennes dans le cadre de conférences Internationales thématiques consacrées aux priorités du développement scientifique. Quels ont été les thèmes abordés depuis la première conférence organisée à Paris en 2008 en passant par celles de Rome(2009), Alexandrie(2010), puis Rabat (2011) et Paris (2012) et quel bilan en faites-vous?

Réponse : Le Programme Parmenides, que nous considérons un peu comme un temple de l'Espace Méditerranéen de la Science, a progressivement construit ses piliers aux travers de cinq conférences internationales thématiques consacrées aux priorités du développement scientifique. La 1^{ère} conférence en juin 2008, à l'Institut de France, a été consacrée au «*Développement durable en Méditerranée, Agriculture, Ressources halieutique et Changements climatiques*».

Parmenides 2, accueillie à Rome par l'Academia de Lincei en octobre 2009, a été consacrée au thème «*Science et Santé en Méditerranée, Gènes et Environnement*».

Parmenides 3 a été accueillie à la Bibliothèque d'Alexandrie, en Egypte, sur le thème : «*Richesses*

et diversité méditerranéennes - Diversités biologiques et culturelles».

Parmenides 4 accueillie par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques du Maroc s'est tenue à Rabat en Novembre 2011 et a été consacrée au thème «*Eau et Assainissement : enjeux et risques sanitaires en Méditerranée*».

Parmenides 5 (20 et 21 mars 2012 à l'Institut de France) a eu pour ambition, avec les 4 rapports thématiques des conférences précédentes, de définir par une approche intégrée, les grands enjeux et les orientations majeures des stratégies du développement scientifique et technique, et de dessiner les grands axes d'un partenariat des 2 rives de la Méditerranée.

Ces conférences ont réuni pour chacune d'entre elles les représentants et orateurs de plus de 20 pays méditerranéens et d'Académies Méditerranéennes.

Chaque conférence Parmenides a fait l'objet de conclusions et de recommandations largement diffusées sur le portail GID (g-i-d.org), publiées dans une série de brochures et dans un ouvrage de synthèse. La vision régionale sous tous ses aspects, a été le dénominateur puissant et fécond de ces conférences.

Le bilan général que l'on peut faire de ce premier cycle de conférences est particulièrement encourageant. Tenues dans une atmosphère chaleureuse, ces conférences ont illustré à la fois la réalité et la qualité de développement scientifique entrepris, la qualité de la communauté scientifique impliquée et la volonté unanime de bâtir au niveau régional, une véritable identité scientifique. Au-delà des acquis scientifiques et du partage des savoirs, ces conférences ont fait naître de nouveaux projets de coopération internationale, de constitution de réseaux, d'identification de programmes fédérateurs.

Question : La 5^{ème} conférence, organisée en mars 2012 à l'Institut de France, a eu pour objectif de définir les enjeux et les orientations majeurs des stratégies de développement scientifique et technique et de dessiner les grands axes d'un partenariat des deux rives de la méditerranée. Quelles en sont les principales conclusions?

Réponse : La richesse des analyses réalisées durant les 5 Conférences Parmenides rend difficile l'exposé succinct des conclusions et des recommandations qui en ont été issues. Je me bornerai à en résumer brièvement les orientations générales.

L'avenir de l'eau dans la région va reposer sur 3 piliers fondamentaux :

1. L'optimisation des flux d'eau virtuelle pour assurer la sécurité alimentaire.

2. Le développement du dessalement représente un enjeu technologique et financier majeurs.
3. La modernisation de la gestion de l'eau implique une évolution cognitive majeure.

Le développement de l'agriculture, quant à lui constitue, avec la sécurité alimentaire, un déterminant majeur de la stabilité et du développement social et économique. Il repose sur 3 impératifs majeurs :

- INNOVER (recherche génétique, pratiques agricoles)
- REINVENTER l'agriculture et l'alimentation
- PROMOUVOIR son intégration dans l'Espace Méditerranéen de la Science

L'aqua culture en croissance depuis 20 ans (50% de la consommation des produits de la mer) a nécessité la mise en réseau officielle et soutenue de tous les acteurs et à tous niveaux pour assurer le développement durable des pêches.

La menace qui pèse sur les espaces boisés impose de les intégrer dans un ensemble non seulement géographique mais aussi social.

L'espace urbain a été l'objet de bouleversements et de mutations majeures. A l'horizon 2025, les espaces urbains et périurbains compteront 80% de la population. Acte de planification de la ville et de son développement l'urbanisme durable reste à inventer, il faut en réhabiliter le sens et l'intégrer dans sa transversalité dans les programmes de recherche scientifique.

L'amélioration de la santé des populations est une composante essentielle du développement durable.

L'évolution des systèmes alimentaires, influencés par une urbanisation marquée et une littoralisation importante a été associée à une industrialisation

massive de l'alimentation, l'émergence explosive de la grande distribution, l'essor de produits alimentaires transformés et la large distribution des boissons sucrées.

La résultante de ces évolutions a conduit, en moins de 20 ans, à l'émergence explosive des maladies métaboliques (obésité, diabète) et leurs conséquences cardio-vasculaires qui font de la Méditerranée l'une des régions les plus touchées au monde (obésité de 20 à 40% de la population adulte, diabète +/- 10%).

Parmenides IV, tenue à Rabat en novembre 2011, a révélé l'importance des problèmes de santé publique liés à la qualité inégale de l'eau et la faiblesse des équipements sanitaires (25% des foyers ruraux sont dépourvus de structures hygiéniques de base).

Un grand programme Santé et Sociétés Méditerranéennes et ses 2 volets (Alimentation-Nutrition et Eau-Assainissement) s'appuyant sur un observatoire régional de santé et soutenu par un réseau de centres collaborateurs a été élaboré.

La réalisation de ces grands objectifs implique une contribution essentielle de la science. Il est essentiel d'améliorer la relation bidirectionnelle entre Sciences et décision politique. Ceci passe par une amélioration de la perception de la science notamment dans les pays du Sud et de l'Est Méditerranéen. La perception de la science par les jeunes est à cet égard un défi crucial que certains pays, tels le Maroc, ont entrepris de relever.

L'intégration des sciences humaines et sociales dans des objectifs de développement scientifique et technique constitue, avec les nouveaux outils de l'information numérique, une dimension essentielle de la diffusion des savoirs. Ajouter dans ce cadre



Photo de groupe lors de l'une des précédentes éditions du Programme Parmenides qui a vu la participation de quelques membres de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

la langue arabe à l'impératif de multilinguisme, contribuerait à construire l'Espace Méditerranéen de la Science, et serait bénéfique à la pratique scientifique endogène. Travailler à développer l'arabe comme une des langues scientifiques transméditerranéennes est l'espoir que nourrit le GID par l'extension prochaine de son site internet à la langue.

Question : Le chemin parcouru et les résultats obtenus confortent la crédibilité de ce partenariat scientifique qui doit participer à la construction du destin commun des deux rives de la Méditerranée. Quels sont vos chantiers d'avenir du GID?

Réponse : Construire un destin scientifique commun des deux rives de la Méditerranée, implique de construire la durabilité. Le sentiment fort de solidarité exprimé par l'ensemble des acteurs méditerranéens

des Conférences Parménides peut constituer, à cet égard, un ciment prometteur pour la construction d'une véritable union euro-méditerranéenne. Le succès des politiques de développement dépend, au-delà de leur association, des stratégies intégratives des disciplines qui y contribuent.

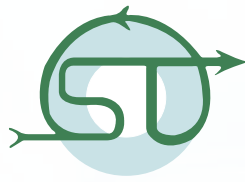
Le GID souhaite être un acteur important de cette intégration permanente, notamment celle des sciences humaines et sociales.

Il reste aussi à constituer un dialogue permanent entre le savoir scientifique, le développement technologique et la décision politique qui reste un enjeu capital rarement atteint de manière optimale. Il faut enfin développer les partenariats technologiques et situer leur rôle dans le cadre plus large du développement en cours du continent africain.

* * * * *



Appui à la recherche scientifique et technique



Réseau Théorie des Systèmes

**Synthèse des activités :
période 2007 - 2011**

Coordinateurs

Abdelhaq EL JAI¹ et Larbi AFIFI²

¹Laboratoire IMAGES, UPVD, France
²Faculté des Sciences Ain Chock
Casablanca



Historiquement l'activité de recherche en théorie des systèmes a commencé au Maroc, à la fin des années 70, avec la création de la première licence de Mathématiques Appliquées à la Faculté des Sciences de Rabat. Cette formation a été consolidée par la mise en place d'un CEA de contrôle optimal; puis un laboratoire de recherche en Contrôle Optimal créé en 1982 et qui a compté dès 1984 plus de 25 chercheurs. Son succès était dû, en particulier, à d'étroites collaborations et de nombreuses actions avec divers établissements étrangers dont l'INRIA. Des personnalités scientifiques ont fortement soutenu ses activités; c'est le cas de feus les Professeurs J.L. Lions (Collège de France) et A.J. Pritchard (GB).

S'il existe une activité scientifique pluridisciplinaire par excellence, c'est la théorie des systèmes. La théorie des systèmes se trouve à la frontière des mathématiques, de l'automatique et des sciences de l'ingénieur. C'est une science horizontale qui est présente dans divers domaines de recherche. On y développe des approches méthodologiques et des nouvelles techniques, mais on cherche aussi à améliorer des méthodes et des outils existants. Au niveau des applications, la théorie des systèmes peut apporter une aide à la décision pour un large public se trouvant aussi bien dans le secteur industriel, dans le domaine du vivant ou même dans le monde des affaires.

Le réseau de recherche qui s'est consolidé autour de cette activité (réseau TDS) est distribué géographiquement sur une dizaine de centres de recherche. Il s'est structuré en 2006 pour mieux participer à l'enrichissement de la science et au rayonnement de ce savoir qui se développe au Maroc. Ses missions sont en conformité avec celles de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques qui lui a apporté son soutien dès juin 2007.

Outre la mutualisation des moyens, notamment humains, les objectifs du réseau consistaient à :

- Rassembler les compétences scientifiques,
- Structurer la communauté de recherche,
- Faciliter la mobilité des jeunes chercheurs au sein du réseau,
- Promouvoir, au niveau national, la recherche scientifique,
- Développer des projets à partir des compétences au sein du réseau,
- Atteler la recherche dans le domaine de la théorie des systèmes à des réseaux ou sociétés savantes internationales,
- Promouvoir, au sein de ce réseau, le savoir et le savoir-faire, par la diffusion de la science développée par les chercheurs marocains au niveau des manifestations scientifiques nationales et internationales de premier plan.
- Soutenir la création de nouvelles unités de recherche,
- Orienter l'effort de recherche publique sur des thématiques et des enjeux stratégiques pour la pédagogie et les actions socio-économiques,
- Etablir des passerelles entre la recherche en théorie des systèmes (et les disciplines sous-tendues) et les préoccupations des secteurs économiques du pays.

Le réseau TDS est domicilié à la Faculté des Sciences Ain Chock de Casablanca. Il est dirigé par un comité de pilotage constitué d'un représentant de chaque centre de recherche du réseau.

Les chercheurs travaillant en théorie des systèmes sont, pour la plupart, membres des départements de mathématiques et informatique. Leur activité de recherche est à caractère fondamental et concerne, en bref, les aspects de modélisation, d'analyse et de contrôle des systèmes, avec un va-et-vient avec les applications. Pour l'essentiel, les chercheurs travaillent sur des systèmes dits distribués (ou spatio-temporels). De par ce fait, ils ont une culture assez vaste dans divers aspects des mathématiques (EDO et EDP, Analyse fonctionnelle et spectrale, Optimisation, Analyse numérique, etc.). L'ensemble du réseau compte, aujourd'hui, plus d'une centaine de permanents et chercheurs répartis dans les laboratoires partenaires suivants :

- **Faculté des Sciences de Casablanca Ain Chock.**
Le Laboratoire MACS (Modélisation, Analyse et Contrôle des Systèmes) et l'équipe Systèmes et Contrôle. Professeurs L. Afifi, K. Kassara, A. Chafiai et M. Bahadi, N. Amrhar, A. Baalal, S. Boujena, S. Boulite, A. Daoui, M. Hakam, K. Niri, B. Aylaj.
- **Faculté des Sciences de Casablanca Ben'Msik.**
Equipe d'Analyse et Contrôle des Systèmes, Laboratoire LAMS (Analyse, Modélisation et Simulation), Laboratoire TIM (Technologie de l'Information et Modélisation). Professeurs M. Rachik,

- A.Namir, J.Bouyaghroumni, E.Labrijj, N.Yousfi, N.Achtaich, A.Abkari, A.Bennar, M.El Asari, O.El Idrissi-Kacemi, O.El Kahlaoui, M.Laklalech, S.Saadi, K.Slimani, N.Tounsi, F.Lahmidi, A.Tragma, A.Abdelhak.
- **Faculté des Sciences de Meknès.** Laboratoire d'Analyse et Contrôle des Systèmes. Professeurs E. Zerrik, A.Boutoulout, K.Ztot, M.El Alami, H.Bourray, M.Ouzahra, A.Kamal, M.Raissouli, S.Benhlma, A.Faik, R.Laghrissi, K.El Yassini.
 - **Faculté des Sciences et Techniques de Tanger.** Equipes EMMC, MPPRN et LABTIC. Professeurs L.Azrar, A.Belfekih, A.Bernoussi, L.Chraibi, M.Amharref, A.Naji, H.Belhadj, J.E.Abdellaoui, A.El Moussaoui.
 - **ENS de Rabat.** ENS, Professeurs L.Berrahmoune, N.Ammor (Fac des Sciences).
 - **Faculté des Sciences Semlalia de Marrakech.** LMDP (Laboratoire de Mathématiques et Dynamique de Populations). Professeurs H.Bouslous, H.Hbid, E.Ait Dads, S.Amraoui, M.Bouaziz, K.Ezzinbi, M.Khaladi, F.Maghou, L.Maniar, A.Rhandi.
 - **Faculté des Sciences d'Oujda.** Laboratoire MATSI (Mathématiques Appliquées, Traitement de Signal et Informatique). Professeurs A.Ben Brik, A.Ouahab, S.Lahreh, A.Mbarki, D.Sbibih, O.Chakrone, A. Boutayeb, M. Azizi.
 - **Faculté des Sciences d'El Jadida et EST de Safi.** Laboratoire LINMA (Ingénierie Mathématique). Professeurs M.E.Achhab, A.El Bouhtouri, M.Laabissi, B. Abouzaïd.
 - **Faculté des Sciences et Techniques de Fès.** Laboratoire de Théorie des Systèmes Physiques. Professeur A.El Biyaali, M. Zouak.
 - **Le laboratoire IMAGES, de l'Université de Perpignan.** groupe LTS, Théorie des Systèmes. Professeur A.El Jai, S.El Yacoubi, M-CCSimon, S. Gourbière.

Le réseau Théorie des Systèmes s'inscrit dans un esprit de pluridisciplinarité et les diverses composantes de ce réseau sont amenées à collaborer avec des structures issues d'autres disciplines. Aujourd'hui, qui ne parle système ou de modèle? Qui n'est pas concerné par la science de la décision? etc. Ces quelques termes sont des mots-clefs en théorie des systèmes.

La théorie des systèmes consiste en un ensemble de techniques de raisonnement et d'outils mathématiques (c'est-à-dire une science) au service d'un système, en vue d'une meilleure description de ce système, d'une meilleure compréhension de son fonctionnement, pour une prise de décision adéquate. Ainsi la première étape de toute activité en théorie des systèmes suppose la connaissance d'un représentant du système, c'est-à-dire un modèle. La théorie des systèmes va donc abriter de nombreux champs disciplinaires.

- Cela va concerner d'abord la mise en place et l'écriture d'un modèle (**Modélisation**). Pour cela, il est nécessaire de rapprocher l'architecte du modèle et l'utilisateur du système afin de construire une maquette qui tienne compte du système réel et des lois qui le gouvernent.
- Il s'agira ensuite de s'assurer que ce modèle a un sens d'un point de vue mathématique (**Mathématiques**).
- L'automaticien cherchera, entre autre, à le rapprocher du système réel qu'il veut décrire en affinant certains paramètres; observation, identification, etc. (**Automatique**).
- Le numéricien va s'atteler à développer des méthodes adaptées pour le traitement numérique du modèle ainsi développé (**Analyse numérique**).
- Une fois le modèle ajusté, on le considérera comme un «bon» représentant du système réel. Il faudra alors raisonner sur ce modèle comme s'il était le véritable système réel en essayant de répondre à certaines questions : Comment évolue-t-il? A-t-il un comportement simple ou complexe? Quel sera son comportement à long terme? (**Etude de concepts, analyse et analyse asymptotique**).
- Si le système réel est conçu pour réaliser un objectif (en terme d'économie, de précision, de qualité, etc.) peut-on mettre en place des stratégies d'action pouvant réaliser cet objectif? Là, on entre dans le domaine de l'optimisation et du contrôle (**Optimisation et contrôle optimal**). Suivant le système considéré et l'objectif visé avec ses contraintes, on utilisera telle ou telle technique d'optimisation.

Le développement et le succès de l'activité de recherche en théorie des systèmes sont liés à la fois à la thématique scientifique elle-même et à un ensemble de conjonctures favorables.

Contexte scientifique

- Recherches croissantes sur la notion de système
- Innovation continue par l'introduction de nouveaux outils et de nouvelles techniques (Automates Cellulaires, Multi-échelles, ...)
- Confrontation : théorie / résultats
- Confrontation avec les approches d'autres disciplines

Contexte conjoncturel

- Motivations venant de problèmes réels
- Littérature et diffusion
- Pression des nouvelles problématiques
- Opportunité des projets (internationaux, vers des groupes d'intérêts différents)

Interdisciplinarité

- Activité sur les systèmes : une science horizontale
- La théorie des systèmes concerne plusieurs champs disciplinaires (franchissement de barrières culturelles)
- La complexité croissante des problèmes venant du monde réel
- L'exploration de problèmes nouveaux pouvant déboucher sur des développements de nouvelles méthodologies

Applications

- Environnement, écologie
- Santé, sciences du vivant
- Ingénierie, procédés biochimiques, biotechnologies
- Systèmes énergétiques, cristallographie
- Systèmes économiques, etc.

Les diverses réflexions sur les activités du réseau TDS montrent que sa pérennité est due à un certain nombre de facteurs qui sont : le caractère fondamental des diverses activités de recherche, la durabilité des activités en TDS, le sentiment de tous ses membres de faire partie d'une communauté performante et active et enfin l'interdisciplinarité. L'interdisciplinarité est une des explications du succès du réseau TDS. Les découvertes majeures du XXème siècle avaient intégré une composante de diversité scientifique, d'interdisciplinarité. Outre la théorie des systèmes, parmi les domaines qui avancent en s'appuyant sur l'interdisciplinarité: la santé, les changements climatiques, les neurosciences, la biologie, etc. L'interdisciplinarité est nécessaire car les problèmes du monde réel ne correspondent pas aux frontières disciplinaires académiques usuelles ! C'est pourquoi les grandes avancées scientifiques passent par des ouvertures interdisciplinaires. Mais l'interdisciplinarité nécessite une qualité essentielle : savoir regarder au delà des frontières scientifiques, alors que de nombreux scientifiques brillants et créatifs ne se soucient pas de ce qui est hors de leur discipline.

Activités durant la période 2007-2011

Le fonctionnement du réseau TDS est marqué par des actions qui permettent, entre autre, de dynamiser et d'innover scientifiquement, de motiver les chercheurs et de mobiliser de jeunes chercheurs. Parmi ces actions, on peut citer :

- L'organisation d'une conférence internationale, en mai 2009, au Palais des congrès de Fès. Les actes de cette conférence ont été publiés dans un ouvrage : *Systems theory, Modelling, Analysis and Control* (650 pages - ISBN : 978-2-5412-043-6. Editeurs : A. El Jai, L. Afifi, E. Zerrik). Voir ci-après.
- L'organisation de diverses manifestations scientifiques :
 - Journées d'Analyse et Contrôle des Systèmes : JACS3. Fac. Sc. de Ben'Msik. Casablanca. 10-11 Novembre 2006.
 - Dixièmes Journées Nationales de la Théorie des Opérateurs JTO 10, Faculté des Sciences Ain Chock, Casablanca 14-15 décembre 2007.
 - EPICASA07 : Formation Thématique Introduction à l'Epidémiologie : Modèles et Méthodes Mathématiques et Statistiques, Faculté des Sciences Ain Chock, Casablanca, 19-20 novembre 2007.
 - Modélisation, Analyse et Simulations : Approches Mathématiques et Applications. Faculté des Sciences Ain Chock, Casablanca 19-20 décembre 2008.
 - Smart Materials and Adaptive Modelling and Computation, Tanger, 14-16 Avril 2008.
 - Workshop Modélisation, Analyse et Contrôle des Systèmes (MACS4), Meknès, 16-17 Avril 2010.
 - Journée Sciences de l'Ingénieur, Faculté des Sciences Ben M'sik, Casablanca, 14 juillet 2010.
 - Rencontre Internationale : Méthodes Mathématiques et Modélisation, Faculté des Sciences Ain Chock, Casablanca, 5 novembre 2009.
 - EPICASA 09/10 : Formation Thématique Introduction à l'Epidémiologie, Faculté des Sciences Ain Chock, Casablanca, 5-15 avril 2010.
 - Workshop Modélisation, Analyse et Contrôle des Systèmes (MACS5), Tanger, 16-17 novembre 2011.
- Le parrainage de nombreuses manifestations scientifiques (dont Biomaths à Casablanca, Neurosciences, Daïet Erroumi, ...).
- Des rencontres – débats : Il y a eu plusieurs rencontres dont l'objectif était de débattre des diverses actions scientifiques et leur évolution: Meknès 2007, Casablanca en 2008 et 2009, Marrakech en 2009, etc.
- La participation du réseau, sous forme de sessions spécialisées, à plusieurs conférences internationales,
- Les publications dans des revues scientifiques internationales. Voir plus loin.
- Les réunions du comité de pilotage : le comité de pilotage s'est réuni à de multiples occasions et au moins deux fois par an.
- L'organisation de conférences destinées aux lycéens (classes terminales) pour les sensibiliser aux problèmes de la recherche scientifique (conférences du Prof. F. Gaudel à Fès, Meknès, Casablanca en avril 2010).
- L'organisation d'une caravane de la science (avril 2012) qui a concerné plus de mille lycéens.
- La mobilité des chercheurs.
- Le master MMS (Master Modélisation et Systèmes) domicilié à la Faculté des Sciences Ain Chock, Casablanca.
- Les échanges, les déplacements à l'étranger, l'accueil de visiteurs étrangers, etc.

- Robocon 2011. Le réseau TDS a sélectionné une équipe de quatre étudiants pour participer à la manifestation Robocon qui s'est tenue au MIT, Cambridge USA, du 25 juillet au 05 août 2011.



Equipe marocaine devant le Dôme du MIT

Travaux - Publications

En quelques chiffres, la production scientifique du réseau TDS compte de 2007 à 2011 :

- **262 publications internationales**, soit une moyenne de 52 publications par an (alors que cette moyenne était de 21 auparavant),
- **67 conférences nationales ou internationales**,
- **29 ouvrages** (ou chapitres d'ouvrage, éditions, etc.),
- **45 thèses de doctorat soutenues**.



Evolution des publications internationales du réseau TDS de 1990 à 2011

Les activités et les résultats concernent des recherches à caractère fondamental ou appliqué, et portent sur les thèmes principaux précisés auparavant. Cela concerne plus précisément :

- Modélisation et systèmes
- Analyse des systèmes
- Approches théoriques des systèmes et leur contrôle
- Applications

Ci-dessous les points principaux développés dans chaque thème et centre de recherche. La liste complète des publications et travaux est donnée dans une plaquette distribuée lors de la session plénière de l'Académie de février 2011.

1. Modélisation et systèmes

L'activité de recherche dans ce thème porte sur la mise en équation de certains phénomènes, l'étude de l'existence, l'unicité et la régularité des solutions des modèles considérés, ainsi que le comportement des solutions et leur simulation numérique. Cette activité a été poursuivie et illustrée par des applications. Ce thème est particulièrement étudié par les groupes de Tanger, Casablanca Ain Chock et Ben'Msik, Marrakech et Perpignan. Des résultats significatifs ont été obtenus; mais de nombreux problèmes motivés par des applications réelles restent encore à explorer.

La modélisation par automates cellulaires est conduite par les groupes de Perpignan et Tanger. Elle vise la modélisation des systèmes distribués par automates cellulaires, permettant une description plus simple de leur dynamique et une meilleure maîtrise de leur évolution. Des aspects d'analyse et de contrôle par automates cellulaires sont à l'étude. Diverses applications ont été traitées, en dynamique de végétation, cristallographie ou pour l'acidification des océans.

Composantes	Activités développées
Facultés des Sciences de Casablanca Ain Chock et de Casablanca Ben M'sik	Systèmes distribués discrets
Faculté des Sciences Semlalia de Marrakech	Equations à retard, modèles spécifiques
FST de Tanger et IMAGES Perpignan	Modélisation par AC, fuzzy AC, LB, modèles spécifiques

2. Analyse des systèmes

Les notions de contrôlabilité et d'observabilité ont été étendues. Diverses caractérisations ont été établies pour de nombreuses classes de systèmes distribués. On a également exploré des relations entre ces concepts et les notions de capteurs et d'actionneurs. Une classification des systèmes par rapport aux entrées-sorties (notion de domination) a été développée. Cette préoccupation est partagée par les groupes de recherche de Meknès, Casablanca et Perpignan. Des extensions à des problèmes non linéaires, en général, sont en cours.

Les concepts d'étalabilité, de remédiabilité et de vulnérabilité ont été développés et on y a exploré les définitions et caractérisations pour qu'un système distribué soit étalable, remédiable ou vulnérable. Ce thème est poursuivi essentiellement au laboratoire MACS de la faculté des sciences de Casablanca Ain Chock, ainsi qu'à Tanger et Perpignan. Divers travaux théoriques donnant lieu à des résultats significatifs ont été publiés et illustrés par des exemples. Des relations avec la structure des entrées-sorties ont été établies. Des applications en hydrogéologie sont en cours à Tanger.

La stabilité et la stabilisabilité régionale des systèmes (portant sur l'état ou son gradient), ainsi que la caractérisation de contrôle stabilisant ont donné des résultats significatifs. Ces concepts ont été étudiés pour diverses classes de systèmes (linéaires, paraboliques et hyperboliques, bilinéaires, etc.) Cette activité est centrée sur le groupe MACS de Meknès et l'ENS de Rabat ainsi que Tanger. L'analyse asymptotique, en général, consistant à étudier des concepts sur un horizon de temps infini (compensation, observateurs) a été poursuivie par les groupes de Meknès, Casablanca, Rabat et Tanger.

Composantes	Activités développées
Facultés des Sciences de Casablanca Ain Chock et de Meknès, IMAGES - Perpignan	Compensation, remédiabilité, domination Concepts asymptotiques Approche régionale des systèmes Etude via capteurs et actionneurs
Facultés des Sciences de Casablanca Ben M'sik, Semlalia de Marrakech et El Jadida, EST de Safi	Observabilité, observateurs, stabilité
ENS de Rabat	Stabilité, admissibilité
FST de Tanger	Etalabilité, vulnérabilité, stabilité régionale

3. Approches théoriques et contrôle

Dans ce thème assez général, l'activité concerne le développement d'outils théoriques pour l'analyse et le contrôle des systèmes. Cela porte sur les systèmes de dimension finie ou infinie, avec utilisation d'approche algébrique, de la théorie des opérateurs, de l'analyse fonctionnelle ou complexe, etc. Les groupes concernés par ces activités au sein du réseau sont ceux d'Oujda, de Tanger, de Marrakech et de Meknès. Ce thème qui est plus ancré en mathématiques pures laisse une multitude de champs à explorer.

Les problèmes de contrôle optimal constituent une activité conduite par les groupes de Meknès, de Casablanca, d'Oujda et de Marrakech. Le cas des systèmes linéaires avec critère quadratique ayant été acquis, on se préoccupe maintenant de situations plus complexes (systèmes semi-linéaires ou bilinéaires) motivées par des applications concrètes.

Composantes	Activités développées
Faculté des Sciences de Casablanca Ain Chock et FST de Tanger	Remédiabilité, contrôle protecteur
Faculté des Sciences de Casablanca Ben M'sik	Contrôle quadratique non standard
Faculté des Sciences de Meknès	Stabilisabilité régionale, optimisation, divers
Faculté des Sciences d'Oujda	Contrôle de systèmes non linéaires, interpolants, divers
Faculté des Sciences Semlalia de Marrakech	Contrôle de systèmes non linéaires, divers
IMAGES - Perpignan	Contrôle dans les AC

4. Applications

L'interdisciplinarité dans les approches en théorie des systèmes a tissé des liens avec d'autres structures de recherche pour la résolution (ou l'aide à la résolution) de problèmes réels. C'est ainsi que diverses applications en sciences du vivant, sciences de la terre et en environnement ont été étudiées.

C'est le cas, au sein des groupes de Casablanca Ain Chock et Ben M'sik, pour la modélisation en Immunothérapie, HIV, hépatite, tuberculose et imagerie médicale. A Marrakech et Oujda, des applications pour la modélisation de l'influenza, HIV/AIDS, Dengue, populations marines ont été étudiées. A Tanger, on a développé des modèles pour les matériaux piezzo-composites, les modèles de Timoshenko et en hydrogéologie. Enfin à Perpignan et en collaboration avec d'autres équipes, on s'est intéressé à l'étude de canaux d'irrigation, à la modélisation de la maladie de Chagas et au problème de l'acidification des océans.

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



Workshop Modélisation, Analyse et Contrôle des Systèmes, MACS5. 16-17 novembre 2011, Tanger

Cryptographie

Pr. Abdelmalek Azizi^{1,2}

¹ Membre correspondant de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

² Directeur du Laboratoire d'Arithmétique, Calcul Scientifique et Applications
Faculté des Sciences, Université Mohammed Premier, Oujda, Maroc



1. Introduction

Depuis longtemps, l'Arithmétique, la Géométrie et l'Algèbre ont joué et jouent encore un grand rôle dans notre vie courante. Le développement économique, social et culturel des différentes civilisations a été réalisé, entre autres, grâce au développement de ces trois disciplines de Mathématiques. Actuellement, le commerce électronique, les transmissions, les transactions bancaires, la sécurité des réseaux, la sécurité des fichiers et des bases de données, etc., se basent essentiellement sur ces trois disciplines à travers la Cryptographie et la Théorie des Codes.

Le but principal de ce projet est d'encourager et soutenir la recherche en Cryptographie et Théorie des Codes et leurs applications dans le domaine de la sécurité liée, entre autres, aux nouvelles Technologies de l'Information et de la communication.

2. Objectifs

- Sensibiliser les jeunes à l'importance du rôle des Sciences Mathématiques dans le développement scientifique, technique et socio-économique,
- Encourager la recherche en Cryptographie et en Théorie des Codes,
- Orienter les activités de recherche des Laboratoires d'Algèbre, de Théorie des Nombres et de Géométrie vers une recherche qui a des applications en Codage, en Cryptographie et en Sécurité.

3. Budget accordé par l'Académie Hassan II

1 ^{ère} tranche (2008-2009)	2 ^{ème} tranche (2009-2010)	3 ^{ème} tranche (2010-2011)
170000 Dhs	340000 Dhs	320000 Dhs

4. Axes de recherche

- Histoire de la Cryptographie au Maroc,
- Théorie des Nombres et ses Applications en Cryptographie et Codes Correcteurs,
- Géométrie et ses Applications en Cryptographie et Codes Correcteurs,
- Algèbre et ses Applications en Cryptographie et Codes Correcteurs
- Cryptographie Générale, Codes et Sécurité Informatique.

5. Actions menées

- Organisation de conférences dans la région orientale sur «*les mathématiques et les jeunes*» en particulier sur la cryptographie et ses applications en sciences et en ingénierie.
- Invitation de spécialistes en Cryptographie et Théorie des Codes pour donner des cours gradués aux étudiants de Master ou de Doctorat.
- Organisation des Écoles de recherche et des Congrès Internationaux.
- Encadrement de Thèses en Cryptographie, en Théorie des Codes, en Théorie des Nombres, en Algèbre et en Géométrie appliquées à la Cryptographie et au Codage.
- Octroi de cinq bourses d'une année renouvelable pour des Doctorants.

6. Réalisations

- Des spécialistes étrangers étaient invités pour animer des conférences ou des ateliers (C. Mauduit de L'IREM de Marseille, D. Lehmann de Montpellier, J. P. Delahaye de Lille, P. Dusard de Limoges, G. Frey d'Allemagne, Daniel C. Mayer d'Autriche, Jorge Jimenez Urroz d'Espagne, K. Myake du Japon, C. Levesque du Canada, ...).
- Édition et distribution des Conférences sur «*les mathématiques et les jeunes*» à l'échelle de l'Université et des Lycées de la région orientale.
- Distribution du film «Dimension» aux Lycées de la région orientale.
- Publications dans des revues indexées, communications dans des conférences internationales, soutenances de thèses, réalisation de logiciels d'applications en Cryptographiques,...

- Participation à des conférences Internationales au Maroc, en France, en Espagne, en Arabie Saoudite, en Tunisie, en Turquie, aux Émirats Arabes Unis, en Egypte...
- Organisation d'une École CIMPA de Cryptographie à Oujda en 2009.
- Participation à l'organisation du Workshop «Cryptographie, Théorie des Codes et leurs Mathématiques» à Meknès en 2010.
- Organisation du workshop «Théorie des Nombres, Codes, Cryptographie et Systèmes de Communications» du 26 au 28 Avril 2012 à Oujda.
- Organisation de rencontres avec le secteur socio-économique.
- Réalisation de projets de coopération dans les domaines de Cryptographie et Théorie des Codes avec des équipes de recherche à l'étranger: notamment avec l'université de Monastir en Tunisie et l'université de Limoges en France.

7. Résultats scientifiques

- Présentation des plus importantes phases de l'histoire de la cryptographie au Maroc: en particulier la cryptographie arithmétique qui a vu le jour au Maroc à la fin du 16^{ème} siècle.
- Développement du volet théorique des axes de recherche cibles dans ce projet.
- Réalisation de certaines Applications de la théorie des Codes sur les tours de corps de classes de Hilbert de certains corps de nombres et aussi sur certains types d'anneaux.
- Etude de certains Protocoles de la Cryptographie Quantique.
- Développement de la Cryptographie Elliptique se basant sur des groupes elliptiques définis par des courbes elliptiques à coefficients dans un anneau.
- Réalisations de Crypto-systèmes se basant sur certaines idées se trouvant dans l'histoire scientifique et littéraire du Maroc, ainsi que sur la structure de la poésie Arabe.

8. Résultats en Chiffres

Productions	Pub.	Comm.	Livres	Thèses soutenues
Nombre	≥ 40	≥ 70	6	8

9. Conclusion

Actuellement, la cryptologie (science étudiant la cryptographie et la cryptanalyse) est devenue un carrefour de plusieurs disciplines allant de l'arithmétique jusqu'à la physique quantique. Les moyens utilisés sont passés des simples ordinateurs aux supercalculateurs et peut-être demain aux ordinateurs quantiques, et ses applications se sont multipliées. Par suite, ce domaine mérite qu'on s'y intéresse et nécessite plus d'encouragement.

* * * * *

La Théorie des Nombres, les Systèmes de Communication et le Maroc

Pr. Abdelmalek Azizi^{1,2}

¹ Membre correspondant de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

² Directeur du Laboratoire d'Arithmétique, Calcul Scientifique et Applications
Faculté des Sciences, Université Mohammed Premier, Oujda, Maroc



Après les travaux d'Al Khawarizmi (~ 783-850) en Algèbre et en Arithmétique, et surtout ses contributions dans l'étude des équations du second degré et dans le **développement des techniques de calcul à l'aide du système décimal, d'autres travaux ont été enregistrés** au moyen Orient, en Egypte, au Maghreb et en Andalousie.

Dès le 10^{ème} siècle et après la naissance de la première dynastie du Maroc, la dynastie des Idrissides, les Marocains (commerçants, militaires, politiciens,...) s'étaient intéressés à développer les méthodes de calcul, l'écriture des entiers en utilisant de nouveaux symboles clairs ou non, le codage des nombres par des mots ou des phrases, le codage des lettres ou des mots par les nombres et aussi les méthodes de cryptographie classique ou numérique qui avaient été utilisées dans leurs systèmes de communication.

1. La Théorie des Nombres

Pour des besoins de calcul rencontrés, entre autres, dans certains **problèmes en héritage, en commerce**, en linguistique, en Astronomie et en Astrologie, les Marocains avaient développé certaines méthodes de calcul. Ils avaient commencé par inventer une nouvelle écriture des chiffres qui diffère de celle utilisée au moyen orient et inspirée de l'écriture de la langue Arabe. Cette écriture est bien celle utilisée actuellement dans le monde entier et qui est connue par les chiffres Arabes.

Ensuite, ils avaient abordé plusieurs questions en Arithmétique, en Algèbre et en Analyse Combinatoire et ils avaient démontré plusieurs résultats et développé plusieurs méthodes de calculs. En particulier, beaucoup de résultats étaient établis par Ibn Al Yassamin, Ibn Moneime et Ibn Al Banna avant le 14^{ème} siècle; suite à l'étude de certains problèmes linguistiques ou de cryptanalyse (pour plus de détails on pourra voir [6], [7], [8]) :

- En particulier, on trouve dans les livres d'Ibn al Banna les résultats suivants :

1. Combinaison de n lettres p à p

$$C_n^p = \sum_{k=0}^{n-1} C_k^{p-1}$$

2. Permutation de n lettres

$$P_n = n !$$

3. Permutation de n lettres avec répétition de lettres, , ..., fois

$$P_n^r = \frac{n!}{k_1!k_2!...k_p!}$$

4. Différentes lectures d'un mot de n lettres en permutant voyelles et sukun

$$S_n = 4S_{n-1} - 3S_{n-3}$$

5. Arrangement de n lettres k à k avec voyelles et sukun et leurs dispositions dans des tableaux

$$A_n^k = S_k \cdot P_k \cdot C_n^k$$

6. La formule longuement attribuée à Pascal (1623-1662)

$$C_n^p = \frac{n-p+1}{p} C_n^{p-1}$$

- On trouve aussi dans les livres d'Ibn Al Banna plusieurs autres questions qui avaient été étudiées en Algèbre et en Arithmétique comme la caractérisation des entiers naturels qu'on peut écrire sous la forme d'une somme de deux carrés d'entiers; en particulier, les Marocains savaient qu'au moins les nombres premiers congrus à 1 modulo 4 vérifient cette propriété. La réciproque de cette dernière proposition n'a été démontrée qu'au début du 20^{ème} siècle.

2. Codage

Les Marocains avaient utilisé plusieurs formes de codage des lettres, des mots et des phrases. On décrit quelques unes dont on aura besoin dans la suite :

- Le plus ancien codage des lettres de l'Alphabet Arabe au Maroc est un codage numérique qui diffère légèrement de celui du moyen Orient :

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ي	ط	ح	ز	و	ه	د	ج	ب	ا
200	100	90	80	70	60	50	40	30	20
ر	ق	ض	ف	ع	ص	ن	م	ل	ك
		1000	900	800	700	600	500	400	300
		ش	غ	ظ	ذ	خ	ث	ت	س

- Pour coder un mot ou une phrase, les Marocains comme tous les Arabes, avaient utilisé le calcul «Hissab Al Journal» qui est une fonction arithmétique qui fait correspondre à chaque mot, ou à chaque phrase, un entier naturel qui n'est rien d'autre que la somme des valeurs numériques des lettres constituant le mot ou la phrase. Cette fonction était utilisée pour écrire certaines dates (comme les années de naissance ou de décès ou bien certains événements importants) au milieu d'une phrase (généralement dans des vers de poésies).

- Un autre codage des lettres avait été utilisé par les Marocains du 18^{ème} siècle (voir [1]). Ce codage dépend d'un texte choisi et distribué dans les différentes cases d'une grille à n lignes et m colonnes : chaque case contient un mot ou une suite de lettres. En particulier, le codage d'une lettre consiste à la représenter par trois chiffres dont les deux premiers sont le nombre de la ligne et le nombre de la colonne où se trouve la lettre (définissant la case où se trouve la lettre) et le 3^{ème} chiffre c'est le rang de cette lettre parmi les lettres se trouvant dans sa case.

3. Cryptographie et systèmes de communication

Depuis des temps très reculés, l'Homme avait utilisé diverses méthodes et techniques pour envoyer un message secrètement. Ce sont des méthodes qui transforment le message en clair en un message incompréhensible ou qui cachent le message par une image, un texte ou autre, sans qu'une personne étrangère puisse s'en apercevoir. Ce sont des méthodes de Cryptographie ou des méthodes de Stéganographie.

Les méthodes de cryptographie se basaient et se basent en général sur certaines notions ou certains phénomènes difficiles, contraires à la logique, incertains, insensés ou incroyables.

Actuellement, la cryptographie moderne se base en partie sur certaines notions difficiles en Théorie des Nombres comme : la factorisation des grands nombres (RSA) ou le problème du logarithme discret (cryptographie elliptique) et aussi sur certains principes d'incertitude comme le principe d'incertitude d'Heisenberg en Cryptographie Quantique.

L'utilisation des notions difficiles ou contraires à l'ordinaire pour établir des algorithmes de Cryptographie était une tradition chez les Cryptographes Arabes. Ils avaient utilisé, entre autres, la poésie comme moyen de transmission et ont utilisé, par exemple, la difficulté d'écrire des vers de poésie (ou des morceaux de vers) suivant un modèle donné ou des vers qu'on peut lire de droite à gauche et en même temps de gauche à droite comme base d'Algorithmes de Cryptographie.

Ainsi, la poésie Arabe était un moyen de transmission, d'Information, de publicité et de cryptographie.

Les Arabes ont utilisé la cryptographie même avant l'Islam ; mais les piliers de la Cryptographie Arabe étaient bâtis par Al Khalil (718-786) et Al Kindi (801-873).

D'autres savants arabes avaient écrit des documents importants sur la Cryptographie notamment Ibn Dunainir (1187-1229), Ibn Adlan (1187-1268), Ibn ad-Duraihim (1312-1361) et Al-Qalqashandi (1355-1418) ([5], [9], [10], [11]).

Les Marocains, suite à l'étude de certaines questions linguistiques, mathématiques et astrologiques, avaient développé plusieurs méthodes cryptographiques pour

répondre à leurs besoins d'envoi de messages secrets (militaires, diplomatiques, scientifiques, distractions). En particulier, ils avaient utilisé les méthodes suivantes :

- Les méthodes de substitution et de transposition : parmi celles-ci, on trouve une méthode qui consiste à coder les lettres par des noms d'oiseaux et après codage des lettres on met le texte codé dans une poésie.
- L'utilisation de la fonction h « hissab Al Jommal » pour crypter des messages courts : on transforme le message à crypter par la fonction h ; on obtient un nombre qu'on décompose en produit de deux nombres n et m. Ensuite, on cherche des phrases et telles que $h() = n$ et $h() = m$ et on remplace le symbole de multiplication par son équivalent en langue Arabe. On obtient ainsi un texte qui pourra constituer le texte crypté (Cryptographie d'or inventée par le Sultan Ahmed El Mansour le doré à la fin du 16^{ème} siècle. Voir [3] et [4]).
- La troisième méthode consiste à utiliser le codage numérique par position : il se base sur l'utilisation d'un texte qu'on insère dans une grille, une lettre sera remplacée par trois chiffres qui représentent une position de la lettre dans la grille (on pense que cette méthode était utilisée pour crypter des messages au 18^{ème} siècle, on n'a pas de preuve mais on trouve des exemples de codage de textes clairs dans [1]).
- La quatrième méthode était utilisée vers la fin du 19^{ème} siècle : elle consistait à donner des valeurs numériques aux différentes lettres de l'alphabet et ensuite à transformer le texte clair en codant numériquement les lettres en les séparant par un point et les chiffres sont codés par les mêmes chiffres avec une barre au dessus. De plus, certains noms ou mots ou phrases importantes ont été codés par des chiffres (voir Voir [11]).
- Utilisation de la fonction « Hissab Al Jommal » pour signer, pour laisser une empreinte ou coder le nom de l'auteur : en particulier dans les poésies d'al Malhoun.
- Utilisation de signatures par stéganographie : cacher les lettres du nom du signataire dans un vers d'une poésie ou dans une poésie : les premières lettres des vers de la poésie ou bien les secondes lettres des mots d'un vers
- Utilisation d'un codage spécial des chiffres (Al Kalam al Fassi) par les juges et les notaires pour la sauvegarde des actes financiers ou d'héritage contre toute falsification possible.

Pour plus d'informations sur ces méthodes, on pourra voir [2], [3], [4].

4. Le génie Marocain d'autrefois

Toutes les Dynasties Marocaines avaient connu un vrai développement scientifique. En calcul, les résultats d'analyse combinatoire que les Marocains avaient développés avant le 14^{ème} siècle sont ceux qui avaient aidé Pascal à inventer la première calculatrice ou le premier petit ordinateur au monde. C'est ce qu'on avait raté entre autres!

En Codage, l'utilisation de la fonction «Hissab Al Jommal» pour coder ou laisser une empreinte du nom de l'auteur est une idée géniale; car certains types de fonctions du même genre sont encore utilisés en Cryptographie; ce sont les fonctions de hachage. Les idées arithmétiques utilisées par les Marocains en Cryptographie, comme la notion de factorisation des entiers, sont encore utilisables dans la Cryptographie moderne (méthode RSA). De plus, l'idée d'utiliser la Cryptographie pour la sécurité des actes financiers, d'héritage ou des transactions, est actuellement utilisée, entre autres, pour la sécurité des billets de banques.

Les réalisations Marocaines sont très remarquables et très utiles; elles sont comparables aux réalisations modernes et sont d'un grand intérêt comme le montre les deux exemples suivants :

- Au 18^{ème} siècle, la poésie d'Al Malhoun avait connu un grand développement avec l'introduction de la signature numérique de l'auteur (code ou empreinte). Pour plusieurs raisons, l'auteur cache son nom mais il laisse seulement une empreinte de cedernier. C'est le cas de la poésie «le juge القاضي» dont l'auteur est inconnu; il a laissé seulement une empreinte de son nom dans les deux vers suivants.

دير نص التا وزيد معها خمس الكاف * لأهل العقال الراجحين والغشما قلت حسابا
اسمي ما يخفى نظهره ما بين عشر الكاف * ما بين عشر ضاد معزول في الرمز أشكالكنا

Une équipe de la Faculté des Sciences d'Oujda a étudié cette question et a conclu que la signature numérique est «254». Ensuite, en utilisant une liste de tous les noms des poètes d'Al Malhoun de l'époque de parution de la poésie «le juge القاضي»; les membres de cette équipe ont cherché dans cette liste s'il y a un nom, un prénom ou un nom et un prénom dont le nombre associé par «Hissab Al Jommal» est égal à «254». Ils ont trouvé une solution unique qui est «Najar نجار» nom d'un grand poète Marocain d'Al Malhoun. Il est à noter que la possibilité pour la signature d'être égale à 204 a été écartée parce qu'ils n'ont pas trouvé de nom de poète d'Al Malhoun qui correspond par «Hissab Al Jommal» à 204 (sauf si c'est un poète inconnu).

- Un autre exemple, qui entre dans le même cadre du «droit de la propriété intellectuelle» et qui est un autre type de signatures utilisées par les Marocains, est le suivant :

Dans son livre «Ennough Almaghribi النوبغ», le savant Marocain Abdellah Guennoun avait donné une liste de travaux du poète Ahmed Al Ghazal du 18^{ème} siècle; en particulier, il avait cité la poésie religieuse «البواقيت الأدبية في الأمداح النبوية». Des années après, Ahmed Al Iraki, suite à une étude de cette poésie, avait remarqué qu'elle était signée par le nom «Al Mahdi Al Ghazal» nom du père de Ahmed Al Ghazal et qu'elle contenait aussi la date de sa finalisation :

La signature de la poésie était constituée des secondes lettres de chaque mot du vers suivant :

واغفر إل اهي لمن له مدح فيه بغرب وزنه ذا الكرم،

Tandis que l'année de sa finalisation qui est 1147, année de l'Hégire, est obtenue à l'aide du calcul «Hissab Al Jommal» du vers suivant :

وفي ظهور مين لها ظهرت تزهو بأمداح سيد الأمم.

Pour plus d'informations voir [1]

5. Situation Actuelle

On est loin d'être au niveau de nos ancêtres; mais plusieurs efforts personnels et collectifs sont déployés pour développer la Théorie des Nombres, la Théorie des Codes, la Cryptographie et les Systèmes de Communications. Le potentiel humain existe, les génies sont partout au Maroc et dans tous les domaines et les gènes de nos ancêtres savants se sont reproduits à travers leurs descendants. Ce qu'il faut, c'est l'encouragement, le soutien continu et une vision à long terme capable de conduire au développement scientifique de notre pays. Un soutien a été déjà accordé par l'Académie Hassan II, mais il doit être suivi par d'autres soutiens et encouragements de tout organisme qui se soucie de la sécurité des messageries, de la sécurité des transmissions, de la sécurité des bases de données, de la sécurité des transactions et de la sécurité de notre très cher pays; le Maroc.

References

- [1] Al Iraki, A. Ahmed El-Ghazal literary papers, رسائل أحمد الغزال الأدبية. Imprimerie Info-Print, Fès Maroc, 1999.
- [2] Azizi, A. Azizi, M. et Ismaili, M.C., Livre de recherche «Cryptographie : de l'histoire aux applications». Proceeding de cours, Ecole CIMPA de Cryptographie Oujda 2009. Travaux en cours 80, Hermann Editions 2012.
- [3] Azizi, A., Histoire de la Cryptographie Arabe au Maroc. Chapitre du livre «Cryptographie : de l'histoire aux applications». Travaux en cours 80, Hermann Editions 2012.
- [4] Azizi, A. and Azizi, M., Instance of Arabic Cryptography in Morocco. Cryptologia, 35: 1, pp. 47-57, 2011.
- [5] Ibrahim A. Al-Kadi, Origins of cryptology: The Arab contributions. Cryptologia 16 (1992), 97 - 126.
- [6] Djebbar, A., Les Mathématiques au Maghreb à l'époque d'Ibn Al-Banna. Actes du Congrès International Mathématiques et philosophie, Rabat 1982. Editeurs l'ARMATTAN Paris et OKAD Rabat 1987.
- [7] Djebbar, A., Une histoire de la science arabe. Editions du Seuil, 2001.
- [8] Djebbar, A., L'Algèbre arabe, Genèse d'un Art. VUIBERT-ADAPT, 2005.
- [9] Mrayati, M., Meer Alam, Y. and At-Tayyan, M.H., Arabic Origins of Cryptology, Vol. 1, 2, 3 and 4. Published by KFRCIS & KACST, Riyadh 2003.
- [10] Kahn, D., The Codebreakers: The Story of secret Writind. New York Macmillan, 1967.
- [11] Abdelhadi Tazi, Les Codes Secrets des correspondances Marocaines à travers l'histoire. Librairie Almaarif Aljadida, Rabat 1983.

**Accidents Vasculaires
Cérébraux ischémiques (AVCI) :
approche épidémiologique
et génétique**

Pr. Sellama NADIFI

Directeur du LGPM, Directeur du Centre
d'Études Doctorales en Sciences de la Santé
Faculté de Médecine et de Pharmacie,
Casablanca



Cet article présente une synthèse globale et une mise à jour des données disponibles sur les AVCI, ainsi qu'une actualisation des données sur l'épidémiologie et la génétique de ce groupe de maladies. Cette actualisation a été réalisée en se référant à des revues mondiales cliniques, épidémiologiques et génétiques (Projet mondial 'GWAS' sur les études d'association, des méta-analyses...). Cette synthèse peut être utilisée comme une base de données récente pour d'éventuelles études nationales et internationales sur les AVCI.

Introduction

En dépit des progrès remarquables réalisés au cours des dernières années en matière de traitement des accidents vasculaires cérébraux (AVC), ils présentent toujours une cause majeure de morbidité et de mortalité dans de nombreux pays.

Bien que cette pathologie ne s'avère pas toujours fatale, elle est souvent responsable de déficits fonctionnels (moteur, visuel, cognitif, etc ...).

Les AVC sont très fréquents dans les pays industrialisés. Ils présentent la 3^{ème} cause de décès en Amérique du Nord après les maladies cardiaques et le cancer. Au Canada, l'incidence annuelle est d'environ 1/1000 et de 10/1000 après l'âge de 65 ans. Cette incidence est moins bien élucidée dans les pays en développement en raison d'un manque de structuration adéquate de la gestion de ces patients.

Cependant, les chiffres actuellement disponibles indiquent une fréquence similaire à celles rapportées dans les pays industrialisés. Ces chiffres illustrent l'ampleur du problème comme étant un problème majeur de santé publique.

Les mécanismes physiopathologiques ne sont pas parfaitement élucidés. Ainsi, les déterminants génétiques et environnementaux sont loin d'être suffisamment compris et ne font pas l'objet d'un consensus international. Toutefois, l'identification de ces facteurs prédisposant aux AVC et à leurs complications présente une cible majeure de la recherche scientifique dans le but de mieux comprendre les mécanismes physiopathologiques de la maladie et éventuellement d'assurer une prévention et un traitement efficaces.

Définition et épidémiologie

L'AVC est un syndrome clinique qui décrit une série de troubles résultant de l'ischémie cérébrale focale. Une définition uniforme de l'AVC est indispensable pour les études épidémiologiques. En effet, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), a défini l'AVC comme «un développement rapide de signes cliniques localisés ou globaux de dysfonction cérébrale avec des symptômes durant plus de 24 heures, pouvant conduire à la mort, sans autre cause apparente qu'une origine vasculaire».

Un laps de temps arbitraire de 24 heures distingue l'AVC de l'accident ischémique transitoire (AIT) qui a la même définition mais qui dure moins de 24 heures. Les deux formes sont considérées comme un continuum, toutefois des études de neuro-imagerie ont montré que de nombreux cas de AIT sont accompagnés d'un infarctus cérébral.

L'AVC est considéré comme un syndrome présentant un ensemble de processus pathologiques qui se traduisent tous par une ischémie cérébrale. Les différents processus présentent différents phénotypes cliniques, mécanismes étiologiques et facteurs de risque. Par conséquent, en recherchant les causes étiologiques sous-jacentes, y compris les causes génétiques, la classification la plus appropriée des AVC se fait à travers des sous-types physiopathologiques.

De nouvelles techniques d'imagerie du cerveau et du système vasculaire ont amélioré la capacité de préciser le phénotype ou le sous-type d'AVC. Une classification qui a été largement utilisée est celle de l'Oxfordshire Community Stroke Project (OCSP), une classification qui divise l'infarctus cérébral en quatre catégories: Infarctus antérieur total (TACI), Infarctus antérieur partiel (PACI), Infarctus lacunaire (LACI) et Infarctus postérieur (POCI). Cette classification est basée sur une combinaison de la position apparente des symptômes, des signes cliniques et la physiopathologie. LACI représente un sous-type

physiopathologique particulier alors que les TACI et PACI peuvent inclure des patients ayant subi une sténose carotidienne ainsi que les patients ayant subi un AVC cardio-embolique. Pour cette raison, cette classification est moins bien adaptée aux études étiologiques.

Les trois principaux mécanismes qui causent les AVC sont: la thrombose, l'embolie et l'ischémie globale. Tous les AVC ischémiques ne rentrent pas parfaitement dans ces catégories et la liste des entités responsables de syndromes inhabituels des AVC est très longue. Cependant, un vasospasme artériel et certaines formes d'artérite présentent des causes rares de l'AVC.

L'athérosclérose est la caractéristique pathologique la plus commune de l'obstruction vasculaire entraînant un AVC thrombotique. La plaque athéromateuse peut subir des changements pathologiques tels que des ulcérations, thromboses, calcifications et hémorragie intra plaque. La susceptibilité de la plaque de perturber, de fracturer ou s'ulcérer dépend de la structure de la plaque, sa composition et sa cohérence.

La perturbation de l'endothélium qui peut se produire dans le cadre de l'un de ces changements pathologiques initie un processus complexe qui active de nombreuses enzymes destructrices vasoactives. Par la suite, l'adhésion et l'agrégation plaquettaire à la paroi vasculaire induit la formation de petits nids de plaquettes et de fibrine. Les leucocytes qui sont présents sur le site, peuvent conduire en 1 heure à une réponse inflammatoire.

En plus de l'athérosclérose, d'autres états pathologiques provoquent une occlusion thrombotique d'un vaisseau, il s'agit de la formation de caillots lié à une hypercoagulabilité, puis à une dysplasie fibromusculaire, une artérite voir la dissection de la paroi du vaisseau. Contrairement à l'occlusion des grands vaisseaux athérosclérotiques, l'infarctus lacunaire survient à la suite de l'occlusion des artères cérébrales profondes qui ont un diamètre de 100 à 400 µm.

Pourquoi s'intéresser aux AVC?

L'AVC est un problème majeur de santé publique avec une gravité qui augmente de façon régulière avec le vieillissement de la population. Il s'agit de la 2^{ème} cause de décès dans le monde entier et la 3^{ème} cause de mortalité aux États-Unis après la crise cardiaque et le cancer. Aux États-Unis, 700.000

AVC responsables de 165.000 décès se produisent chaque année dont 500.000 sont accidentels et 200.000 sont récurrents. Environ 4,5 millions de survivants d'un AVC sont en vie aujourd'hui, dont plus d'un million avec une invalidité résiduelle significative.

Au Maroc, l'AVC présente une prévalence de 4,1/1000 qui rejoint celles enregistrées dans les pays en développement. Par ailleurs, 25% des décès se produisent dans le premier mois après l'attaque contre 40% dans la première année. D'autre part, 21% des patients marocains présentent une histoire familiale d'AVC.

Les AVC sont une des principales causes d'incapacité dans la communauté. Il s'agit de la principale cause d'incapacité neurologique chez l'adulte ce qui se répercute sur les dépenses du système de santé. Dans le Royaume-Uni, les AVC comptent pour environ 5% de l'ensemble des coûts hospitaliers et 12 % des dépenses de santé lorsque les coûts de soins communautaires sont inclus. Par conséquent, de petites baisses de l'incidence des AVC aura de grands bénéfices sur la population.

Des études épidémiologiques ont permis d'identifier un grand nombre de facteurs de risque avec des proportions variables. Plusieurs de ces facteurs pourraient être modifiées par un changement de style de vie ou des traitements pharmacologiques spécifiques. Cependant, l'interprétation des études épidémiologiques sur les AVC est entravée par un certain nombre de difficultés.

L'AVC est une maladie multifactorielle, lié à une série de facteurs, qui, quand ils sont présents simultanément, peuvent être responsables d'un risque significatif. Les maladies multifactorielles nécessitent une évaluation du risque multigénique et une identification des personnes à risque génétique élevé. Ainsi, il est indispensable de chercher les polymorphismes et les mutations liés à ce risque. La recherche des facteurs prédisposant à l'AVC, nécessite une approche globale intégrant le génotypage, l'exploration des facteurs environnementaux et l'évaluation précise des manifestations cliniques de la maladie.

Une meilleure compréhension des mécanismes physiopathologiques est importante dans cette approche qui dépendra par la suite de la sélection judicieuse des gènes candidats, l'analyse des phénotypes pertinents et l'évaluation des facteurs susceptibles d'influencer les effets génétiques.

L'identification des gènes de susceptibilité aux AVC et la quantification des risques associés, ont été entravés par des résultats contradictoires des études cas-témoins de faible puissance. Les facteurs génétiques pourraient agir, en modulant les effets des facteurs de risque classiques sur les organes cibles ou, par un effet direct indépendant. Les études sur la génétique des AVC présentent quelques difficultés méthodologiques. De nombreux gènes impliqués dans la motilité vasculaire, la coagulation ou le métabolisme des lipides sont étudiés pour leur association avec les accidents cérébrovasculaires.

Les principaux facteurs génétiques prédisposant aux AVC ne sont pas des mutations rares et ne répondent pas aux lois de Mendel classiques. Le syndrome de CADASIL est la seule pathologie monogénique associant un AVC due à une mutation rare de transmission dominante. Les autres mutations ne sont pas associées à un risque individuel significatif. Cependant, leurs fortes fréquences alléliques à des loci différents et leur présence simultanée chez le même individu peuvent induire un risque relativement élevé.

Une récente méta-analyse qui a étudié 36 gènes a révélé que seuls quelques gènes avaient un lien étroit avec un $P < 0,001$, en particulier les gènes MTHFR, FV, FII, ACE, ApoE, ENOS, LPL, ENOS, ALOX5A, PDE4D et APOA5, PON3, PAI1.

Nous nous sommes intéressés à neuf gènes (MTHFR, FVL, FII, ACE, APOE,) analysés chez 400 individus marocains dont 200 patients d'AVC et 200 témoins. Les résultats préliminaires de la population saine ont montré une absence ou une faible fréquence de certaines mutations. Une analyse de l'ensemble des gènes sélectionnés a été réalisée dans la population marocaine saine et a été comparé à l'ensemble des populations mondiales.

En utilisant les fréquences alléliques, le calcul des distances génétiques entre la population marocaine et d'autres populations a révélé une variabilité indépendante de ces polymorphismes et nous a permis de parler des particularités de la population marocaine comme étant une population intermédiaire entre les populations caucasienne, africaine et orientale.

En effet, les facteurs environnementaux pourraient faciliter l'expression phénotypique de ces allèles de prédisposition, soit parce que le polymorphisme génétique affecte des voies métaboliques dépendant de la présence de substrats apportés par l'environnement, soit parce que la modification de l'expression d'un gène induite par un facteur environnemental est affectée par le polymorphisme. Ainsi, la caractérisation des interactions entre facteurs environnementaux et génétiques constitue une clé de la compréhension de la pathogenèse de l'AVC.

* * * * *

Electronic calibration of the ATLAS liquid argon calorimeter and analysis using the first LHC data

Mohamed Gouighri

University Hassan II of Casablanca

Quelques mois à peine avant la découverte du boson de Higgs par les chercheurs du CERN le 4 juillet dernier, la Faculté des Sciences Aïn Chock-Casablanca a vu la présentation des travaux de recherche du jeune chercheur Mohamed Gouighri, devant un Jury International, présidé par le professeur Omar Fassi-Fehri, Secrétaire perpétuel de l'Académie HASSAN II des Sciences et Techniques.

Les travaux de recherche, à la frontière de la connaissance et de la technologie, menés par Mohamed Gouighri, ont couvert plusieurs aspects du programme de recherche de l'expérience ATLAS du Centre Européen de Recherche Nucléaire (CERN: <http://www.cern.ch>). ATLAS est un détecteur polyvalent, conçu pour couvrir les aspects les plus divers de la physique au Large Hadron Collider (LHC), de la recherche du boson de Higgs à celle de la super symétrie en passant par la quête de dimensions supplémentaires. Il est à noter que le concept de masse n'a jamais été élucidé: comment les particules ont-elles acquis leur masse et qu'est ce qui lie la masse à l'énergie? La théorie prévoit l'existence d'une nouvelle particule, le boson de Higgs. ATLAS a ainsi été conçu pour répondre à cette question fondamentale, clé de voûte, pour comprendre la matière et l'Univers. Le détecteur ATLAS est le plus grand détecteur jamais construit par l'Homme: cylindre de 44 mètres de longueur, 25 mètres de diamètre et pesant plus de 7000 tonnes, son coût global est estimé à 340 millions d'euros.

Travaillant à la limite de la connaissance scientifique et à la frontière de la technologie, le détecteur ATLAS a été construit avec des technologies qui ont été mises au point par la collaboration elle-même; de ce fait l'expérience ATLAS est un défi technologique que l'ensemble de la collaboration a su relever. La grande majorité des technologies utilisées n'existaient pas il y a une quinzaine d'années. Ces nouveaux développements techniques trouvent leur application d'ores et déjà dans divers domaines de la vie quotidienne allant du sèche-cheveux à l'étude de la rétine de l'œil. Dans ce sens, nous pouvons citer quelques innovations techniques telles que l'imagerie médicale, l'étude des protéines et de nouveaux matériaux à l'aide de nouveaux détecteurs de rayons X, la grille de calcul... Ces développements ont nécessité, sur plus d'une dizaine d'années, la conception et la construction de prototypes de plusieurs composants d'ATLAS, et chaque composant n'est adopté par la collaboration qu'après une multitude de tests rigoureux. <http://www.atlas.ch/transfers>.

Les deux axes principaux des recherches de Mohamed Gouighri ont concerné :

1. l'étalonnage du Détecteur ATLAS. Cet étalonnage est réalisé régulièrement afin de déterminer la réponse

de l'ensemble du détecteur ATLAS a des signaux de référence. L'étalonnage permet aussi le suivi de la stabilité de plus de deux millions de canaux de mesure dont 200000 sont directement liés au calorimètre électromagnétique à Argon liquide. Le calorimètre électromagnétique sert à mesurer avec une grande résolution l'énergie emportée par les particules, une partie de ce calorimètre à Argon liquide a été construite au Maroc entre 1997 et 2003. M. Gouighri a participé à l'automatisation de ces procédures de calibration et d'étalonnage et plusieurs de ses codes informatiques qu'il a développés font partie actuellement du code informatique général d'ATLAS.

2. la physique des mésons B, particules constituées entre autres d'un quark b (beauté). L'étude de ces canaux est d'une grande importance pour la compréhension des symétries des constituants élémentaires de la matière et aussi de l'univers.

En effet au tout début de l'Univers, la matière et l'antimatière existaient en quantités égales; si l'une était l'exact symétrique de l'autre à l'exception de la charge électrique et quantique qui sont opposées, ils auraient dû s'annihiler totalement pour ne laisser que de l'énergie. Pourquoi alors reste-t-il un excès de matière qui a pu former les galaxies, le système solaire avec notre planète et nous-mêmes? Détectées et même produites auprès des accélérateurs et des rayons cosmiques, ces particules d'antimatière semblent largement absentes de l'univers. Pourquoi? On pense que très tôt après le Big Bang, il existait autant de particules que d'antiparticules. Elles se seraient mutuellement annihilées en créant des photons, à l'exception d'une infime fraction (1 pour dix milliards) excédentaire de particules qui constituent la matière actuelle. Les photons produits circulent encore, c'est le fameux rayonnement fossile qui remplit l'Univers.

Les travaux de Mohamed Gouighri ont fait l'objet de six publications personnelles, de plus d'une trentaine de publications cosignées dans des revues internationales indexées à fort facteur d'impact, ainsi que plus d'une trentaine de présentations orales dans des réunions de groupes de travail des conférences et séminaires. Le jury a été unanime sur la qualité du travail et sur celles du jeune chercheur Mohamed Gouighri. Il lui délivre le titre de Docteur ès-sciences Physique avec la mention très honorable et les félicitations du Jury.



M. Le Secrétaire Perpétuel, Pr. O. Fassi-Fehri (Président du Jury) annonçant les résultats des délibérations du Jury de thèse de M. Gouighri.

L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques apporte son soutien à ces travaux, à travers son programme national de financement de la recherche scientifique; en effet Mohamed Gouighri a été sélectionné, suite à un appel à candidature national, par un comité international pour bénéficier d'une bourse de l'Académie d'une année au CERN à Genève afin de finir ses travaux entamés au Maroc dans un contexte international unique au monde et aussi renforcer la présence du Maroc au sein du plus grand laboratoire de recherche au monde. Il a aussi bénéficié d'une bourse de trois mois au CERN financée par la Fondation CARNOT. Il est à noter que la Fondation «Partager le Savoir» a assuré l'organisation et l'appui logistique au CERN et au Maroc pour la sélection et la mise en place de cette bourse.

Coopérer avec le CERN

Plus grand centre de physique des particules du monde, le CERN compte 23 États membres européens, mais de nombreux pays non européens tels ceux bénéficiant du statut d'observateur (Chine, États-Unis, Inde, Japon, Russie, Turquie) ou d'organisation (UNESCO) participent à ses activités. Par ce statut d'observateur, ils contribuent sous des formes diverses à son fonctionnement et à son développement. Bien que n'étant ni membres ni observateurs, de nombreux États participent à des programmes de recherche de l'organisation ou à des accords de coopération.

Les programmes de recherche du CERN impliquent plus de 8900 chercheurs, de 562 Institutions, issus de 59 pays des cinq continents.

Toutes les expériences sont conduites par des collaborations internationales, qui peuvent atteindre jusqu'à 3000 chercheurs (expérience ATLAS ou CMS) de dizaines de nationalités. Le Maroc a été le seul pays Arabe et Africain membre de cette collaboration depuis 1996, l'Afrique du Sud ayant rejoint cette collaboration en 2010.

La participation marocaine passe par le pôle de compétences Réseau Universitaire de Physique des Hautes Energies (RUPHE), sous la tutelle du Centre National de la Recherche Scientifique et Technique (CNRST): ruphe.fsac.ac.ma. Elle a permis à plus d'une vingtaine d'enseignants-chercheurs de développer de nouvelles compétences en microélectronique, informatique et grille de calcul, physique nucléaire et physique des hautes énergies... Les retombées pour la formation se sont traduites par la qualité des filières d'enseignement mises en place au sein des universités marocaines membres du pôle de compétences RUPHE (<http://ruphe.fsac.ac.ma>). Plus d'une vingtaine d'étudiants marocains inscrits au Maroc ont préparé leur doctorat au sein de cette expérience, et une vingtaine d'autres sont en cours. Grâce à la grille de calcul MAGRID (mise en place par le CNRST, notamment à travers Eumedgrid et Eumedconnect) qui relie l'ensemble des universités marocaines à la grille LCG (<http://wlcg.web.cern.ch/>), les chercheurs marocains d'ATLAS disposent des données en temps réel, à l'instar des autres membres de la collaboration. Ils l'utilisent régulièrement, ce qui leur permet de disposer des possibilités des gros centres de calcul de l'ensemble des pays développés. Le Maroc est l'un des rares pays du monde arabe et africain qui dispose d'une grille de calcul opérationnelle. Cette grille de calcul a été renforcée cette année grâce à une donation du CERN de 161 serveurs qui vont équiper les nœuds grille des Universités du RUPHE avec un nœud principal au CNRST.

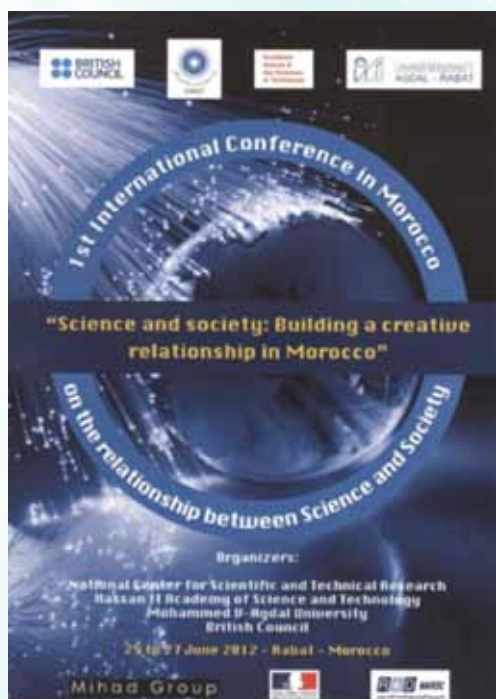


Activités de l'Académie

**Colloque Sciences et société : construire des rapports créatifs au Maroc
Rabat, 25-27 juin 2012**

L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, l'Université Mohammed V-Agdal et le Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique ont organisé les 25, 26 et 27 juin 2012 à Rabat, en collaboration avec le British Council et le service de coopération culturelle de l'Ambassade de France au Maroc, un colloque intitulé «**Sciences et Société: construire des rapports créatifs au Maroc**». Plusieurs spécialistes venus de différents horizons ont pu exposer les expériences propres à leur pays et débattre de différentes questions dans le cadre des ateliers et tables rondes organisés pour la circonstance. L'occasion a été notamment donnée à l'Université Mohammed V-Agdal de présenter un projet de création de musée d'histoire naturelle dont l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques est partenaire avec d'autres organismes nationaux et internationaux. Ce musée, prévu pour être au cœur d'un système de réseaux internationaux de partenariats, a pour enjeux la protection de la biodiversité et le développement durable. Ses missions concernent la diffusion des connaissances et l'action éducative et culturelle à l'intention de tous les publics, la conservation et l'enrichissement des collections issues du patrimoine naturel et culturel national, la recherche fondamentale et appliquée ainsi que l'enseignement et l'expertise.

Monsieur le secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques a prononcé à l'occasion de ce colloque une allocution lors de la séance d'ouverture dont nous présentons le texte de la transcription ci-après.



Allocution d'ouverture prononcée par M. le Secrétaire Perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

Monsieur le Président, messieurs les directeurs, monsieur le Doyen, Mesdames-messieurs, chers collègues.

Je voudrais tout d'abord souhaiter la bienvenue à tous les collègues venus de l'étranger, notamment du Royaume-Uni, de Suisse, de France, d'Egypte. Je souhaite également la bienvenue à tous les académiciens, à tous les chercheurs et professeurs que nous avons invités et je remercie tous les participants à cette manifestation organisée par l'Université Mohammed V-Agdal, le Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique, le British Council, le service de coopération culturelle de l'Ambassade de France et l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques. Je remercie enfin tous les organisateurs et tous les organismes ayant participé à la préparation de cette rencontre et leur souhaite encore une fois la bienvenue.

Chers collègues, mesdames-messieurs.

L'importance du thème choisi «Science et Société : construire des rapports créatifs au Maroc» n'échappe à personne. En effet, nous sommes quotidiennement interpellés par la science, d'abord dans le cadre de nos connaissances et de notre compréhension de la nature, en suite dans le cadre de notre mode de vie, de notre confort, de notre santé, de notre alimentation. Bref, la science est présente dans notre vie à chaque instant.

Les technologies que les avancées et les résultats scientifiques permettent de réaliser et de concevoir influencent directement notre vie et nos sociétés. Ils influencent également nos décisions politiques. Tout le monde a suivi les débats intervenus ces derniers jours à Rio. Les questions environnementales, les questions énergétiques sont directement influencées par l'opinion des scientifiques et les résultats de la science; sans multiplier les exemples, je rappellerai uniquement le cas du nucléaire. Est-ce pour autant que notre vie est plus tranquille, plus apaisée? C'est à voir! Y a-t-il une certitude quant à l'importance de la science comme outil de développement social et culturel? Y a-t-il des craintes, plus ou moins fondées, quant à de potentielles retombées négatives de certaines technologies innovantes.

On peut voir un peu plus en détail le cas d'un pays comme le Maroc. Et on peut également se poser légitimement une question : que pense le peuple de ce pays, le peuple marocain, de la science? Certes, nos peuples s'intéressent incontestablement aux progrès de la science et de la technique et tiennent à en bénéficier,

pour preuve, les progrès constatés dans le domaine médical. Egalement tout l'intérêt porté à l'internet aujourd'hui, au téléphone mobile. Mais faut-il pour autant se contenter seulement de consommer-je parle du cas de pays comme le Maroc- les produits conçus, créés à l'étranger et vendus par l'étranger. La confiance du citoyen dans la science et le progrès technique viendra le jour où il sera convaincu que l'élite et la communauté scientifique de son pays est en prise avec la réalité du pays, avec ses besoins. Et qu'il constate que la science est un outil de développement du pays permettant de valoriser au mieux ses ressources.

On peut rappeler une définition donnée au sous-développement : «le sous-développement décrit l'état d'incapacité de la société à tirer bénéfice de façon optimale des ressources disponibles». Dans le cas du Maroc, on peut penser aux ressources minières (le phosphate), aux ressources halieutiques, au tourisme et d'autres ressources. Le développement signifie non seulement l'amélioration des indicateurs concernant la consommation sur le plan agricole, sur le plan industriel, sur le plan des services, mais aussi il signifie (le développement) la prise en compte des indicateurs de création, des indicateurs d'innovation : combien de livres/an nous éditons? Combien de publications scientifiques dans des revues indexées nous publions par an? Quel est le nombre de citations, le nombre de brevets enregistrés au niveau international? Combien nous consacrons à la recherche dans notre PIB?

Moderniser notre pays c'est, certes, informer le citoyen sur les progrès de la science -et là, pour le cas du Maroc, je veux signaler l'importance du rôle joué par un organisme comme celui de l'IMIST concernant cette question; moderniser et mettre à niveau le pays, c'est aussi développer chez le citoyen la culture scientifique, la culture de la science qui lui permet de comprendre comment il peut tirer profit de la science pour améliorer sa vie quotidienne.

Chers collègues, mesdames-messieurs,

Au cours des trois journées qui vont suivre, nos éminents invités auront à cœur de débattre de ces questions et certainement de nombreuses autres. Nous souhaitons le meilleur succès à votre conférence et nous suivrons avec intérêt ses débats et ses résultats.

Merci pour votre attention.

Les journées “les jeunes et la science au service du développement” Edition 2012



Fidèles aux orientations de Sa Majesté le Roi Mohammed VI, que Dieu L'Assiste, notamment pour la promotion de la jeunesse, l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, et le Ministère de l'Education Nationale, ont organisé l'édition 2012 des journées “les jeunes et la science au service du développement”. La thématique principale retenue pour cette année s'inscrit dans le cadre de la décision prise par l'ONU et l'UNESCO de faire de l'année 2012 “l'année internationale de l'Énergie durable pour tous”.

Les journées “les jeunes et la science” sont une opportunité pour sensibiliser les collégiens et les lycéens du rôle que jouent la science, le savoir, la technologie et l'innovation dans le processus du Développement Humain. Ces journées sont aussi une occasion pour mettre l'accent sur l'importance de disposer d'un accès durable aux différentes sources d'énergie, notamment les énergies renouvelables, tout en optimisant l'efficacité énergétique. Ces journées se donnent aussi comme objectif, entre autres, le développement de la culture scientifique parmi notre jeunesse pour la formation de l'élite scientifique et citoyenne de demain.

Communément, l'énergie durable est “l'énergie permettant de répondre aux besoins du moment sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins”. Dans les sources d'énergie durable, on classe habituellement toutes les sources d'énergies renouvelables, comme l'hydroélectricité, l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie marémotrice, l'énergie géothermique ou encore l'énergie issue de la biomasse. Il est d'usage d'y inclure aussi les technologies permettant d'améliorer l'efficacité énergétique.

L'accès à l'énergie propre, abordable et fiable reste parmi les défis majeurs qui entravent le développement, de par son impact sur la productivité, la santé, l'enseignement, les changements climatiques, la sécurité alimentaire et la sécurité de l'approvisionnement en eau ainsi que les services de communication.

Depuis plusieurs années, le Maroc cherche à adapter sa croissance économique, consommatrice d'énergie, à ses objectifs en matière de développement durable, tout en essayant de limiter sa dépendance aux importations «énergétiques» qui s'élèvent à 95% de ses besoins.

Sous l'impulsion de Sa Majesté le Roi Mohammed VI, que Dieu L'assiste, le Royaume du Maroc s'engage dans un programme ambitieux pour exploiter les gisements en matière d'énergies renouvelables. En effet, deux programmes gigantesques sont en cours de réalisation pour produire 2000 mégawatts d'électricité solaire et 1500 mégawatts d'électricité éolienne.

Grâce à cette stratégie, le Maroc se donne comme objectif d'assurer 42% de ses besoins énergétiques à partir des énergies renouvelables, à l'horizon 2020.

Comme par le passé, les Collèges Scientifiques de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques et les Académies Régionales de l'Education et de la Formation, animeront, à travers les différentes régions du Royaume, au sein notamment des collèges et des lycées, des conférences, des ateliers ainsi que des visites de laboratoires et d'entreprises, des sorties de découverte de la nature, des projections de films documentaires, etc...

Ces journées sont organisées avec le concours des Universités, du Centre National de la Recherche Scientifique et Technique, du Service de Coopération et d'Action Culturelle de l'Ambassade de France au Maroc, de L'Office National de l'Electricité et de l'Eau, de l'Association R&D Maroc et de la Fondation Kids pour les sciences et l'éducation.

Ci-après, une présentation sommaire de quelques conférenciers de renom invités à l'inauguration des manifestations de l'édition 2012 des journées "les jeunes et la science au service du développement".



Mark A. Norell

«L'assemblée des oiseaux : comment les fossiles nous permettent de comprendre l'évolution et l'origine des aviens modernes»

Mark A. Norell est conservateur et président de la division de la paléontologie au Musée Américain d'Histoire Naturelle de New York. Ses recherches portent sur l'identification de nouveaux dinosaures et le déchiffrement des modèles de croissance, l'étude des relations entre les petits dinosaures carnivores et les oiseaux modernes, et le développement de la méthode d'approche des fossiles en utilisant la tomodensitométrie et l'imagerie informatique.

Mark Norell a mis l'accent sur la façon dont une combinaison de nouvelles découvertes de fossiles, des instruments et des méthodologies ont changé

notre façon de voir les oiseaux, qui sont désormais considérés comme un groupe contemporain de dinosaures vivants, dont certains parents partagent un grand nombre de leurs attributs.



Henri Boyé

«Energies renouvelables : nouveaux défis de demain, rêve ou réalité?»

Henri Boyé est ingénieur de l'école Polytechnique et du Corps des ponts, des eaux et des forêts. Il a passé sa carrière dans l'énergie et l'environnement, d'abord au ministère de l'industrie en sécurité nucléaire et économies d'énergie notamment, puis à EDF où il devient directeur Afrique et Méditerranée, puis délégué général Maroc et président de TEMASOL (filiale d'EDF et Total en électrification rurale photovoltaïque).

Aujourd'hui membre permanent du Conseil général de l'Environnement et du Développement Durable (France), coordonnateur du Collège Energie et Climat, expert en énergies renouvelables, solaire, éolien, énergies marines, géothermie, efficacité énergétique, hydroélectricité, dessalement de l'eau, smart grids, Plan solaire méditerranéen. Président du projet national de recherche EMACOP.



Dominique Gentile

«Les enjeux énergétiques du XXI^{ème} siècle»

Dominique Gentile, professeur des universités de classe exceptionnelle est directeur national des formations du Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM). Agrégé de sciences physiques, docteur es sciences, il est professeur des universités, vice-président (1997/98) puis président (1998/2002) de l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, il a rejoint l'Agence Universitaire de la francophonie comme directeur du bureau Europe de l'Ouest/Pays du Maghreb (2002/03). Il a été ensuite directeur de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires ((2003/06). Il est, depuis 2008, directeur de l'Institut des Sciences et techniques des Yvelines.

Programme de rédaction et de communication scientifiques

Le développement des moyens électroniques d'information et de communication, à défaut de réduire la fracture scientifique et technologique entre le Nord et le Sud, a fait apparaître la grande disparité de leur production scientifique. Les innombrables informations scientifiques produites chaque jour et mises à disposition de la société proviennent principalement des pays développés et ce fossé, ou cette fracture, continue de s'élargir malgré l'importance des investissements, des planifications et stratégies mises en place par les pays en voie de développement. Tout le monde s'accorde aujourd'hui sur le fait que le niveau de développement économique d'un pays est étroitement lié au niveau de sa contribution dans la production scientifique et technologique mondiales. Le monde connaît sa troisième révolution économique, qui est basée sur le savoir scientifique et l'innovation; à titre d'exemple en Allemagne, la masse salariale dans le secteur de l'économie du savoir et de la technologie représente plus de 50%.

En Afrique en général et au Maroc en particulier, la production scientifique ainsi que sa croissance restent très faibles, comparées aux autres pays et continents et ce, malgré les investissements soutenus et les compétences scientifiques existantes. Un des facteurs majeurs de cette situation est la faible diffusion des résultats de la recherche à travers la communauté scientifique nationale et mondiale et à travers la société en général et ce à cause d'une insuffisante maîtrise des outils de rédaction et de communication.

Consciente de cette problématique, et afin d'améliorer la visibilité et la production de la recherche scientifique nationale, notre Académie travaille à la mise en place d'un «**programme de rédaction et de communication scientifiques écrites et orales**». Un projet commun avec l'Académie de Médecine de France et l'Académie des Sciences et Techniques du Sénégal a été déposé au mois de septembre 2012 auprès de l'Inter Academic Panel (IAP) pour un appui financier. Le bureau de l'IAP ayant évalué positivement le projet, sa mise en œuvre, à compter de janvier 2013, a été confiée conjointement à l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques et à l'Académie Nationale de Médecine de France.

L'objectif de ce projet est d'aider les académies membres à créer **des réseaux régionaux de centres de communication scientifique en Afrique du Nord, en Afrique de l'Ouest et dans certains pays d'Afrique Centrale**. Ces centres permettront d'offrir aux universités locales africaines un cursus standard pour **l'intégration de la communication scientifique dans la formation à la recherche**; ils fourniront également une assistance aux scientifiques pour la rédaction de documents, la préparation des conférences, la mise au point de diapositives ou d'affiches, la rédaction des demandes de subvention pour le financement de projets, etc. La formation des formateurs dans la rédaction scientifique et la communication est systématiquement

associée à ces différentes activités. Les centres auront aussi pour rôle de coordonner les activités dans les pays où ils se trouvent et dans les pays voisins et d'animer des ateliers partout dans la région.

Les premières activités se dérouleront tout au long de l'année 2013, avec des sessions successivement à Libreville (Gabon-Afrique Centrale), Rabat (Afrique du Nord) et Dakar (Sénégal-Afrique de l'Ouest) ou Casablanca si la session à Dakar ne peut pas se faire. Une réunion de coordination pour la mise en œuvre du programme s'est tenue le 14 Janvier 2013 au siège de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques avec la participation de l'Académie Nationale de Médecine de France.

Accord de coopération avec l'Académie des Sciences du Portugal

M. Omar Fassi Fehri, secrétaire perpétuel a participé le 09 octobre 2012, aux côtés de MM. Albert Sasson, Omar Assobhei et Marcelo DE SOUSA VASCONCELOS, à une réunion avec des membres de l'Académie des Sciences du Portugal. La rencontre a porté notamment sur la dynamisation de la coopération scientifique et technique entre le Maroc et le Portugal et l'examen des opportunités de collaboration dans plusieurs domaines scientifiques, notamment de l'océanographie et des sciences marines.

Les deux parties se sont en outre penchées sur les thèmes des études sur lesquelles des chercheurs marocains et portugais pourront travailler ensemble, conformément aux dispositions de l'accord de coopération signé entre les deux institutions.

M. Omar Fassi-Fehri a dans ce sens indiqué que des workshops où seront détaillés ces projets seront organisés dans les prochains mois avec la participation des scientifiques des deux pays, relevant à cet égard le potentiel et l'expérience du Portugal en matière de recherche scientifique et dont le Maroc peut tirer profit. Il a en outre relevé que la création de l'Institut des études hispano-lusophones de l'Université Mohammed V Rabat-Agdal, a contribué à donner une nouvelle impulsion à la coopération culturelle et scientifique entre les deux pays.

Lors de leur visite à Lisbonne, les membres de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques ont tenu des réunions avec des responsables d'académies portugaises, notamment de l'ingénierie et de la marine.



Le secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques lors de sa visite à l'Académie des Sciences du Portugal.



Activités des Collèges

Collège Ingénierie, Transfert et Innovation Technologique

L'électricité thermo-solaire* Séville, 18 au 24 novembre 2012

Ce séminaire/workshop a été cofinancé par le Groupe Inter-académique pour le Développement (GID, Paris), le Réseau Euro-Méditerranéen des Académies (EMAN), le Centre des technologies avancées des Energies Renouvelables espagnol (CTAER), l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques (Maroc) et l'Office National de l'Electricité et de l'Eau potable (ONEE, Maroc). Son organisation a été assurée et encadrée par les Professeurs Mahfoud Ziyad et Valeriano Ruiz Hernandez du collège Ingénierie, Transfert et Innovation Technologique. Notre collègue Albert Sasson, qui a été à l'origine de l'initiative, a aussi largement participé à l'élaboration de ce séminaire. Le suivi de la logistique a été assuré à Rabat par Monsieur Ibn Majah et le secrétariat du Pr. Valeriano Ruiz Hernandez à Séville.

L'ouverture du séminaire a lieu en présence de Madame C. Bréchignac, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences de France, de F. Triguero représentant du gouvernement régional Andalous, de F. Guinot de l'Académie des Technologies de France, de F. G. Novo représentant de l'Académie des Sciences Espagnole au sein de EMAN ainsi que des principaux dirigeants de centrales solaires espagnoles.

Le séminaire était principalement destiné aux jeunes en formation dans le domaine de l'énergie solaire et/ou aux professionnels qui désirent compléter et approfondir leurs connaissances dans le domaine précis de la production de l'énergie d'origine thermosolaire. Son second objectif était de répondre à une préoccupation du GID qui consiste à établir des liens entre le savoir scientifique et les besoins en technologies de plus en plus spécialisés que requièrent actuellement la plupart des métiers. Le choix des participants s'est fait sur la base d'un curriculum vitae qu'ils ont produit et d'un équilibre entre les pays participants.

Pour le Maroc, qui est dans la phase de construction d'une centrale solaire à concentration à Ourzazate, ce séminaire était une opportunité pour former quelques spécialistes du domaine et des cadres susceptibles de jouer un rôle dans la mise en place d'une infrastructure dans ces métiers très particuliers. Le savoir-faire et l'expérience ont une place importante dans les technologies solaires d'autant que notre pays ne dispose pas d'un capital quelconque dans ce domaine. La plupart des connaissances pratiques sont entre les mains

des sociétés propriétaires des centrales. Dans cette perspective six jeunes marocains issus d'entités et d'offices impliqués dans la production d'énergie solaire ont été invités à participer au séminaire. Les autres participants sont issus de divers pays du pourtour de la Méditerranée (Egypte, Algérie, Malte, Serbie, Italie, Espagne, France).

La première étape de ce séminaire a consisté en des cours avancés et interactifs dispensés par des professionnels hautement qualifiés sur les divers aspects de l'énergie thermo-solaire, l'état de l'art ainsi que sur les technologies les plus utilisées. L'impact environnemental a fait l'objet de la conférence introductive. Cet aspect est important car les installations thermosolaires bien que peu polluantes sont étendues et grandes consommatrices d'eau. La tendance est d'ailleurs de coupler la centrale avec une unité de dessalement d'eau de mer lorsqu'elle est construite sur le littoral.

Tout au long de ce séminaire, la priorité a été donnée à la description détaillée des technologies pointues mises en œuvre dans les différents types de centrales thermodynamiques à concentration. Bien que la conception de base de toutes les centrales utilisant la concentration du rayonnement solaire soit simple, les diverses techniques employées pour récupérer la chaleur et la transformer en électricité sont différentes et souvent assez complexes. La première expérience sous la forme actuelle a été présentée à l'exposition universelle de 1878. Pour la plupart, elles utilisent des miroirs en verre pour réfléchir les radiations solaires et les concentrer. Dans ces cas, seule la radiation directe est mise à profit. Celle qui est diffuse ne peut pas être focalisée par le concentrateur et c'est pour cette raison que ces systèmes ne fonctionnent que quand la nébulosité est faible. Un exemple de ce type de centrale est représenté sur la figure suivante. Il s'agit de 2650 héliostats de 110 m² qui suivent la course du soleil pour faire converger ses rayons dans un réceptacle qui peut atteindre 900°C, situé au sommet d'une tour de 140 m.



Centrale solaire à tour (Abengoa, Séville)

* Rapport du Pr. Mahfoud Ziyad
Rabat le 04 décembre 2012

Les centrales à capteur cylindro-parabolique sont aussi parmi les plus éprouvées. Le collecteur est essentiellement composé d'un réflecteur parabolique (miroir), d'un tube récepteur et d'un système de poursuite solaire. Le miroir est en verre recouvert en sa partie inférieure d'une fine pellicule d'argent et d'un enduit de protection. Le facteur de concentration est approximativement d'environ 80% dans un capteur cylindro-parabolique. Ce facteur permet d'évaluer l'intensité de la concentration solaire : plus il est élevé plus la température atteinte sera élevée. Il se calcule à partir de l'équation:

$$\text{Facteur de concentration} = \frac{\text{surface du miroir}}{\text{surface du récepteur}}$$

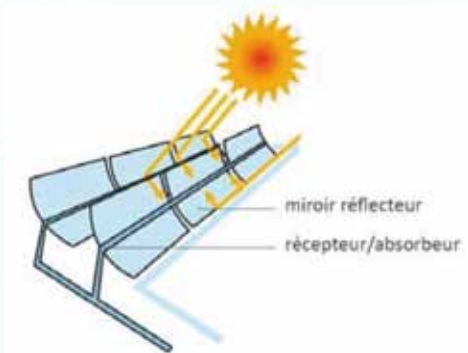


Schéma du collecteur cylindro-parabolique.



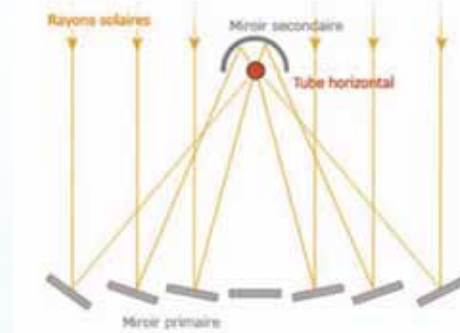
Capteurs cylindro-parabolique (Abengoa, Séville)

Le tube collecteur doit avoir une bonne absorption du rayonnement et montrer le minimum de pertes possible. La température dans ces tubes peut atteindre environ 800°C. Les structures métalliques qui supportent les miroirs (qui peuvent dépasser les 100 m de longueur et 5 à 6 m de diamètre) doivent résister aux diverses contraintes mécaniques.

Un autre type de centrale est celui fonctionnant selon le principe du concentrateur de Fresnel. L'idée de base dans cette catégorie de centrale est d'approximer la forme parabolique du collecteur par une succession de miroirs plans moins coûteux que les miroirs paraboliques. Un deuxième étage de miroirs proche du foyer dirige le rayonnement vers le tube récepteur. En circulant dans ce récepteur horizontal le fluide caloporteur est surchauffé à 500°C. La vapeur obtenue actionne une turbine qui produit de l'électricité. Le cycle thermodynamique utilisé est

souvent direct et permet un fonctionnement sans installation d'échangeurs de chaleur.

Le schéma de base de ce type de concentrateur est donné sur la figure suivante:



Principe de fonctionnement d'un concentrateur à miroir de Fresnel

Une technologie à base du moteur Stirling a aussi été développée. Elle présente des avantages certains, mais elle reste relativement coûteuse comparée aux autres.

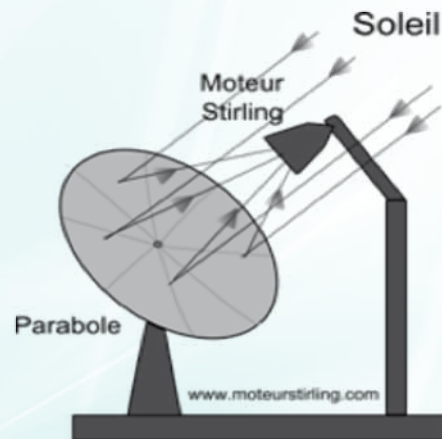


Schéma de la parabole à moteur de Stirling

L'énergie solaire est transformée en électricité grâce à un moteur de Stirling placé au foyer de la parabole qui récupère la totalité de la chaleur fournie par le soleil au réflecteur. La température obtenue est plus importante que dans les cas précédents (1000°C) et le rendement est nettement amélioré.



Centrale utilisant le concentrateur à moteur Stirling

Evidemment, toutes ces technologies sont presque toutes arrivées à maturité et la grosse différence entre elles est essentiellement d'ordre économique. Au début du séminaire, juste après son ouverture, les participants ont présenté la situation énergétique de leur pays en insistant sur les installations solaires lorsqu'il y en a.

Les technologies de production d'électricité thermosolaire sont consommatrices d'eau et leur fonctionnement est diurne et intermittent à cause souvent du mauvais temps. Des procédés de stockage de l'énergie produite durant la journée ont aussi été développés. Sans ce stockage, ces usines ne seraient pas rentables compte tenu du fait que la demande d'électricité présente un pic surtout le soir. Parmi les technologies développées figure essentiellement le stockage dans les sels fondus qui sont utilisés dans le colportage de la chaleur de la source vers un tank froid. Le cycle est inversé la nuit et la chaleur stockée est exploitée pour faire tourner une turbine comme dans les centrales classiques. Il permet de rendre la production constante et indépendante de la disponibilité du rayonnement solaire.



Schéma d'une centrale munie d'un système de stockage de l'énergie

Il existe plusieurs types de stockage utilisant divers fluides caloporteurs. L'eau par exemple offre un excellent coefficient d'échange et possède une capacité calorifique élevée. Cependant, son utilisation suppose de très hautes pressions en raison des hautes températures atteintes dans les technologies cylindro-paraboliques.

Les huiles sont des fluides monophasiques mais elles ne sont plus stables dans les domaines de températures dépassants les 400°C. Elles sont principalement utilisées dans les centrales cylindro-paraboliques. Les sels fondus tels que NaNO_3 et KNO_3 sont de très bons fluides de stockage. Leur température de sortie peut atteindre sans problème 650°C. Ils sont utilisés dans le cycle de Rankine des concentrateurs à tour. Les gaz (H_2 ou H_2) sont utilisés pour entraîner le moteur de Stirling des collecteurs paraboliques. Les recherches dans ce domaine sont en plein essor. Des essais sont faits sur la production d'hydrogène et les stockages des surplus de chaleur en sous-sol.

La visite aux deux sites de production d'électricité solaire a été organisée la dernière journée du workshop. Ces visites ont été d'un grand intérêt car elles ont illustré tous les exposés théoriques qui ont été faits. On a pu voir de près une centrale solaire en fonctionnement et discuter avec les ingénieurs des difficultés et des avantages de l'énergie thermosolaire.

Tout au long du séminaire les participants ont activement animé les divers débats qui ont eu lieu afin que chacun bénéficie de l'expérience de tous. Les discussions ont aussi portées sur les moyens financiers à mettre en œuvre dans la construction d'une centrale. Le gros des investissements est le plus souvent absorbé par la construction de l'usine et son équipement. Les budgets d'entretien et de fonctionnement sont relativement bas. La marche de l'une des usines visitées était assurée uniquement par trois ingénieurs grâce à l'automatisation de la plus part des postes de travail. C'est essentiellement le nettoyage des miroirs qui, malgré l'utilisation de robots sophistiqués, constitue une tâche ardue et polluante au cours de laquelle des miroirs peuvent être endommagés.

On peut voir sur la carte suivante l'implantation des usines thermosolaires sur le pourtour Méditerranéen. C'est l'Andalousie qui réunit le plus grand nombre de ces centrales actuellement en fonctionnement.



Localisation des centrales solaires sur le pourtour méditerranéen

Les usines les plus récentes sont de qualité hybride et présentent donc l'avantage de fonctionner au gaz lorsque les conditions atmosphériques ne sont pas réunies. Ce type de centrale semble être économiquement plus viable que les autres. La première centrale solaire construite au Maroc (à Aïn Beni Mathar) l'a été sur ce principe. Bien qu'elle n'ait pas encore atteint son régime stationnaire elle reste en avant-garde et utile comme plate-forme de formation pour les techniciens du solaire.



Inauguration de la centrale thermo-solaire d'Aïn Beni Mathar

Malgré tous les progrès technologiques enregistrés ces dernières années dans les technologies solaires, il reste encore des domaines qui nécessitent des recherches sur, par exemple, la qualité des matériaux à utiliser et les techniques de stockage de chaleur.

Collège des Sciences Physiques et Chimiques

Le Professeur Johann Collot du Laboratoire de Physique subatomique et cosmologie de Grenoble (France) (invité par le Professeur Rajaa Cherkaoui), a animé une conférence au siège de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, le Mercredi 31 Octobre 2012 à 16 heures, intitulée:

“Le champ et le boson de Higgs : la masse sans masse”

Vestige d'une symétrie disparue il y a 14 milliards d'années dans les premiers instants du Big Bang, le boson de Higgs, mais plus encore le champ qui le porte, permet de comprendre l'origine de la masse des particules élémentaires. Sans cela, celles-ci seraient sans masse tout comme les photons, les particules les plus abondantes de notre univers.

Après une brève introduction sur l'origine de la masse des particules élémentaires, l'orateur contera l'histoire de la découverte faite récemment au CERN sur le LHC, d'une particule dont les premières propriétés mesurées sont compatibles avec celles du boson de Higgs. Si cela se confirme, ce boson serait le premier cas avéré d'une nouvelle espèce de particules élémentaires qui pourraient nous aider à percer certaines énigmes sur les débuts de notre univers.



Nouvelles des Académiciens

Manifestations scientifiques

Conférence sur la sécurité alimentaire Lisbonne Octobre 2012

«Un effort collectif d'accroissement quantitatif et qualitatif de la production alimentaire est indispensable pour assurer la sécurité alimentaire dans le monde», a affirmé M. Albert Sasson, Professeur en sciences biologiques et membre de l'Académie Hassan II des sciences et techniques.

Le professeur Albert Sasson a notamment souligné lors de son intervention la nécessité d'accroître la production alimentaire et d'en améliorer la qualité et la diversifier en faisant appel à de nouveaux instruments et techniques, citant à ce propos le rôle de la recherche agronomique, la biotechnologie et la génomique.

La sécurité alimentaire devient un enjeu primordial pour les nations face aux effets adverses notamment des catastrophes naturelles, des changements climatiques, de la dégradation des ressources naturelles et de la hausse des prix des produits agricoles, a dit M. Sasson qui a rappelé que sur les 7 milliards d'habitants que compte la planète, un milliard de personnes souffrent de la faim, autant souffrent de malnutrition et un autre milliard d'humains n'ont pas accès à l'eau potable.

«En assurant la sécurité alimentaire c'est la paix que nous protégeons», a affirmé M. Sasson qui a souligné l'impératif d'investir davantage dans l'agriculture, rappelant que les pays africains s'étaient engagés en 2003 à Maputo (Mozambique) à consacrer 10pc de leurs budgets nationaux à l'agriculture et à la production alimentaire témoignant ainsi de la volonté politique de ces pays de faire de l'agriculture et l'alimentation, une priorité de leur agenda politique.

Le Maroc, à l'instar d'autres pays d'Afrique du Nord et du Moyen Orient et certains pays du sud de l'Europe subit les impacts des changements climatiques, a-t-il dit, notant que des actions sont engagées ou envisagées afin de s'adapter à ces changements. Il a de même rappelé que le Plan Maroc vert s'articule autour de deux piliers dont le premier porte sur le développement d'une agriculture moderne, compétitive et à haute valeur ajoutée et le deuxième concerne l'accompagnement solidaire de la petite agriculture, à travers l'amélioration des revenus des agriculteurs. Il a, en outre, indiqué qu'une journée de réflexion sur la sécurité alimentaire dans les pays du bassin méditerranéen sera organisée le 27 novembre 2012 au Maroc dans le cadre du Conseil économique et social. (MAP)

Forum de Fès: L'alliance des civilisations, la diversité culturelle et le partenariat euro-méditerranéen

Le Secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, Omar Fassi-Fehri, a plaidé pour le développement de la R&D (Recherche et développement) et les stratégies d'innovation en vue d'assurer un développement endogène et durable dans les différents secteurs économique, industriel, commercial et minier.



Pr. Omar Fassi-Fehri lors de son allocution

Monsieur Fassi-Fehri, qui intervenait lors du 9ème Forum de Fès sur «L'alliance des civilisations, la diversité culturelle et le partenariat euro-méditerranéen», organisé du 7 au 9 décembre par le Centre marocain interdisciplinaire des études stratégiques et internationales (CMIESI) sous le Haut Patronage de Sa Majesté Le Roi Mohammed VI, a souligné la nécessité de renforcer et de développer les actions R&D à travers la définition des priorités et les sources de financement.

Evoquant l'Etat des lieux de la recherche scientifique et technique au Maroc, le Secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences des Sciences et Techniques a fait savoir que les actions de R&D sont financées au niveau national à hauteur de 70 pc par le secteur public et 30 pc par le privé.

Il a de même estimé que l'élaboration d'un système national de recherche scientifique et technique efficace et performant doit être basé sur la coordination entre les parties concernées, ajoutant que seules des ressources humaines compétentes et qualifiées sont capables d'assurer le succès et le progrès socio-économique du pays.

Les autres participants ont abordé les thématiques de «la recherche scientifique dans le monde arabe: états des lieux et perspectives», appelant à l'institution d'une taxe pour financer la R&D dans les pays arabes.

Ce forum réunit des acteurs politiques, des chercheurs, des académiciens et des décideurs économiques pour échanger leurs réflexions avec l'ambition de «tracer une véritable feuille de route institutionnelle en mettant en exergue les stratégies que doivent suivre les Etats arabes à la suite des derniers changements politiques pour assurer le développement de leurs nations».

Organisé en partenariat avec la commune urbaine de Fès, le 9ème forum de Fès traite cette année de la problématique de «L'investissement dans le capital humain à travers l'éducation et le savoir dans les pays arabes». (MAP - 08 déc. 2012)

Conférence :
**«Science, Enseignement et Technologie
 pour le Développement en Afrique»,
 Dakar, 30 octobre-4 novembre 2012.**

Cette conférence a été organisée conjointement par le Comité Pays en Développement (COPEDE) de l'Académie des Sciences de l'Institut de France et l'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal (ANSTS). Ouverte à des participants africains et européens, spécialement francophones, elle aura permis de faire un état des lieux dans les secteurs clés pour le développement de l'Afrique que sont la science, l'enseignement, la recherche et l'innovation. Elle a également permis de contribuer au renforcement des collaborations régionales et internationales, ainsi qu'à la mise en œuvre de politiques et programmes dans ces secteurs.

Six domaines ont été à l'ordre du jour de ces journées: la santé, l'agriculture, les mathématiques et l'informatique, l'eau, l'énergie et l'environnement.

Outre des conférences introductives et de politique générale, des tables rondes ont été organisées et accompagnées de communications orales ou affichées.

Ont représenté l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques :

- Albert Sasson, directeur du Collège «Sciences et Techniques du Vivant», qui a participé à la table ronde «Enseignement, Innovation et développement industriel : cas des biotechnologies» et a été modérateur d'une des conférences de la session plénière;
- Driss Aboutajeddine, membre du Collège «Sciences de la Modélisation et de l'Information», qui a participé à la table ronde consacrée au «Rôle des TIC dans le fonctionnement des universités africaines» et a été modérateur de la section «Mathématiques/Informatique» de la session consacrée aux «Systèmes dynamiques : modélisation en dynamique des populations et des épidémies».

Plusieurs chercheurs marocains ont apporté leur contribution : Rachid MCHICH en section Mathématiques/Informatique : «Modèles de gestion des pêcheries : application à la pêcherie de sardines de l'Atlantique marocain»; et Mohamed ROUAI, en section Eau : «Etudes par imagerie satellitaire spot de la fracturation du réservoir liasique des causses du Moyen-Atlas».



**NATO-Advance Study Institute, NATO-SCIENCE
 FOR PEACE & SECURITY PROGRAM
 Certosa di Pontignano, Castelnuovo
 Berardenga, Italy, May, 25th to June 2, 2013**

Dans le cadre du programme «La science pour la Paix et la Sécurité» de l'OTAN, le Nato-Advance Study Institute organise, du 25 mai au 02 juin 2013 en Italie, une session de formation dédiée aux doctorants et post-doctorants. Le **Pr. El Mokhtar Essassi**, membre du Collège des Sciences Physiques et chimiques et le Professeur Joseph Banoub du Canada sont les co-directeurs du programme portant sur **«La détection des agents chimiques, biologiques, radiologiques et nucléaires pour la prévention du terrorisme»**. Le calendrier de cette formation parrainée par l'OTAN peut être consulté sur le site <http://www.nato.int/cps/en/>

“Detection of Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Agents for the Prevention of Terrorism”

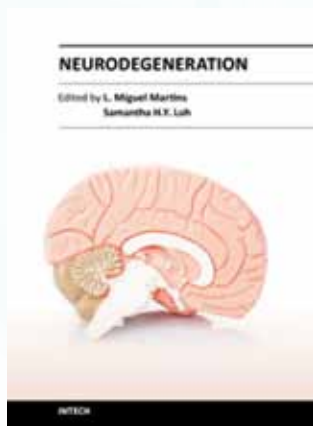
Lethal toxicities and debilitating diseases caused by chemical and biological agents, toxins, explosives and radiological threats can potentially be used in selected acts of terrorism. Moreover, rapid developments in biotechnology, genomics and xenobiotics are creating a variety of environmental, ethical, political and social challenges that have severe implications for international peace and security.

This NATO Advanced Study Institute (ASI), to be held in the “Certosa di Pontignano” near Siena, Italy, is designed to provide advanced training for doctoral and post-doctoral candidates in state-of-the-art technologies for biodetection. A detailed description of the current state-of-the-art research in this field as well as background information relevant to biodetection will be discussed. The meeting will have a primary focus on mass spectrometry (including chromatographic and electrophoretic separation) but will make comparisons to spectroscopic, immunological and molecular analysis of chemical, biological, radiological and nuclear agents.

Coverage of the field of microbiology will include discussions of the biochemical composition of bacterial cells including spores and chemotaxonomic characterization involving molecular distinction at the species and strain level. There will be 15 lecturers and 50-60 trainees. The relaxed atmosphere is intended to stimulate discussions between faculty and trainees concerning additional details of the lecture subjects and advanced protocols and technologies. Funds for food, lodging and registration (but not travel) will be provided for all trainees.

Publications

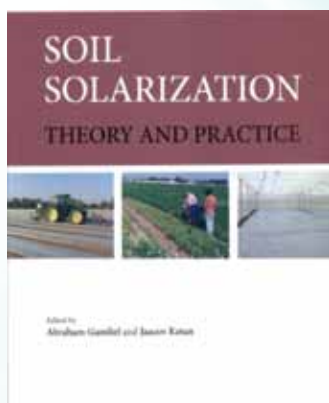
1. Parution d'un ouvrage des éditions INATECH intitulé «NEURODEGENERATION» dans lequel le professeur Sellama Nadifi, porteur du projet AVCI financé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, a collaboré avec un chapitre consacré aux accidents vasculaires cérébraux ischémiques: approche épidémiologique et génétique.



Editor L. Miguel
Martins and Samantha
H.Y. Loh
(ISBN) 978-953-51-
0502-2
362 pages, April,
2012

2. Nouvelle contribution à un ouvrage scientifique «SOIL SOLARIZATION. Theory and Practice» La Solarisation du sol, théorie et application est le titre du livre récemment édité par «The American Phytopathological Society». Cette publication fait le point sur les connaissances acquises dans la désinfection solaire du sol ou «solarisation du sol» pour lutter contre les parasites telluriques des plantes et en remplacement aux fumigants chimiques.

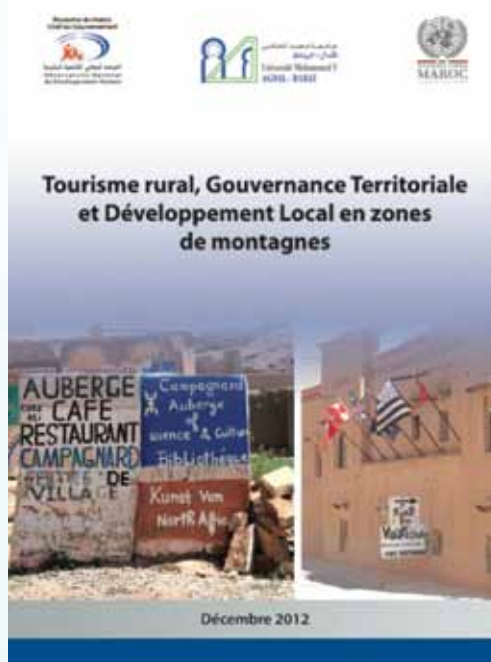
Le chapitre 9 de ce livre, intitulé **Soil solarization and the Methyl Bromide Phase Out** (Solarisation du sol et élimination du bromure de méthyle) a été rédigé par le professeur Mohamed Besri, membre du Collège des Sciences et Techniques du Vivant, Marta Pizano (Colombie) et Ian Porter (Australie). La solarisation du sol, largement utilisée de par le monde, est actuellement considérée comme étant une des meilleures alternatives aux fumigants du sol et particulièrement au Bromure de Méthyle, puissant destructeur de la couche d'ozone.



M.Besri, M.Pizano, I. Porter, 2012. Soil solarization and the Methyl Bromide Phase Out. In: Soil solarization, theory and practice, editors: A.Gamliel and Y. Katan, The American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota, 266 pp , Chapter 9, 77-87

3. Tourisme rural, gouvernance territoriale et développement local en zones de montagnes*

Nouvelle publication de l'équipe de recherche sur la région et la régionalisation
CERCGéo, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Rabat
Mohamed Berriane et Mohammed Aderghal



Menée dans le cadre du partenariat qui a lié l'Observatoire National du Développement Humain et les Universités, la présente recherche s'intéresse aux conditions de développement du tourisme en milieu montagnard en tant qu'activité génératrice de revenus dans des zones en difficultés.

Le constat dans ces zones de montagnes est que si le potentiel est grand et si la volonté des responsables et des acteurs au niveau central et local est forte pour faire du tourisme une activité pouvant aider les populations de ces zones, le succès tarde à venir en raison de dysfonctionnements au niveau local, notamment en terme de gouvernance. Pour comprendre le pourquoi et esquisser des réponses au comment, la recherche menée en trois temps ambitionne de :

1. Faire le point sur les possibilités réelles de cette nouvelle activité en cours de diffusion partout dans

* Synthèse rédigée par les Prs. Mohamed BERRIANE et Mohammed ADERGHAL à partir de textes partiels de Mohammed Aderghal Lahoucine Amzil, Brahim Badidi, Mohamed Berriane, Gessica Ferrero et Sanaa Nakhli.

Cartographie : Abdelali Binane
avec la collaboration de : Sanaa Nakhli
Publication de l'ONDH

le Maroc et plus particulièrement en zones de montagnes. Un diagnostic sur le fonctionnement des territoires touristiques en cours de construction soit par le bas, soit suite à une intervention volontariste de l'Etat, soit les deux à la fois constitue l'ossature de ce premier volet. En effet la multiplicité des intervenants met face à face d'un côté les pouvoirs publics à travers les différents ministères (Tourisme, agriculture, culture, intérieur) et leurs services externes, mais aussi les autorités et les collectivités locales et régionales et de l'autre les acteurs locaux et régionaux. D'où l'importance des interactions entre ces différents acteurs et les synergies ou dysfonctionnements qui peuvent naître de cette rencontre.

Ces interactions débouchent sur un problème de gouvernance qui concerne ici à la fois les rapports entre ces différents acteurs et les rapports au territoire lui-même. L'analyse des rapports entre ces différents acteurs s'est fait à travers les articulations des deux niveaux d'intervention, l'étatique et le local en partant d'une hypothèse qui a guidé ce travail et qui consiste à dire **que le niveau de réussite d'un projet de tourisme rural est lié au degré de son appropriation par la population locale.**

2. Cet état des lieux et son analyse ont été confrontés à ce qui se fait dans le domaine dans d'autres pays de manière à faire le point sur les expériences les plus avancées en matière de développement du tourisme rural, notamment en ce qui concerne la gouvernance des territoires touristiques. Dans le but de mieux replacer le tourisme rural dans la problématique de développement local nous avons cherché à mener une analyse comparative avec d'autres pays de la rive nord de la méditerranée, à savoir, la France, l'Espagne et l'Italie.

L'appartenance de ces pays au même environnement méditerranéen où l'organisation de l'activité touristique est soumise au même rythme saisonnier, la genèse du tourisme rural dans les campagnes et les modèles de gouvernance mis en place correspondant à des considérations sociales, économiques et politiques différentes d'un pays européen à l'autre et le choix de la politique européenne, à travers les programmes LEADERS et PRODER, de faire du tourisme rural une activité alternative pour les zones rurales marginales en déprise est généralisée à l'ensemble de ces 3 pays sont les principaux arguments justifiant le choix de ces pays.

Il était intéressant pour nous dans le cadre de cette étude de montrer comment les expériences de développement du tourisme rural connaissent des cheminements différents et connaissent un inégal

succès d'un pays à l'autre. Et de se demander enfin quels sont les enseignements à tirer de ces cas pour l'expérience marocaine.

3. De cette confrontation entre les expériences déjà engagées au Maroc et celles empruntées à d'autres pays nous essayons de tirer des enseignements pour une mise en tourisme des zones de montagnes marocaines efficace et durable. Cette confrontation permet de mettre en évidence les principaux dysfonctionnements des expériences en cours et d'esquisser des propositions pour une meilleure gouvernance des territoires touristiques en milieu rural marocain. Dysfonctionnements et propositions ont été regroupée en trois catégories: **(i)** les problèmes qui renvoient à la gouvernance de ces territoires à la fois au niveau des rapports entre le central et le local lorsqu'il s'agit de savoir la répartition des tâches et des pouvoirs entre ces deux sphères et au niveau de la gestion du local comme destination touristique; **(ii)** Les problèmes liés aux financements et aux appuis nécessaires aux montages de projets et **(iii)** La dimension territoriale de ces montages.

Les sites et les projets étudiés représentent le pays Jbala, le Haut Atlas occidental et ses bordures septentrionales, l'Anti Atlas et le Moyen Atlas. Ces choix tiennent compte des différents porteurs de projets: l'Etat, les ONG et autres associations de développement à l'échelle nationale, les agences de développement, les particuliers, les collectivités locales, etc.

Pour présenter les résultats de cette recherche le propos est organisé en quatre temps. Le chapitre I explicite les questions de recherche, la problématique et la méthodologie suivie. Le chapitre II cherche à mettre en évidence les dynamiques en cours et la véritable fièvre du tourisme rural qui s'empare des campagnes marocaines. Une fois ce cadre posé, le chapitre III s'attache à l'analyse de la gouvernance telle que définie dans la recherche.

En partant des articulations entre initiatives locales et actions des pouvoirs publics, une typologie des cas étudiés illustre les degrés de réussite ou non. Le quatrième et dernier chapitre sonde ce qui se fait dans les autres pays qui nous ont précédé dans ce domaine. Enfin en confrontant les résultats de l'analyse de la gouvernance telle qu'elle est pratiquée au Maroc et les enseignements tirés du benchmarking, la conclusion générale met en valeur les principaux dysfonctionnements du tourisme rural au Maroc tout en proposant quelques pistes de réflexion qui sont autant de solutions pour les dépasser.

4. Une nouvelle revue marocaine de Géographie et Sciences Humaines (en ligne)

Conscient de l'importance des revues dans la diffusion parmi les pairs et le grand public des résultats de la recherche, mais aussi de leurs effets sur le progrès de la recherche grâce aux échanges et aux débats portés à un niveau international et en fin de compte sur la consolidation d'une communauté scientifique, le Centre d'Etudes et de Recherches Géographiques (CERGéo) qui relève de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Rabat a œuvré à la mise en place d'une nouvelle revue. C'est ainsi que depuis le 15 janvier 2013, la revue **Géographie et développement au Maroc - GéoDev.ma** est en ligne.

GéoDev.ma ou **Géographie et développement au Maroc** est une revue scientifique électronique éditée par des géographes et qui s'inscrit dans les champs de recherches des sciences sociales sur les lieux, l'espace, le territoire, la région, l'environnement et le développement.

GéoDev.ma se veut une revue à la fois **ouverte, plurielle, innovante et rigoureuse**. Elle est **ouverte** car même si elle est portée par le CERGéo, **GéoDev.ma**, n'est pas une revue institutionnelle interne à ce centre. Elle est ouverte sur la communauté scientifique des géographes, mais aussi sur les autres disciplines des Sciences Humaines et Sociales qui partagent avec elle les dimensions territoriale, environnementale et de développement. Elle ne se limite pas à la publication des résultats des travaux des équipes du CERGéo, mais souhaite s'ouvrir sur le maximum d'autres chercheurs confirmés, et publie aussi des essais de chercheurs juniors qui sont au stade post doctoral ou en instance de soutenance, des comptes rendus d'ouvrages ou de manifestations scientifiques en rapport avec sa thématique.

Sa **pluralité** vient de cette ouverture sur les autres sciences humaines et sociales qui traitent des problèmes de développement avec une approche territoriale ou spatialisée et une dimension environnementale, quel que soit le milieu. Axés essentiellement sur le Maroc, ces articles peuvent aborder d'autres pays ou zones dans une perspective comparative avec le Maroc.

Elle est aussi **innovante** dans la mesure où elle publie en ligne en flux continu, ce qui signifie que les articles sont mis en ligne au fur et à mesure qu'ils parviennent à la rédaction et qu'ils sont évalués. Cela suppose une publication plus rapide que le modèle classique des numéros et une visibilité garantie pour les auteurs et pour leurs travaux. Cette visibilité est soulignée par la mise en ligne de courtes biographies de chaque auteur qui contribue à la revue. Le référencement des articles comportera l'année de publication. Au

terme de chaque année, le contenu publié durant cette même année fera l'objet de l'édition d'un dossier sur papier daté et numéroté.

Enfin, elle est **rigoureuse** car elle ambitionne d'atteindre des standards internationaux. Pour cela elle s'est dotée d'un comité de rédaction et d'un comité scientifique international composé de chercheurs de haut niveau travaillant ou ayant travaillé sur le Maroc et ayant une connaissance intime de son espace et de sa société. Avec l'aide de ces deux comités et de son pôle éditorial elle veille à la qualité des publications selon le modèle international du *peer review*. C'est également pour respecter ces standards qu'elle publie en quatre langues : arabe, français, espagnole et anglais, chaque article étant publié dans sa langue d'origine et accompagné de 3 résumés dans les trois autres langues. Les interfaces seront dans les 4 langues, même si provisoirement, seules les interfaces en français et en anglais sont fonctionnelles.

GéoDev.ma propose quatre catégories d'articles :

- Des articles en évaluation *peer review* selon les standards internationaux. Ils seront examinés de façon anonyme par le comité de rédaction et le conseil scientifique international.
- Des articles sous forme de *working papers* ou *working in progress* qui rendent compte d'une recherche en cours. Ils sont soumis également de façon anonyme au comité de rédaction
- Des articles de chercheurs juniors post doc ou en instance de soutenance. Ils sont également soumis pour avis au Comité de rédaction et ceux tirés d'une thèse en cours nécessitent un accord du directeur de thèse.
- Des comptes rendus d'ouvrages. Proposés ou commandés par la revue, ils requièrent l'avis du comité de rédaction.

Les auteurs doivent mentionner clairement sur leur projet d'article l'une des 4 catégories dans laquelle ils souhaitent que l'article soit inséré.

GéoDev.ma exige quelques engagements :

Les auteurs doivent s'engager à respecter l'exclusivité de la publication. En publiant dans **GéoDev.ma**, l'auteur accepte de céder son droit d'auteur à la revue. Par conséquent toute republication intégrale est normalement non souhaitée ; en tout cas elle doit être soumise à l'accord de la revue et doit être demandée par l'auteur à la rédaction. **GéoDev.ma** peut, par contre, dans certains cas, être amenée à proposer à l'auteur la republication de l'article dans un ouvrage en tirage papier ou dans une autre revue.

Concernant les dépôts en archives ouvertes *open access*; il est demandé à l'auteur de ne pas déposer la version intégrale de l'article, mais d'indiquer le lien de l'article vers la publication originale sur GéoDev.ma, ce qui contribuera à faire connaître sur le net l'auteur et en même temps la revue.

La première livraison est en parfaite adéquation avec sa ligne éditoriale puisque 5 articles sur 10 proposés ont été validés par le comité scientifique international et mis en ligne. Ils portent sur la problématique du développement territorial au Maroc, alors qu'un working paper propose une réflexion se rapportant au même thème et une

contribution d'une doctorante discute le concept des villes nouvelles, concept contenu dans une stratégie d'urbanisme engagée par le Maroc ces dernières années. D'autres projets d'articles traitant de la même thématique sont en cours d'évaluation et la revue est ouverte à toutes les contributions en accord avec sa ligne éditoriale.

Adresse sur le net :

<http://revues.imist.ma/index.php?journal=GeoDev>

Mohamed Berriane,
Membre correspondant de l'Académie Hassan II
et directeur de la revue GéoDev.ma



Actualités Scientifiques

A. Nationales

Infrastructures : nouvelle ville verte et Université Mohammed VI Polytechnique

La réalisation de la ville verte Mohammed VI, dont les chantiers ont été visités par SM le Roi, est l'illustration d'une nouvelle impulsion royale en faveur d'un mégaprojet conciliant modernité et développement durable.

Premier projet de cette nature sur le continent africain, la ville verte Mohammed VI, située à proximité de Benguerir, offrira des infrastructures adaptées, un espace écologique, une vie sociale organisée et un cadre de vie à même de favoriser le bien-être, la diversité et l'épanouissement social et culturel de ses habitants.

Cette ville se développera sur un socle central qui n'est autre que **l'Université Mohammed VI Polytechnique**. Université privée à vocation internationale, elle sera le cœur battant de la ville verte et sa principale locomotive de développement.



SM le Roi Mohammed VI examinant la maquette du projet de la ville verte Mohammed VI à Ben Guerir, premier en son genre sur le continent africain.

Cet établissement de formation de haut niveau repose sur différents fondamentaux, à savoir **l'enseignement, la recherche et le développement, le transfert des technologies, l'incubation de projets innovants et porteurs et la proximité avec le monde de l'entreprise**. Il regroupera plusieurs écoles proposant diverses disciplines (management industriel, ingénierie, agriculture en zone aride, technologies vertes et développement durable, urbanisme et architecture, business et management, gouvernance et administration publique et sciences de la santé).

Une des composantes de l'Université Mohammed VI Polytechnique est l'Ecole de management industriel. Cette structure de formation aura pour ambition de doter le tissu industriel marocain de compétences

managériales hautement qualifiées. Axée sur le management industriel, l'Ecole dispensera un enseignement théorique, complété par des stages sur le terrain, tout en accompagnant les étudiants dans la réalisation de projets individuels et collectifs.

Dans le souci de renforcer sa vocation internationale, l'Université Mohammed VI Polytechnique s'assurera les services d'éminents professeurs et chercheurs marocains ou étrangers. Par leur nombre, la diversité de leurs origines et la complémentarité de leurs compétences, ils seront les initiateurs d'un véritable réseau du savoir.

L'ouverture de la future université se trouvera renforcée par les différents partenariats qu'elle prévoit de conclure avec des institutions internationales prestigieuses comme l'Ecole des mines de Paris, HEC-Paris et le MIT (Massachusetts Institut of Technology) aux Etats-Unis.

C'est dans le cadre de cette même démarche de partenariat qu'ont été signées, ce vendredi, sous la présidence de SM le Roi Mohammed VI, que Dieu le Glorifie, deux accords-cadres. Le premier a été signé entre le ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche scientifique et de la formation des cadres et l'Office Chérifien des Phosphates (OCP). Le second est un accord-cadre de coopération entre l'école nationale supérieure des mines de Paris et le groupe OCP. (MAP, 09 novembre 2012).



SM le Roi procédant à la plantation d'un arbre en guise de lancement du projet.

Présentation de l'Université euro-méditerranéenne à Fès

Quel enjeu pour le capital humain?

Le Forum de Fès a tenu ses travaux du 7 au 9 décembre 2012 sur le thème «L'investissement dans le capital humain à travers l'éducation et le savoir dans les pays arabes : une panacée pour le développement durable». C'est au cours de ce Forum que l'Université euro-méditerranéenne de Fès a été présentée.

L'Université euro-méditerranéenne de Fès a pour mission l'acquisition et la diffusion du savoir ainsi que la formation et la recherche de très haut niveau orientées sur des thématiques d'intérêt pour le Maroc et pour l'espace euro-méditerranéen. Elle vise également à être un haut lieu de réflexion basée sur les valeurs que porte le Maroc en termes de tolérance, de dialogue et d'échange entre les cultures dans la zone euro-méditerranéenne, ainsi qu'un pôle d'excellence en matière de création et d'innovation satisfaisant aux meilleurs standards internationaux en matière d'ingénierie et de recherche à même de générer de la richesse par le savoir et le savoir-faire scientifique et technologique. Elle ambitionne de former l'élite de demain sur les questions euro-méditerranéennes et aussi des ingénieurs et des chercheurs qui seraient des leaders dans des créneaux porteurs pour le Maroc.

La ville de Fès abrite la plus ancienne université au monde toujours en activité, **Al Quaraouiyine**. Selon la tradition, sa construction débute en 859 sous le règne de la dynastie idrisside. C'est une femme, Oum Al Banine fatima Al Fihriya, héritière d'un riche kairouanais, qui est à l'origine de sa fondation. Tout au long des siècles, la mosquée voit son architecture évoluer et s'agrandir. Elle devient, du X^e siècle au XII^e siècle, un important centre d'enseignement et une des premières universités au monde.



L'Université Al Quaraouiyine de nos jours.

Au XII^e siècle, toute une série de noms parmi les plus grands vont être associés d'une manière ou d'une autre à la Quaraouiyine : les grands précurseurs du soufisme, tels Ibn Hrizim, Abou Madyane, Abdeslam Ben Mchich Alami, les philosophes Avenpace et Averroès, le géographe Al Idrissi mais aussi Maïmonide et Ibn Khaldoun pour ne citer que ceux-là.

L'Université euro-méditerranéenne s'inscrit dans cette lignée et aura cette vocation méditerranéenne et universelle de transmission du savoir et de développement en matière des sciences sociales et de l'ingénierie. L'Université aura un campus de plusieurs hectares à Fès et elle accueillera des étudiants, des professeurs et du personnel administratif et de soutien des différents pays euro-méditerranéens. Elle accueillera également des étudiants de la région MENA (Moyen-Orient et Afrique du Nord) et de l'Afrique. Récemment, et plus précisément le samedi 24 novembre 2012, s'est tenue à Fès l'Assemblée générale constitutive (AGC) de l'Université euro-méditerranéenne de Fès (Université Euromed-Fès) sous la présidence du ministre de l'enseignement supérieur, de la recherche scientifique et de la formation des cadres.

Euromed-Fès est créée sous forme de fondation et elle est placée sous la Présidence d'Honneur de son Initiateur, Sa Majesté le Roi Mohammed VI

En effet, le projet de création de l'Université euro-méditerranéenne à Fès émane d'une initiative Royale et trouve son référentiel dans la lettre adressée par Le Souverain, en septembre 2008, à la coprésidence franco-égyptienne de l'Union pour la Méditerranée (UpM), exprimant la volonté du Maroc de créer une Université euro-méditerranéenne à Fès. Cette initiative a été saluée et adoptée en novembre 2008, à Marseille, lors de la conférence ministérielle des pays membres de l'UpM.

En 2011, Sa Majesté le Roi a confié la mise en œuvre de l'Université Euromed-Fès au Pr Mostapha Bousmina, chancelier de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, ancien directeur général et cofondateur de MAScIR (Moroccan Advanced Science, Innovation and Research) et ancien professeur et directeur de recherche à l'Université de Laval, Québec-Canada. Le projet Euromed-Fès a été labélisé «Projet euro-méditerranéen» lors de la réunion des Hauts Fonctionnaires (SOM : Senior Officials Meeting) de l'UpM en juin 2012, ce qui ouvre à la fois des possibilités de financement auprès des instances européennes et de partenariats académiques soutenus par des institutions du pourtour euro-méditerranéen.

Le Professeur Mostapha Bousmina a été nommé Président de l'Université Euromed-Fès. (d'après www.lematin.ma, 07décembre 2012)

«Recherche scientifique» : consolidation du partenariat France-Maroc

Le ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche scientifique et de la formation des cadres et le ministère français de l'enseignement supérieur et de la recherche ont procédé, mercredi 17 octobre 2012 à Rabat, à la signature d'une déclaration conjointe qui concrétise leur engagement de soutenir et de développer le domaine de la recherche scientifique et la collaboration entre les universités.

En vertu de la déclaration conjointe, les deux départements ont convenu de développer le partenariat maroco-français en matière de recherche scientifique, à travers la consolidation des programmes existants de réseaux de recherche et de laboratoires internationaux associés et le soutien à l'entrepreneuriat.

Les deux parties se sont également engagées à conforter les interactions avec les alliances nationales thématiques de recherche en France pour renforcer la recherche collaborative sur des thématiques d'intérêt commun, notamment dans les domaines de la santé, des énergies renouvelables, des ressources naturelles et des technologies avancées.

La déclaration conjointe prévoit la création d'un collège doctoral maroco-français, mais aussi l'encouragement des efforts en matière de formation et de recherche, de mobilité des étudiants et des enseignants et les cotutelles de thèses, outre un meilleur déploiement d'établissements d'enseignement supérieur français d'excellence au Maroc dans les domaines prioritaires de l'ingénierie, du management, de l'architecture et de la santé.

Il s'agit également d'accompagner des projets déjà identifiés tels que la création d'un Institut National des Sciences Appliquées (INSA), d'une école centrale à Casablanca, d'une école de logistique par l'Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis à Tanger et d'une école d'architecture. Un consortium pour accompagner la création d'une faculté de médecine sera mis en place.

A noter que la coopération en matière d'enseignement supérieur et de recherche scientifique entre le Maroc et la France connaît un accroissement significatif aux niveaux de l'appui aux formations d'excellence et des projets de recherches conjoints entre les communautés scientifiques des deux pays. Plus de 700 accords de coopération interuniversitaires ont été conclus à cet effet entre des universités marocaines et françaises. (MAP, 17/10/2012).

«Maroc Innovation» : rencontre CGEM-Ministère de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies.

La stratégie «Maroc Innovation», lancée en mars 2011, commence à donner ses fruits. Une rencontre tenue à la mi-septembre à Casablanca par le ministère de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies et la CGEM a ressorti les résultats de cette stratégie

qui vise à mettre en place un écosystème favorable au développement de l'innovation et à positionner le Maroc parmi les pays producteurs de technologie. Il est à noter que cette stratégie, comme l'a rappelé le ministre à cette occasion, repose sur une «*vision transversale et une démarche participative avec l'objectif de faire de l'innovation un levier clé de la compétitivité des entreprises, d'ériger le pays en producteur de technologie, de promouvoir les capacités de recherche et développement au niveau des universités et de faire du Royaume une place attractive pour les chercheurs et de développer la culture de l'innovation*».



«Maroc Innovation» vise à mettre en place un écosystème favorable au développement de l'innovation.

Concrètement, il s'agit de produire 1 000 brevets marocains par an à partir de 2014 et créer 200 start-up par an d'ici deux ans. Pour ce faire, cette stratégie se décline en 13 chantiers regroupés en 4 axes, à savoir gouvernance et cadre juridique, infrastructures et clusters, financement et soutien à l'innovation et mobilisation des talents. Ainsi, la mise en œuvre de cette stratégie a donné lieu à la mise en place du Fonds de soutien à l'innovation doté de 380 millions de DH et du fonds d'appui aux clusters (62 millions de DH). Le premier finance des projets d'innovation et de développement technologiques essentiellement à travers trois instruments baptisés «Intilak» dédié au soutien du démarrage des start-up innovantes, «Tatwir» réservé au soutien financier des entreprises porteuses de projets innovants en R&D et «Prestation Technologique Réseau» (PTR). Ainsi, 25 projets sont accompagnés dans le cadre des deux premiers programmes pour une enveloppe de 20,4 millions de DH. En ce qui concerne l'axe relatif aux infrastructures, on a procédé à la sélection de 4 clusters (numérique, microélectronique, électronique et mécatronique et valorisation des produits de la mer), le soutien financier aux Centres techniques de l'innovation (45 millions de DH) et la poursuite de la politique de constitution des Cités de l'innovation.

De même, le cadre juridique de cette stratégie sera renforcé par l'adoption de nouveaux textes législatifs qui sont actuellement en préparation. Parmi les autres actions programmées, l'organisation de la deuxième édition des Trophées de l'innovation et le lancement du module «Création d'entreprises» qui concernera 5 universités et instituts supérieurs.

Pour la CGEM, cette stratégie vient à point nommé pour combler un vide qui existait dans le programme d'appui aux entreprises notamment au niveau de leur création et dans l'apport des instruments de financement concrets et importants. «*Ce qui est en mesure d'insérer l'économie marocaine dans un environnement du savoir et de l'innovation*» relève son vice-président. «*Mais encore faut-il mettre en place un véritable pacte entre tous les intervenants et l'établissement de solides passerelles avec les universités pour la promotion de la création et l'innovation*», insiste-t-il.

Cette rencontre a été également marquée par la présentation de témoignages de porteurs de projets retenus dans le cadre de cette stratégie et à la relance du rappel aux chercheurs pour postuler pour la 2^e édition des programmes «Intilak» et «Tatwir» lancée en août dernier.

Les «cités de l'innovation» adossées aux universités figurent parmi les chantiers majeurs préconisés par la stratégie «Maroc Innovation» qui vise le renforcement de la compétitivité des entreprises, promouvoir l'innovation et favoriser la valorisation de la recherche et le transfert technologique auprès des secteurs productifs. Le Maroc prévoit de mettre en place 14 cités d'innovation d'ici 2016. À ce titre, les quatre cités de l'innovation programmées sont adossées aux universités Mohammed V Agdal de Rabat, Cadi Ayyad de Marrakech, Hassan II Ain Chok de Casablanca, Mohammed Ben Abdellah de Fès. (d'après Lahcen Oudoud, in www.lematin.ma, 14 septembre 2012).

Alimentation et innovation : brainstorming entre la FENAGRI et l'OCP Innovation Fund for Agriculture

L'innovation dans le secteur agricole et agro-industriel a été au cœur d'une intéressante rencontre, début novembre à Casablanca, à l'initiative de l'OCP et de la FENAGRI. Sous le thème «Alimentation et innovation», cette rencontre, organisée par le fonds d'investissement OCP Innovation Fund for Agriculture, en collaboration avec la Fédération Nationale des Industries Agroalimentaires (FENAGRI) et le centre technique industriel de l'agroalimentaire (dépendant de la Fédération), s'est déroulé dans un contexte de mondialisation, synonyme de compétitivité, d'enjeux stratégiques et d'innovation.



Nathalie Barbe, directrice du Centre technique industriel de l'agroalimentaire. Ph.Saouri

Pour les chefs d'entreprise et les décideurs du monde agricole et agroalimentaire présents, il s'agissait là d'une plateforme de rencontres idoine pour échanger des idées autour du thème de la mondialisation. Ils se sont en effet unanimement accordés sur la nécessité d'améliorer leur compétitivité et de redéfinir l'organisation de demain pour leur secteur. Cela dit, «*cette rencontre vise à apporter des inputs en mobilisant des experts internationaux et en suscitant des échanges et une réflexion des industriels sur des thématiques transversales, mettant en valeur des actions entrepreneuriales et institutionnelles*», a tenu à souligner Amine Berrada Sounni, président de la Fenagri. Selon la plupart des intervenants à cette rencontre, il est temps de définir un chemin commun pour l'émergence d'idées opérationnelles, depuis la production agricole jusqu'à l'industrie agroalimentaire.

De par son action pour la promotion de l'innovation, de l'investissement et de l'entrepreneuriat dans les secteurs de l'agriculture et de l'agro-industrie, l'OCP Innovation Fund for Agriculture reste «*fortement intéressé à contribuer à cette initiative consistant dans un rapprochement entre les différents opérateurs par rapport à cette problématique qu'est l'innovation*», a pour sa part précisé Fatiha Charradi, PDG de l'OCP Innovation Fund for Agriculture.

Le séminaire projette de poursuivre la réflexion en orientant l'innovation spécifiquement autour de l'alimentation sur chaque maillon de la chaîne de valeur agricole avec pour objectif que l'ensemble des acteurs y trouve des pistes de réflexion, voire des réponses opérationnelles. (d'après Ilham Lamrani Amine, www.lematin.ma, 08 novembre 2012).

Le Maroc développe la recherche agricole avec l'appui de l'UE

Cinq universités marocaines et deux instituts spécialisés accueilleront bientôt des projets de recherche, au nombre de 23, initiés dans le domaine de l'agriculture. Un programme mené entre le Maroc et l'UE.



La préservation des écosystèmes agricoles est l'une des priorités des conventions signées entre le Maroc et l'UE.

Le ministère de l'Enseignement supérieur, de la recherche scientifique et de la formation des cadres a procédé, le 7 septembre dernier à Rabat, à la signature de plusieurs conventions pour le financement de 23 projets de recherche dans le domaine agricole, validés par des commissions spécialisées du Réseau méditerranéen de recherche agricole (dit ARIMNet) relevant de l'Union européenne. Ces conventions prévoient, pour un budget de 71,06 millions DH, dont 10 millions DH apportés par le Maroc, la conduite de recherches dans des domaines aussi variés que la culture des pommes de terre et des agrumes, la lutte contre les parasites des oliviers, la production d'huile d'olive et l'élevage bovin.

En vertu de ces conventions, il s'agit notamment de mener des travaux de recherche sur la rationalisation de l'eau d'irrigation pour faire face à la pénurie d'eau, ainsi que sur la biodiversité dans le pourtour méditerranéen et la sécurité alimentaire.

Cinq universités marocaines et deux instituts spécialisés accueilleront ces projets de recherche, à savoir les universités Moulay Ismail de Meknès, Hassan II de Mohammedia, Ibn Zohr d'Agadir, Abdelmalek Essaâdi de Tétouan et Cadi Ayyad de Marrakech, en plus de l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II et l'Institut national de la recherche agronomique (INRA). Lors de la cérémonie de signature, M. Daoudi a souligné qu'au-delà de sa vocation d'éducation et de formation, l'université marocaine est appelée à s'engager activement dans la recherche scientifique, tous domaines confondus, et à s'ouvrir sur le marché de l'emploi et les investissements. À préciser que le réseau ARIMNet regroupe 12 pays de l'Union européenne et de la Méditerranée et se donne pour mission de financer les projets communs de recherche portés par les chercheurs des pays partenaires.

Objectif : renforcer la coordination scientifique des programmes de recherche agricole afin de relever les défis dans le domaine de l'agriculture, notamment en ce qui concerne la sécurité alimentaire, la gestion des ressources naturelles et l'atténuation des menaces résultant des changements climatiques. (in www.lematin.ma, 08 septembre 2012)

Signature d'une convention de partenariat entre Microsoft et l'Université Cadi Ayyad

Microsoft et l'Université Cadi Ayyad de Marrakech (UCAM) ont signé, récemment, une convention de partenariat visant à améliorer l'épanouissement des étudiants en leur offrant une nouvelle dimension en matière de formation et d'apprentissage.

Signé en présence du président de Microsoft international, Jean-Philippe Courtois et du directeur de Microsoft Maroc, Samir Benmakhlouf, cette convention renforcera la vision du contexte numérique au niveau de l'UCAM et hissera son

potentiel d'attractivité en tant qu'université moderne, forte et créative aussi bien au niveau national qu'international.

Cette initiative s'inscrit dans la continuité des actions menées par Microsoft en faveur de l'enseignement supérieur pour développer une coopération stratégique de longue durée qui contribuera à créer des emplois, à améliorer la qualité de l'enseignement et à favoriser l'innovation au Maroc.

Ce nouveau partenariat porte aussi sur le nouveau programme mondial d'accompagnement de la jeunesse, lancé par Microsoft en septembre dernier et baptisé «Youth Spark». Son principal objectif est d'accompagner 300 millions de jeunes dans le monde d'ici 2015 pour les aider à se former et se lancer dans le monde du travail.

Le partenariat entre l'UCAM et Microsoft porte sur plusieurs axes, dont la mise en place d'un centre d'innovation et d'incubation au sein de l'UCAM, une productivité et communication unifiée «Cloud Microsoft», passeports numériques et, dans le domaine de la recherche scientifique, sur l'exploration des possibilités de collaboration avec les centres de recherche Microsoft, ainsi que sur la numérisation des supports de cours officiels des universités en collaboration avec Microsoft. (MAP, 15/10/2012)

Développement durable : Genève accueille le symposium maroco-suisse



Le 5^e symposium économique Euro-Méditerranée, qui s'est déroulé le 2 novembre dernier à Genève, a mis en vedette des experts et décideurs marocains, suisses et internationaux, réunis pour construire ensemble des partenariats tournés vers le développement durable.

Placé sous le Haut patronage de S.M. le Roi Mohammed VI, ce symposium de la Fondation Suisse-Maroc pour le développement durable (FSMD) réunit des acteurs de divers horizons autour des thèmes clés de *l'économie verte, l'environnement, les investissements socialement responsables et l'économie sociale*, indique-t-on auprès de la FSMD.

Relier les compétences suisses et marocaines pour réaliser des projets durables est l'une des idées phares retenues pour mettre en œuvre le signe, combien révélateur, de cette cinquième édition: «concrétisons le développement durable». Cinq thèmes principaux ont dominé les travaux de cette 5ème édition, à savoir «les régions et le défi économique», «la coopération scientifique au service du développement», «gouvernance et développement humain», «responsabilité sociétale des entreprises» et «développement durable: de la vision à l'implémentation».

Le symposium a été l'occasion de mettre en exergue les politiques et initiatives du Maroc en faveur du développement humain durable, qui portent essentiellement sur l'approche régionale du développement, la promotion des énergies renouvelables, l'Initiative nationale pour le développement humain (INDH), et l'encouragement des entreprises privées engagées pour la protection de l'environnement.

Les perspectives tracées durant le symposium économique sont capitalisées pour permettre à la Fondation d'élaborer des projets susceptibles de pallier les manques ou défaillances relevées et à même de promouvoir le transfert de connaissances, de compétences et de technologie.

Rendez-vous de choix pour les entreprises orientées vers l'avenir et le développement durable, l'évènement a prévu de décerner des prix d'excellence à des organisations ou entreprises proposant un projet exemplaire sur le plan du développement humain durable. Il s'agit du Prix d'excellence FSMD et des Prix dédiés à l'innovation technologique et au développement durable de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle. Le symposium a ainsi décerné trois Prix de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI) à Ciments du Maroc, TVP Solar SA et ABB Sécheron Ltd, deux sociétés suisses spécialisées respectivement dans la technologie thermo-solaire et les technologies de l'énergie et de l'automatisation.

Quatre prix d'excellence de la FSMD ont été, par ailleurs, attribués à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), la Fondation Crédit Agricole du Maroc pour le développement durable, la Fondation Solar Planet et la Compagnie Marocaine des Energies (CME SA).

Les lauréats des prix ont été sélectionnés parmi les entités défendant «un projet novateur et audacieux correspondant à l'un des domaines d'action de la FSMD». D'après les organisateurs, les réalisations devaient contribuer à favoriser la convergence et l'équilibre durable entre efficacité économique, solidarité sociale et responsabilité écologique.

Créée en 2004, la Fondation Suisse-Maroc pour le développement durable s'engage en faveur du resserrement des liens entre les deux pays en agissant notamment pour la promotion de projets durables. Dotée du statut consultatif spécial auprès du Conseil économique et social des Nations unies, la FSMD est active dans des domaines de développement durable aussi variés que l'éducation et la Formation, l'économie sociale, les droits de l'Homme, l'environnement, la recherche scientifique et l'innovation technologique. Elle se propose en outre de sensibiliser les acteurs économiques suisses, marocains et internationaux à la mise à niveau socio-économique des régions défavorisées du Maroc et à la valorisation de l'expertise suisse et internationale. (MAP, 22 Aout et 23 novembre 2012).

Energie : tenue au Maroc de la conférence politique de la charte de l'énergie



La Charte de l'énergie organise chaque année une conférence «statutaire», en principe en fin d'année, et une conférence dite «politique» mettant l'accent sur un thème et/ou une région particulière.

Cette conférence convie l'ensemble des Etats signataires et observateurs de la Charte de l'Energie, ainsi que les organisations internationales concernées et plusieurs experts.

La conférence politique 2012 s'est déroulée au Maroc les 20 et 21 septembre 2012, organisée conjointement par le Secrétariat de la Charte de l'Energie et le Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. Sous le thème «**La création d'un marché régional de l'énergie compétitif et intégré dans la région Afrique du Nord et Moyen-Orient : la contribution de la Charte de l'Energie**», ce fut la 1ère édition organisée hors des pays signataires du Traité de la Charte de l'Energie, ce qui témoigne de l'intérêt accordé par la communauté internationale à la stratégie énergétique nationale. Les questions politiques essentielles qui se posent au secteur de l'énergie au niveau international et les importants

développements énergétiques attendus dans la région Afrique du Nord et Moyen-Orient dans les toutes prochaines années, ont été à l'ordre du jour.

Le Comité Industriel Consultatif a été mis en place par la Charte de l'Energie en 2004 afin de renforcer le dialogue avec l'industrie énergétique et le secteur privé, particulièrement en matière d'atténuation des risques et d'amélioration du climat des affaires.

Les membres du Comité sont sélectionnés parmi les pays membres de la Charte afin d'assurer une bonne représentativité à la fois géographique et de l'ensemble de l'industrie énergétique.

Une réunion de ce Comité sera organisée en marge de la Conférence, durant la matinée du 20 septembre 2011. Elle réunira des entreprises internationales leaders dans le secteur de l'énergie.

La Déclaration de la conférence de la Charte de l'Energie (ou Charte de l'Energie) est une convention sectorielle multilatérale, signée en décembre 1991, juridiquement non contraignante, mettant en place le cadre, les fondements et les principes généraux nécessaires à la création d'un climat approprié pour la coopération régionale et internationale dans le domaine de l'énergie, en vue d'assurer la sécurité des approvisionnements énergétiques.

Cette Charte souligne les principes économiques nécessaires au développement du secteur de l'énergie aux niveaux national et international : suppression des obstacles au commerce de l'énergie; adoption de cadres politiques et législatifs d'investissement afin d'attirer les capitaux, les expertises techniques et les technologies; adoption des principes de marché libre dans le secteur de l'énergie.

La Charte souligne également l'importance de l'environnement dans toute politique énergétique. En outre, elle prend en considération la souveraineté des Etats sur leurs ressources naturelles énergétiques. La Charte a pris la forme d'un instrument international juridiquement engageant, le Traité de la Charte de l'Energie dont la fonction principale est d'établir et d'améliorer le cadre juridique pour la coopération énergétique, prévu par la Charte. Vingt-quatre (24) pays, dont le Maroc, en sont observateurs.

Le Traité de la Charte de l'Energie a pour vocation d'offrir un cadre juridique international permettant la protection des investissements dans le secteur de l'énergie et le renforcement des échanges et du transit des produits énergétiques. Le Traité respecte strictement le principe de souveraineté des Etats sur les ressources énergétiques, n'impose aucun mode d'exploitation de ces ressources et ne fixe aucune règle sur la perception de taxes ou royalties s'appliquant à cette exploitation.
(<http://new.massolia.com>)

Environnement : Charte nationale de l'environnement et du développement durable



La tant attendue «Charte nationale de l'environnement et du développement durable» pourrait enfin voir le jour. Un projet de loi-cadre vient d'être déposé au Secrétariat général du gouvernement (SGG) avec des fondements et des principes bien définis pour constituer selon ses initiateurs «une véritable référence pour les politiques publiques du pays en la matière». Érigé en texte prioritaire dans le processus de législation, le texte pourrait bien aller au-delà d'une simple réglementation qui régirait les activités économiques étroitement liées à l'environnement, pour constituer un cahier des charges qui vise à faire aboutir une stratégie nationale digne de ce nom.

Deux objectifs principaux animent l'exécution de cette loi, à savoir l'instauration d'un cadre juridique dans le domaine de la protection de l'environnement et du développement durable ainsi que la définition d'un ensemble d'objectifs fondamentaux que le gouvernement devra mener dans ces domaines. Plus concrètement, cette nouvelle réglementation devrait, après adoption, proclamer «les principes qui devront être respectés par l'État, les collectivités territoriales et les établissements et entreprises publiques et leurs partenaires». Une finalité alors se fait jour, à savoir la protection juridique des ressources et des écosystèmes du royaume et ceci par la mise en place effective de mesures de lutte contre toutes les formes de pollution et de nuisance. Sur le terrain, le renforcement de la protection de l'environnement pourrait alors se traduire par la mise en place d'une «police environnementale» qui consacrerait un «système de responsabilité environnementale assorti d'un mécanisme de financement des réparations et d'indemnisation des dommages causés à l'environnement». Dans sa structure, cette nouvelle réglementation se construit sur la base d'un certain nombre de principes tels que l'intégration qui consiste à adopter une approche globale et intersectorielle, de territorialité, de solidarité, de précaution visant à la mise en place de mesures adéquates, économiquement viables et acceptables. Dans une

approche préventive, celle-ci prévoit l'élaboration d'outils d'évaluation et d'appréciation. Cette dimension devra alors être accompagnée d'une «réforme du régime juridique des établissements insalubres, incommodes ou dangereux». Un cadre juridique donc bien étudié qui prévoit dans son volet «intégration» la participation de tous les tissus économiques nationaux.

«La croissance de tous les secteurs et activités devra s'inscrire dans le cadre du développement durable». Voilà un extrait de la loi cadre qui en dit long sur le degré d'implication de nombreux secteurs économiques dans le chantier «protection de l'environnement». Ces derniers devront sur le terrain réduire la pression sur les ressources naturelles utilisées et recourir aux technologies de production propres. Un appel est donc lancé aux entreprises qui n'auraient à ce jour pas encore adopté «l'esprit vert» dans leurs activités. Dans le détail, le projet de loi fait état de plusieurs secteurs principalement concernés par le respect de l'environnement, à savoir l'énergie, l'eau, l'agriculture, les transports, le tourisme, l'urbanisme, la construction, la gestion des déchets et l'industrie en général. Ces derniers sont considérés par les législateurs comme «disposant d'une haute potentialité de durabilité et présentant un caractère prioritaire en termes de respect de l'environnement». Dans ce sens, les départements ministériels concernés par ces domaines d'activités devront veiller à la mise en œuvre du cadre réglementaire et ceci en s'assurant de l'intégration d'un système de responsabilité écologique dans leur mode de gestion ainsi que dans leur cycle de production. De leur côté, les entreprises publiques et privées devront procéder à des audits environnementaux pour déterminer l'impact de leurs activités sur l'environnement, réduire les effets négatifs de leurs activités sur les écosystèmes dans lesquels ils sont implantés et adopter une communication transparente sur leur gestion environnementale.

Enfin, comme tout projet requiert du financement, le nouveau cadre réglementaire accorde une large part au volet de la fiscalité. Désormais le secteur privé devra s'acquitter de taxes écologiques et de redevances imposées aux activités caractérisées par un niveau élevé de pollution et de consommation de ressources naturelles. Enfin pour les plus impliqués, un système d'écotax devrait être institué pour promouvoir les produits ou services ayant un impact réduit sur l'environnement. Tout le challenge reste aujourd'hui celui de la mise à niveau des entreprises n'ayant pas encore intégré la responsabilité environnementale dans leurs stratégies. Pour celles qui ont déjà une longueur d'avance, ce nouveau cadre juridique ne sera qu'une formalité. (www.lesechos.ma, 18 octobre 2012)

Géosciences et régionalisation : pour un rôle plus actif dans le développement régional.

«Géosciences et régionalisation» était le thème de la conférence organisée par l'Association marocaine des sciences de la terre (AMST) et qui a réuni des spécialistes venant d'horizons variés comme les ministères, les établissements publics, l'industrie, les universités, les instituts de recherche, la société civile et le monde politique et a constitué ainsi une occasion pour débattre des multiples facettes des géosciences et de ses apports dans le développement économique.



Pour Abdellah Mouttaki, président de l'AMST, «les sujets traités sont primordiaux pour notre avenir et sont au cœur des défis du XXIème siècle : problématiques de l'eau, des matières premières minières et énergétiques, des sols, des changements climatiques et celles du développement durable». Et de rajouter que «au Maroc, le constat que nous pouvons faire aujourd'hui est que les géosciences sont essentiellement cantonnées dans deux secteurs traditionnels, l'enseignement et la recherche scientifique d'une part, et celui de la recherche et du développement des matières premières minières et énergétiques de l'autre. Le but de cette conférence-débat est d'ouvrir les géosciences sur la société et d'aller au-delà de leur apport dans ces domaines traditionnels, en élargissant leur champ d'action selon les spécificités de chaque région».

Lors de son intervention, Mme Amina Benkhadra, présidente d'honneur de l'AMST a déclaré que «les géosciences sont d'une extrême importance pour la connaissance du sol et du sous-sol et contribuent à l'évolution de nombreux domaines comme les ressources minières, pétrolières, hydriques, l'aménagement du territoire et l'environnement. Elles constituent un vecteur très important pour le développement régional dans un pays comme le nôtre, pays qui se caractérise par une géologie très diversifiée et très productive».

Après avoir donné un large aperçu sur les travaux d'exploration et d'infrastructure géologique modernes lancés depuis le début du siècle dernier, Mme Benkhadra a souligné que «**les défis restent importants pour mettre en évidence les gisements cachés et nécessitent**

des techniques de recherche pointues et des ressources d'innovation».

Ainsi, les recommandations issues de cette conférence concernent les points suivants :

Au niveau du métier de géologue.

1. Formation et recherche : élargissement du référentiel de formation et de recherche en impliquant les acteurs économiques pour intégrer des spécialités touchant au développement régional et introduire quelques modules de base sur la région, ses spécificités, sa stratégie de développement, sa géologie, ses ressources naturelles, son potentiel, ses projets, ses besoins, etc.
2. Infrastructure géo scientifique : conception, réalisation et partage d'une infrastructure géo scientifique à dimension régionale sur les principales thématiques spécifiques à chaque région (cartes de différents types, géo portail régional, systèmes d'information géographique thématiques, etc.).
3. Expertise et services professionnels : développement d'une expertise technique pour les secteurs, les projets et les besoins de la région et de ses acteurs économiques et mise en place de services professionnels, comme les laboratoires et les ateliers techniques.
4. Réseautage et alliances : amélioration du positionnement du métier de géologue en nouant des relations de premier ordre avec tous les intervenants dans la chose régionale.

Au niveau de la région,

1. L'intégration de la reconnaissance géologique comme composante de base pour le développement régional avec présence d'un géologue pour superviser et optimiser la réalisation des projets.
2. Pour chaque région, élaboration d'une matrice basée à la fois sur ses spécificités thématiques et sur les différentes facettes du métier du géologue, telles que nous les présentons ci-dessus et affecter les ressources humaines et financières nécessaires pour la réalisation des projets.
3. Présentation de cette matrice au niveau des régions pour le choix et la validation des axes de développement. (d'après www.lematin.ma, 15 juillet 2012)

Promotion de l'innovation : du financement pour les porteurs de projets innovants

Le ministère de l'Industrie, du commerce et des nouvelles technologies lance un appel pour les entreprises porteuses de nouveaux projets innovants et qui veulent bénéficier du financement pour concrétiser leurs idées.

Les entreprises porteuses de nouveaux projets innovants peuvent de nouveau bénéficier du financement de la part des pouvoirs publics pour pouvoir mettre en œuvre leurs idées à concrétisation. En effet, le ministère de l'Industrie, du commerce et des nouvelles technologies lance pour l'année 2012 trois nouvelles éditions d'appel à projets pour les instruments de financement «Intilak», «Tatwir» et «Prestation technologique réseau» (PTR) destinés à promouvoir l'innovation, valoriser la recherche & développement (R&D) et générer la propriété industrielle et intellectuelle au Maroc.



Ce financement vise à promouvoir l'innovation, valoriser la R&D et générer la propriété industrielle et intellectuelle au Maroc.

L'instrument «Intilak» est destiné aux start-ups innovantes ayant moins de deux ans d'activité en phase de démarrage, porteuses d'un projet d'innovation ou d'un projet de valorisation R&D. Cette offre finance 90% des dépenses du projet, dans la limite d'un million de dirhams. L'instrument «Tatwir» s'adresse aux entreprises ayant plus de deux années d'existence, dédié aux projets de R&D portés par une entreprise ou un groupement d'entreprises opérant dans le cadre d'un cluster en phase de développement ou un consortium d'entreprises et organismes de recherche. Cet instrument finance 50% des dépenses du projet, dans la limite de 4 millions de dirhams.

Pour le troisième instrument dit «PTR», il concerne les projets d'appui à l'innovation et au développement technologique portés par des entreprises, consortia ou groupements d'entreprises. Il couvre les dépenses afférentes aux prestations éligibles à hauteur de 75%, et ce, dans la limite de 100 000 dirhams.

Les porteurs de projets qui voudront se porter candidats à ces offres peuvent soumettre en ligne leurs dossiers de candidature à travers la plateforme de gestion du Centre marocain de l'innovation (www.cmi.net.ma), et ce, depuis déjà le mois dernier.

Par la suite, ces entreprises doivent déposer leurs dossiers (format papier) au niveau du Centre marocain de l'innovation, sis au Technopark Casablanca, au plus tard le 28 septembre 2012 pour les instruments de financement «Intilak» et «Tatwir». Par contre, les demandes pour bénéficier de l'instrument de financement «PTR» devaient être déposées le 20 du mois dernier.

Par ailleurs, il est à noter que le Centre marocain de l'innovation a été dernièrement transformé en Société anonyme dans le but de renforcer sa gouvernance et de se doter de moyens pour définir une stratégie de développement.

Ce centre, rappelons-le, a été créé en juillet 2011. Au cours de sa courte existence, il a développé un référentiel de validation de l'innovation et a rendu opérationnels les instruments de financement du Fonds de soutien à l'innovation, d'après le ministère de tutelle.

Ce premier bilan du centre fait également état d'une réception de plus 143 demandes de financement pour l'ensemble des instruments dudit Fonds.

Autre réalisation, le processus de gestion des appels à projet est entièrement dématérialisé pour l'ensemble des intervenants sur le processus de soumission.

Pour le Fonds de soutien à l'innovation, il est doté d'un budget de 380 millions de DH pour la période 2011-2014. Le Fonds finance des projets d'innovation et de développement technologiques essentiellement à travers trois instruments cités, en l'occurrence «Intilak», «Tatwir» et «PTR». Il s'agit des avances remboursables, en cas de succès, pour les deux premiers outils et des subventions pour les prestations d'aide à l'innovation et développement technologique PTR.

En plus du programme de soutien à l'innovation, on a mis en place un autre relatif au financement de la R&D orientée Marché dans le secteur des technologies avancées.

Ce programme vise, sur la période 2011-2013, le financement de 50 projets de R&D présentés conjointement par une entreprise associée à un laboratoire public de recherche ou un consortium de laboratoires publics pour un coût global de 50 millions de DH. L'appui couvre à hauteur de 50% et dans la limite de 2 millions de DH, les dépenses liées au projet de recherche et développement dans le secteur des technologies avancées.

- La stratégie de l'innovation vise à produire 1 000 brevets marocains par an et créer 100 start-ups innovantes par an à partir de 2014.
- Dans le cadre de l'amélioration de l'offre d'enseignement supérieur, l'on prévoit en 2012 la distribution des prix d'Excellence à 3 900 étudiants au niveau des quinze universités, et ce, pour «l'émulation de l'excellence et de stimulation de l'innovation».
- On prévoit également la généralisation du programme «Injaz» à tous les étudiants de Master-Doctorat toutes filières confondues, inscrits dans les établissements publics d'enseignement supérieur soit près de 45 000 étudiant.

«Pour les Femmes et la Science» : lancement de la sixième édition

Pour la sixième année consécutive, L'Oréal Maroc lance la sixième édition du Programme national L'Oréal-Unesco «Pour les Femmes et la Science». Le programme national «Pour les Femmes et la Science», mis en place par L'Oréal Maroc en partenariat avec la commission nationale de l'Unesco et le Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique octroie chaque année cinq bourses d'études à l'échelle nationale à des jeunes étudiantes souhaitant s'engager dans la voie de la recherche scientifique. D'une valeur de 50 000 DH chacune, ces bourses s'adressent à de jeunes femmes en 2e année de doctorat en biologie, qui souhaitent financer leur thèse de recherche. Le programme qui, pour sa première édition, a concerné sept universités nationales a été élargi à l'ensemble des universités du Royaume.

Le lancement de ce programme au Maroc a permis d'inciter la femme marocaine à poursuivre des études dans le domaine de la recherche scientifique, de tisser des liens de confiance et de respect entre le géant cosmétique et la communauté scientifique marocaine et d'encourager le progrès de la science au Maroc.



Les boursières de l'édition 2011 du programme «Pour les Femmes et la Science».

Les boursières de l'édition 2011(photo), qui viennent de différentes universités du Royaume, travaillent toutes sur des sujets très diversifiés et ont été choisies après un premier examen de leur dossier puis un entretien oral devant un jury d'experts scientifiques. Leurs thèmes de recherche sont menés notamment dans les institutions de recherche suivantes et concernent :

- Institut agronomique et vétérinaire (IAV) Rabat : diversité des variétés locales marocaines de blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) et étude de l'impact des pratiques humaines et des contraintes climatiques dans les agro écosystèmes marocains, et ce, afin de préserver et valoriser ces ressources phylogénétiques.
- Faculté des Sciences Cadi Ayyad-Marrakech : recherche de nouvelles molécules douées d'activité inhibitrice des pompes à efflux. Une approche nouvelle permettant une restauration de l'activité des antibiotiques et une limitation

de l'émergence de souches multi résistantes associées à des infections microbiennes.

- Faculté des sciences de Settat : travail d'innovation dans l'exploitation du secteur des plantes aromatiques et médicinales par la valorisation d'une substance naturelle (le romarin) sous forme d'un nouveau produit cosmétique à forte valeur ajoutée.
- Faculté des Sciences et Techniques de Mohammedia : transformation génétique du blé par les gènes qui confèrent la tolérance à la sécheresse dans le but de participer à l'augmentation des rendements et au développement économique de la région.
- Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech. Afin d'atténuer la problématique de régression des arganeraies, soumises à plusieurs contraintes en particulier la sécheresse, et en l'absence de moyens de régénération naturelle, il est envisagé, à travers la culture in vitro, de faire un travail de sélection des plantes tolérantes au stress hydrique et salin et leur multiplication en masse pour pouvoir les replanter dans les aires dégradées. (d'après www.lematin.ma, 05 septembre 2012)

Invité par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, Serge Haroche, prix Nobel de physique 2012, se rendra au Maroc, son pays d'origine, en février prochain pour participer à la session plénière solennelle 2013.

Le physicien français Serge Haroche, qui vient de recevoir le prix Nobel de physique 2012, a annoncé qu'il effectuera une visite au Maroc en février prochain. «J'ai été invité par l'Académie Hassan II des sciences et techniques avant le prix Nobel, et j'ai le grand plaisir de me rendre à Rabat en février prochain», a déclaré M. Haroche, qui était jeudi soir l'invité de Radio Chaîne inter. «J'ai passé une partie de mon enfance et ma jeunesse à Casablanca et j'ai gardé un souvenir extraordinaire de cette ville, du soleil et de l'atmosphère méditerranéenne», a-t-il dit.



Serge Haroche

En ce qui concerne le Nobel qu'il vient de recevoir, M. Haroche a affirmé qu'il ne s'y attendait pas, ajoutant qu'il savait qu'en 2012, la physique quantique pourrait être primée parce les années passées avaient porté sur d'autres sujets.

«Je tiens à dire que ce prix est le fruit d'un travail d'équipe et je suis très content de le partager avec mes collègues avec qui j'ai travaillé», a déclaré le physicien. «Le fait de comprendre le monde de la physique à partir des lois mathématiques m'avait fasciné dès le départ avec le lancement, dans les années 1950, des premiers satellites artificiels et fusées vers la lune et j'ai compris ce que je voulais faire de la physique en y appliquant les mathématiques», a-t-il affirmé. La décohérence pour laquelle ce prix a été attribué est un phénomène du domaine quantique», a-t-il affirmé, expliquant que «dans le monde classique on comprend intuitivement, alors qu'à l'échelle microscopique, les lois sont contre-intuitives et le passage de l'un à l'autre est expliqué par la décohérence».

«Ces recherches permettent d'améliorer la sensibilité et la précision de certains appareils de mesure dont les horloges qui sont devenues capables de détecter les masses des matières dans le sous-sol ou les déplacements de la croûte terrestre prémisses des tremblements de terre», a-t-il fait savoir, observant que ses travaux seront aussi «la base des ordinateurs quantiques plus efficaces que les ordinateurs classiques».

«La science est un domaine qui demande beaucoup de temps et d'efforts sur le long terme et je pense qu'il faut améliorer la qualité de l'enseignement pour éveiller la curiosité et créer les conditions de la pensée scientifique chez les jeunes au Maroc comme en France», a-t-il rajouté.

Né en 1944 à Casablanca, Serge Haroche a fait ses études à l'Ecole Normale Supérieure (ENS), où il a soutenu sa thèse avant d'intégrer le CNRS. Il est devenu, par la suite, maître de Conférences à l'Ecole Polytechnique puis professeur à l'Université Paris VI et membre de l'Institut de France. Il a enseigné à l'Université de Yale, aux Etats-Unis et a été nommé en 2001 professeur au Collège de France pour la chaire de Physique quantique.

Il dirige actuellement le groupe d'électrodynamique des systèmes simples au laboratoire Kastler Brossel du Département de Physique de l'ENS. Spécialiste de physique atomique et d'optique quantique, Serge Haroche avait déjà été récompensé en 2009 par la Médaille d'Or du CNRS.

L'Académie royale des Sciences de Suède a attribué le prix Nobel de Physique 2012 à Serge Haroche et à l'Américain, David Wineland, spécialistes d'optique quantique et dont les travaux ouvrent la voie à des ordinateurs surpuissants et des horloges d'une précision extrême. (MAP, 12/10/2012)

Le marocain Kamal Oudrhiri (NASA), participe à l'équipe pour la mission «Curiosity» sur Mars

L'ingénieur marocain en télécommunications à l'Agence spatiale américaine NASA, Kamal Oudrhiri, fait partie de l'équipe de radio-science sondant l'arrivée du robot «Curiosity» sur la planète Mars, pour une mission scientifique pionnière visant à détecter si l'environnement sur le sol martien a été propice à la vie dans le passé.



L'ingénieur marocain Kamal Oudrhiri

L'expérience américaine «Mars Science Laboratory» et son rover «Curiosity» se sont posés dans la nuit du 6 août dernier dans le cratère Gale de la planète Mars, rejoignant sur notre voisine rouge les robots Spirit et Opportunity.

Son objet était un programme d'étude de l'habitabilité de Mars ainsi que de son climat et de sa géologie. Les données collectées seront utilisées dans la perspective d'une future mission humaine sur Mars.

Partie en novembre 2011, Curiosity a atterri sur Mars après neuf mois d'un voyage sans problème. Le vaisseau spatial a envoyé des signaux vers la terre, que l'équipe de radio-science de la NASA supervisée par l'ingénieur marocain s'est employé à capter pour déterminer le succès de la mission étape par étape.

«En tant que maroco-américain, je suis bien évidemment très honoré de participer à cette mission extrêmement importante pour la NASA, l'Amérique et le reste du monde», a déclaré Kamal Oudrhiri, précisant que le succès de la mission préparera le chemin à de futures expéditions humaines vers Mars. (d'après www.emarakech.info, 05 Aout 2012)

Les révélations de la météorite de Tissint, publiées dans les revues internationales par les chercheurs des universités marocaines

Après six mois de recherches, les premières données scientifiques sur la météorite martienne de Tata (Tissint) sont apparues dans une revue américaine spécialisée «Meteorite, International Magazine for Meteorites and Meteorite Science» (<http://www.meteoritemag.org/>) sous le titre «The Martian Meteorite of Tissint (Tata, Morocco) Preliminary Scientific Study» par un groupe de scientifiques sous la direction de professeur Abderrahmane Ibhi, de l'Université Ibn Zohr d'Agadir.



Le professeur Abderrahmane Ibhi, spécialiste de la pétrologie minéralogique des roches terrestres et extraterrestres à l'Université Ibn Zohr, Agadir.

L'existence de fragments d'une météorite martienne dans la région de Tata a été portée à l'attention d'un groupe de scientifiques de la Faculté des Sciences d'Agadir (Université Ibn Zohr, Maroc) au début du mois de Janvier 2012, par un nomade qui avait trouvé un fragment de cette météorite martienne dans la région de Tissint (Tata Maroc). Aussitôt, une expédition scientifique est arrivée sur les lieux, pour ramasser des débris de cette météorite martienne. Dors et déjà, une course contre la montre est lancée pour décortiquer les mystères de la planète rouge et établir une publication, a expliqué le professeur Abderrahmane Ibhi.

La météorite de Tata est une Shergottite à olivine typique d'une roche arrachée d'un volcan de la planète rouge. L'étude pétrographique montre que c'est un volcanisme rapide puisque la mésostase est finement cristallisée avec une association de phénocristaux ferromagnésiens à relief fort (olivine et pyroxènes) et des minéraux incolores à faible relief (feldspaths), ces derniers ne présentent pas de macles, ce sont des feldspaths amorphes «maskelynite» (phase vitreuse de composition plagioclasique résultant d'un choc et d'un métamorphisme d'impact). Expliquant ainsi que cette météorite a subi un choc important pour se libérer du corps parent.

La météorite montre une richesse en méga cristaux d'olivine qui sont cristallisés dans une grande chambre magmatique. L'origine de ces phases, dans les roches terrestres, est encore sujet de discussion, mais la majorité des auteurs les ont divisé en deux groupes, phases équilibrées et non équilibrées, selon leur relation génétique avec la lave hôte. Dans le cas de Tissint ces phases montrent un déséquilibre avec la lave hôte. Il est probable qu'il existe une relation entre la durée de séjour et l'équilibre des méga-cristaux avec la lave hôte. Ces méga-cristaux montrent des défauts cristallins généralement remplis de fluides (inclusions fluides). Ces informations seront très intéressantes pour l'étude des fluides liés au volcanisme, elles nous apprendront beaucoup sur l'histoire volcanique de la planète Mars a souligné le professeur Abderrahmane Ibhi.

Concernant les données de cet article, le professeur Abderrahmane Ibhi a animé une conférence à l'Université d'Orléans (Mai 2012, Ecole polytech); une autre sera toujours animée par le minéralogiste marocain dans le cadre du congrès «International Meteor Conference (IMC 2012 le mois de septembre prochain aux Iles canaries. Le débat sur les secrets de cette météorite est donc loin d'être clôturé, au contraire elle vient de commencer. (www.emarrakech.info, 30 juin 2012).

De son côté, l'équipe du professeur Hasnaa Chennaoui Aoudjehane de la **Faculté des sciences Aïn Chock de l'Université Hassan II de Casablanca**, révèle les secrets de la météorite martienne Tissint, tombée en juillet 2011. Les résultats de l'étude «Tissint Martian Meteorite: A Fresh Look at the Interior, Surface and Atmosphere of Mars», parus dans la revue «Science» (www.sciencemag.org) le 11 octobre 2012, montrent qu'il y a présence d'atmosphère sur Mars et des traces d'altération de la surface de la planète rouge.



Le professeur Hasnaa Chennaoui-Aoudjehane de l'université Hassan II de Casablanca examine un fragment de la météorite martienne de Tissint.
©Hasnaa Chennaoui-Aoudjehane

L'équipe du professeur Chennaoui, composée de 20 chercheurs, a pu obtenir ces résultats en analysant "une quantité importante de matrice fondue de la météorite sous forme de verre, qui permet aux scientifiques d'avoir accès à un matériel original et non contaminé par la pollution terrestre."

Le communiqué précise que "les travaux sur cette roche sont très importants dans le contexte actuel de la recherche sur Mars et de la mission Curiosity, d'autant que les missions de retour d'échantillons martiens ne sont plus tout à fait d'actualité." Les résultats obtenus par l'Université Hassan II de Casablanca "serviront de base à tous les travaux à venir qui sont en cours dans plusieurs laboratoires dans le monde."

Vers la création d'un musée national pour la préservation du patrimoine céleste?



Un fragment de la météorite Tissint qui est tombée en juillet dernier dans le Sud marocain.
©Carl B. Agee / AFP

Une nouvelle météorite est tombée sur le sol marocain; il s'agit d'une météorite pierreuse carbonée qui est tombée le 20 Mai 2012 à environ 22h 45mn dans la région d'Aoussred, selon le spécialiste marocain le professeur Abderrahmane Ibhi, responsable du Club d'Astronomie Ibn Zohr à Agadir.

La météorite d'Aoussred s'ajoute ainsi à la liste des chutes météoritiques au Maroc, après la chute de la météorite de Tissint, tombée le lundi 18 juillet 2011 vers 02h 15 du matin dans la région de Tissint (Tata), celle de Tamdakht, région de Ouarzazate, tombée le 20 décembre 2008 à 22h37 et celle de Benguerir, tombée le 22 novembre 2004 à 11h45 dans la région de Benguerir. Ces chutes importantes de météorites amènent à songer sérieusement à la création d'un **musée régional ou national** pour préserver ce patrimoine céleste tel les météorites du Maroc, puisque le Maroc est un pays de météorites, a souligné le professeur Ibhi.



ARCHEOLOGIE

1. Découverte de deux squelettes d'humains dans la province d'El Hajeb (Moyen-Atlas)



(Ph Archive)

L'Institut National des Sciences de l'Archéologie et du Patrimoine (INSAP) et la Direction Régionale du Ministère de la Culture de Meknès-Tafilalet ont annoncé qu'une équipe commune de chercheurs marocains ont réussi la découverte de deux squelettes d'humains de sexe masculins, enfouis et séparés l'un de l'autre par une couche sédimentaire de 0.5 m. Les deux squelettes d'hommes ont été découverts dans la grotte Kehf El Hallouf 2, dans la commune d'El Ksir à environ 6 km au sud-ouest de la ville d'Aïn Taoujdade (province d'El Hajeb).

Le 1er squelette est âgé entre 6000 et 8000 ans, il s'agirait d'un homme enterré dans une **étroite** fosse en position assise, avec les membres inférieurs fortement contractés; les talons des pieds touchant le bassin alors que ses genoux sont ramenés au niveau du thorax.

«Les os des bras sont allongés le long du thorax tandis que ceux de l'avant-bras et des mains reposent directement sur le sol. Le crâne, légèrement baissé vers l'avant, a le regard orienté vers le nord. L'ensemble du corps rabattu sur le côté gauche s'appuyait sur un grand bloc surmonté d'un agencement d'amas de pierres. Un outil en pierre, un grattoir, semble être déposé intentionnellement au niveau des pieds du défunt» décrivent les chercheurs de l'INSAP.

Le 2^{ème} squelette, est vieux d'entre 8000 et 14000 ans, appartient à une personne adulte de sexe masculin : «Il a été mis à terre dans une fosse ovale de petite taille dont les parois ont été délimitées par des blocs de tailles moyennes. Le corps a été déposé dans une position repliée sur le côté droit. Les os du bras droit ont été placés le long du corps avec la main qui arrive jusqu'au bassin tandis que ceux du bras gauche ont été repliés et reposaient à proximité du crâne. Ce dernier, orienté vers le sud-est et basculant

légèrement vers l'arrière, a été spécialement couvert par une petite dalle de calcaire» relèvent les archéologues marocains.

L'âge des deux squelettes sera déterminé avec des taux d'incertitudes plus serrés grâce à la technique de datation radiométrique, malgré que les premières constatations scientifiques basées sur l'analyse de la stratigraphie et des prélèvements archéologique, permettent de conclure qu'il s'agit de sépultures qui daterait du Néolithique pour la plus récente, et de l'Épipaléolithique pour la plus ancienne. (www.emarrakech.ma, 18 septembre 2012)

2. Découverte d'une nouvelle espèce de dinosaure au Maroc



Ces fossiles avaient été découverts dans le sud-est marocain, à la région de Tafilalet en 2007.

Cinq ans ont été nécessaires pour les dater, les déterminer et les comparer, pour en définir l'espèce nouvelle, dont les traits de caractère ont pu être rassemblés en analysant le morceau retrouvé, de son énorme crâne, et notamment sa cavité oculaire. La forme de ses dizaines de dents tranchantes a renseigné sur sa carnivorerie, il était long d'une douzaine de mètres et vieux de 95 millions d'années.

Son nom scientifique est **Sauroniops pachytholus**, nommé couramment par les paléontologues l'ayant découvert (*fans vraisemblablement des seigneurs des anneaux*), Sauron.

Sauron est un carcharodontosauridé, de la famille des allosaures, selon le journal scientifique Acta Paleontologica Polonica qui publia une étude sur ce dinosaure marocain unique en son genre. (www.emarrakech.ma, 08 novembre 2012)

3. Découverte surprenante d'une espèce de loup dans le Moyen-Atlas

Le petit monde des spécialistes de *Canis lupus* est en émoi. En fin de la semaine dernière, un groupe de scientifiques marocains et espagnols a annoncé la «découverte» de loups au Maroc: une première. L'équipe menée par Vicente Urios (université d'Alicante) a installé des pièges photographiques dans le massif du Moyen Atlas, au nord-est du royaume chérifien.



Le loup découvert

L'an passé, explique un article paru dans Quercus, (<http://www.quercus.es/noticia/4932/Avances/detectan-lobo-marruecos-gracias-uso-fototrampeo.html>), les caméras ont photographié des spécimens qui ressemblent effectivement au loup. La découverte n'étonne, en fait, qu'à moitié. Interrogés par les chercheurs, des bergers berbères leur ont confirmé la présence, depuis des lustres, d'un grand et d'un petit chacal. Le premier s'apparentant à un loup; le second au chacal doré (*Canis aureus*).

Une information que confirme, à Paris, Philippe Gaubert. «*Cette découverte est parfaitement plausible*, explique le chargé de recherche à l'Institut de recherche pour le développement (IRD). *D'après nos investigations génétiques, il y a aussi des loups en Algérie, au Mali, dans le nord du Sénégal, en Egypte et en Ethiopie. Il n'y a donc aucune raison écologique de ne pas en trouver au Maroc.*»

Un loup d'accord, mais de quelle espèce? Toutes les recherches (génétiques, notamment) montrent qu'il s'agit du loup d'égypte (*Canis lupus lupaster*) qui a déjà colonisé une bonne partie de l'Afrique du Nord.

Problème pour les biologistes, cette sous-espèce de loup pourrait avoir tendance à «s'hybrider» avec le chacal. Résultat: des animaux qui ressemblent à des intermédiaires entre chacal.

«*On observe couramment ce phénomène en Amérique du nord*, précise Philippe Gaubert. *Là-bas, le loup s'hybride avec le coyote, ce qui donne des populations hybrides fixées telles que le loup rouge.*»

(<http://www.journaldelenvironnement.net/article/des-loups-au-maroc,30548>, 4 septembre 2012)

4. Découverte dans la région de Tanger d'une grotte souterraine à grand intérêt biologique



La grotte «Laânassar», située dans la zone du Déroit de Gibraltar

Une équipe de chercheurs et de spéléologues marocains et espagnols a découvert, récemment, une grotte naturelle souterraine représentant un grand intérêt biologique, située dans la commune rurale de Taghramt, province de Fahs-Anjra. La grotte, jusqu'à inexplorée, a été baptisée «Laânassar» du nom du massif dans lequel se trouve sa cavité accessible, à proximité du site naturel de Jbel Moussa, situé sur le détroit de Gibraltar et connu pour son importance naturelle et la diversité de sa faune et de sa flore.

Dans une déclaration à la MAP, l'inspecteur régional des monuments historiques et sites, Mehdi Zouaq, a indiqué que cette grotte souterraine est accessible via une cavité à deux niveaux, le premier à 35 m de profondeur, le deuxième à 70 m, donnant accès à une grande galerie souterraine dont les dimensions restent à déterminer, mais qui doivent couvrir une grande superficie selon les premières observations. Cette grotte, qui représente des ressemblances avec celle de Friouato, près de Taza, compte des formations rocheuses et minérales d'une grande beauté, notamment les stalagmites et les stalactites, en plus d'offrir le refuge, dans ces parties supérieures, à une flore rare et aux oiseaux migrateurs, a-t-il affirmé.

Les premières recherches ont permis de découvrir des restes d'animaux fossilisés, ce qui témoigne de l'importance biologique du site qui nécessite davantage de travaux de recherche pour mettre la lumière sur ses caractéristiques, a jouté M. Zouaq, notant que cette grotte, qui compte aussi une source d'eau, a dû se former grâce à la pression hydrique qui a creusé au long des siècles des cavités souterraines.

La zone de la découverte, un milieu naturel riche mais également fragile, nécessite des mesures de préservation pour sa protection contre les effets néfastes des activités économiques, notamment celles des carrières avoisinantes, a-t-il souligné, estimant qu'une étude plus approfondie du site pourrait révéler des vestiges archéologiques témoignant de la présence de l'Homme à des époques reculées.

L'équipe qui a mis à jour cette grotte est formée de chercheurs de la Faculté des sciences de l'université Abdelmalek Essaâdi, de l'Inspection régionale des monuments historiques et sites et de la Fédération andalouse de spéléologie. (www.lematin.ma, 08 septembre 2012).

B. Internationales

PRIX NOBEL 2012 : comprendre les travaux de recherche et les applications des découvertes des chercheurs

1. Le Prix Nobel de médecine 2012 décerné à John B. Gurdon et Shinya Yamanaka pour leurs travaux sur les cellules souches



John B. Gurdon



Shinya Yamanaka

NOBEL DE MÉDECINE - L'Académie Nobel a récompensé deux chercheurs, le britannique John B. Gurdon et le japonais Shinya Yamanaka pour avoir découvert que des cellules matures, ou adultes, peuvent être reprogrammées pour devenir pluripotentes. En d'autres termes, le Prix Nobel de médecine 2012 a mis à l'honneur deux chercheurs dont les travaux ont été cruciaux dans la recherche sur les cellules souches.

Les cellules proviennent habituellement d'embryons humains, et cette donnée pose de nombreux problèmes éthiques et moraux. Mais les travaux de Gurdon et Yamanaka ont permis de se rendre compte que des cellules adultes pouvaient être reprogrammées pour devenir des cellules souches, et donc trouver une autre fonction. Une découverte dont les applications sont extrêmement nombreuses, de la recherche fondamentale au traitement d'un grand nombre maladie, en passant par une meilleure compréhension de leur développement.

Cellules adultes pluripotentes : qu'est-ce que ça veut dire?

Cela a l'air compliqué, c'est en réalité très simple. Comme tout organisme vivant, le corps humain est composé de cellules. Chacune de nos cellules possède un noyau, dans lequel se trouve notre ADN. L'ADN contenu dans le noyau de nos cellules est interprété comme une sorte de mode d'emploi quand la cellule se développe. Si toutes nos cellules ont la même structure à l'origine, au fur et à mesure de notre développement, ces cellules se diversifient. Ainsi, elles se spécialisent afin de remplir une fonction qui leur particulière dans notre organisme.

Avant les travaux de Gurdon et Yamanaka, on pensait que les cellules jeunes devenaient adultes et que cela s'arrêtait là. Leurs travaux sont allés à

contre-courant de ce qui était alors une idée reçue en médecine. Gurdon et Yamanaka ont montré que des cellules adultes pouvaient être reprogrammées en changeant le contenu de leur noyaux, celui là-même qui contient notre fameux ADN. Pour s'en rendre compte, Gurdon a travaillé sur une grenouille africaine dont il a prélevé des cellules. Après les avoir isolées, il a changé le contenu de leur noyau et a ainsi pu se rendre compte qu'une cellule différenciée, ou adulte, pouvait en quelque sorte redevenir jeune, indifférenciée pour parler comme les scientifiques. Ces cellules que l'on peut reprogrammer sont ce qu'on appelle communément les cellules souches.

À quoi cela sert-il?

À beaucoup de choses. Pouvoir reprogrammer une cellule permet de mieux comprendre comment fonctionnent certaines maladies. En se servant de ces cellules souches, les chercheurs peuvent leur attribuer la fonction qu'ils souhaitent en laboratoire, et pourquoi pas leur donner la fonction de cellules malades. Ainsi, on peut voir comment se développe et fonctionne une maladie. Reprogrammer une cellule, c'est aussi la base du clonage. En récupérant le noyau d'un type de cellule pour l'inoculer dans une cellule souche, on peut reprogrammer celle-ci, et donc cloner la première, grâce à la seconde. Quand on parle de clonage, il ne s'agit pas forcément de cloner des êtres humains ou des animaux. Il peut s'agir de simples cellules, en laboratoire, dans un but médical.

Mais l'un des domaines où les applications sont les plus concrètes est celui des thérapies cellulaires et l'idée que des cellules pourraient être reprogrammées et cultivées de sorte à pouvoir traiter certaines maladies dégénératives, telles que la maladie d'Alzheimer. On parle alors de «clonage thérapeutique» ou de «clonage à visée thérapeutique». À terme, la science espère pouvoir traiter des maladies telles que Parkinson, maladies de la moelle osseuse, ou encore certaines maladies de la rétine pouvant conduire à la cécité, crises cardiaques ou cérébrales, brûlures, diabète, ou l'arthrite rhumatoïde.

D'où viennent les cellules souches?

Les cellules souches proviennent majoritairement d'embryons humains. En 2007, Yamanaka a réussi à transformer une cellule adulte en cellule souche. En d'autres termes, et c'est tout le génie des lauréats de cette année, il est aujourd'hui possible de créer des cellules souches à partir de cellules adultes. À terme, la recherche pourrait donc se passer par des cellules souches embryonnaires. C'est une grande avancée puisque les seules cellules souches pluripotentes qui pouvaient être utilisées avant provenaient de l'embryon humain et nécessitaient sa destruction afin que celles-ci puissent être cultivées. Une nécessité qui posait et pose encore de nombreuses questions morales et éthiques que les travaux de Yamanaka et Gurdon nous permettent aujourd'hui, et dans certains cas, de dépasser. (www.huffingtonpost.fr)

2. Le Prix Nobel de physique 2012 est attribué au français Serge HAROCHE et à l'Américain David J. WINELAND pour leurs travaux sur la physique quantique



Serge Haroche



D. J. WINELAND

PRIX NOBEL DE PHYSIQUE - Après David Gurdon et Shinya Yamanaka pour la médecine, l'Académie Nobel a récompensé, mardi 9 octobre, le français Serge Haroche et l'Américain David Wineland pour leurs «méthodes expérimentales novatrices qui permettent la mesure et la manipulation des systèmes quantiques individuels.» Ils ont ainsi mis à l'honneur la recherche fondamentale en physique quantique, le domaine de la physique qui, en rupture avec la physique classique d'un Newton par exemple, s'intéresse à l'infiniment petit.

La physique quantique s'intéresse au monde de l'infiniment petit, celui des atomes, la base de la matière, ou encore des photons, les particules qui forment la lumière. Au départ, les atomes étaient une vue de l'esprit, puisqu'on ne pouvait pas les observer. Au fur et à mesure, les physiciens ont pu élaborer plusieurs hypothèses quant à la composition de la matière. Mais comment vérifier ces hypothèses? Comment savoir si l'idée qu'on se fait de la composition et du fonctionnement des atomes ou des photons est la bonne? Serait-il possible de l'observer?

Isoler des particules aussi petites que des atomes et des photons, sans les détruire, semblait il y a un demi-siècle impossible. Serge Haroche d'un côté et David Wineland de l'autre, sans oublier toutes leurs équipes, ont trouvé des moyens d'observer ces particules sans les détruire. Pour y parvenir, ils ont utilisé des méthodes différentes. David Wineland piège des atomes chargés électriquement, ou des ions, et les contrôle et les mesure grâce à des particules de lumière, les photons. Serge Haroche, lui, piège des photons, en envoyant des atomes dans le piège. Deux techniques contradictoires, mais qui fonctionnent toutes les deux.

Les travaux de Wineland et Haroche se situent l'un comme l'autre au confluent de la matière et de la lumière, un domaine de recherche qui a

considérablement progressé depuis les années 1980. Leurs recherches ont permis à d'autres physiciens de construire des superordinateurs dont le fonctionnement repose sur la physique quantique. Si cette invention ne fait pas encore partie de notre quotidien, l'ordinateur quantique sera peut-être amené à faire partie de nos vies au cours de ce siècle. Leurs travaux ont ainsi permis de créer les horloges les plus précises du monde appelée horloges atomiques qui, cette fois-ci, intéressent davantage la science que le commun des mortels.

L'année 2012 est définitivement marquée du sceau de cet infiniment petit. Début juillet, les scientifiques du CERN avaient annoncé la découverte du boson de Higgs, le dernier élément formant la matière dont on n'était pas encore sûr de l'existence, avec un degré de confiance de 99,99997%. On aurait légitimement pu s'attendre à ce que le Nobel de physique récompense cette découverte, mais peut-être était-ce encore un peu tôt. (www.huffingtonpost.fr)

3. Le prix Nobel de chimie 2012 décerné aux Américains Robert Lefkowitz et Brian Kobilka



Robert Lefkowitz



Brian Kobilka

Le Nobel de Chimie a été décerné aux Américains Robert Lefkowitz et Brian Kobilka pour leurs études sur les récepteurs des protéines G. Ces protéines jouent un rôle primordial dans l'adaptation des cellules de notre corps à leur environnement. Les découvertes de Lefkowitz et Kobilka, pendant les années 80, ont permis à la médecine de mieux comprendre comment et par quels moyens les cellules réagissent aux stimuli extérieurs. De nouvelles formes de médicaments ont ainsi pu être développées. Lorsque vous buvez une tasse de café par exemple, c'est grâce aux protéines G que les cellules de votre corps réagissent.

Si nous arrivons à voir, à sentir et à goûter, c'est parce que nous avons des capteurs dans notre nez, nos yeux, et notre bouche. Ils envoient des signaux à notre cerveau qui les interprète. Il en va de même des cellules de notre corps qui disposent de capteurs pour recevoir les hormones et toute

autre molécule qui lui envoient un message comme l'adrénaline, la sérotonine, l'histamine ou la dopamine.

Pour mieux comprendre l'utilité de ces récepteurs, l'Académie Royale de Suède propose cet exemple. Vous marchez dans la rue, il fait nuit, vous entendez des pas derrière vous. Vous accélérez le pas pour rentrer le plus vite possible chez vous. Arrivé à votre domicile, vous fermez la porte immédiatement. Votre cœur bat très vite, vous êtes essoufflé(e), vous tremblez. Que s'est-il passé?

Lorsque vous vous êtes senti menacé(e), votre cerveau a envoyé un message à votre corps. Votre hypophyse, une glande située dans le cerveau a sécrété des hormones diffusées dans votre corps par voie sanguine. Ces hormones réveillent deux autres glandes situées à proximité de vos reins, ce sont les glandes surrénales. Elles sécréteront à leur tour dans votre organisme plusieurs hormones, cortisol, adrénaline et noradrénaline qui envoient à votre corps un second message: il est temps de partir! Vos cellules de gras, des muscles, du foie, du cœur, du poumon et de votre sang globules réagissent à leur tour. Le sang se charge de sucre et de gras, vos bronches s'élargissent, vos vaisseaux sanguins se dilatent, votre corps reçoit davantage d'oxygène au cas où vous auriez à taper un sprint pour rentrer fissa à la maison.

Pour que le fonctionnement de cellules aussi différentes se coordonne, il faut qu'elles comprennent ce que notre cerveau leur réclame. C'est pourquoi les cellules ont besoin de capteurs. Située sur la surface des cellules, ces capteurs sont appelés des récepteurs. Lefkowitz et Kobilka ont travaillé sur ces récepteurs, et sur un type de récepteurs en particulier, les récepteurs des protéines G. Ceux-ci permettent aux cellules de recevoir l'adrénaline, la dopamine, la sérotonine, la lumière, le goût et l'odeur. Reprenez donc une tasse de café, les cellules de votre langue viennent de réagir et de vous en transmettre le goût. Vous l'aurez compris, la plupart des processus physiologiques sont rendus possible grâce à ces récepteurs, tout comme la moitié des médicaments disponibles sur le marché, notamment les bêtabloquants, les antihistaminiques que vous prenez en cas d'allergie, ou encore certains médicaments utilisés en psychiatrie.

(www.huffingtonpost.fr)

4. Le Nobel d'économie 2012 aux Américains Roth et Shapley



Lloyd Shapley



Alvin Roth

Le prix Nobel d'Economie 2012 a été décerné aux Américains Alvin Roth (à gauche) et Lloyd Shapley (à droite) pour leurs travaux sur la meilleure manière d'accorder offre et demande sur un marché, avec des applications dans le don d'organes et l'éducation. «Cette année le prix récompense un problème économique central: comment associer différents agents le mieux possible», a annoncé le comité Nobel. Le comité prend comme exemple de ces ajustements «la nomination de nouveaux docteurs dans les hôpitaux, d'étudiants dans les écoles, des organes à transplanter avec les receveurs».

Lloyd Shapley, pionnier de la théorie des jeux

Lloyd Shapley, 89 ans, professeur à l'université de Californie à Los Angeles (UCLA), est un pionnier de la théorie des jeux. Celle-ci étudie mathématiquement la façon dont des acteurs prennent des décisions stratégiques pour servir leur intérêt propre et anticiper les réactions des autres, sans toujours y parvenir. Il a «utilisé ce qu'on appelle la théorie des jeux coopératifs pour étudier et comparer diverses méthodes» destinées à faire concorder offre et demande, a expliqué l'Académie royale suédoise des sciences.

Et il est parti de l'exemple des mariages, donnant un algorithme qui permettrait (en théorie) de donner à chaque célibataire dans un groupe donné le meilleur conjoint. Concrètement, l'une des applications est «l'affectation de nouveaux docteurs dans les hôpitaux, d'étudiants dans les écoles, des organes à transplanter avec les receveurs». «Lloyd Shapley a su démontrer comment la conception spécifique d'une méthode (devant accorder offre et demande, ndr) peut systématiquement bénéficier à l'une ou l'autre partie d'un marché», a-t-elle ajouté.

Alvin Roth, de la théorie à la pratique

Après ces découvertes théoriques, Alvin Roth est passé aux applications pratiques. Ce professeur à l'université de Harvard de 60 ans «a reconnu que les résultats théoriques de Shapley pouvaient élucider le fonctionnement pratique de marchés importants». Pour les applications dans le don d'organes, il s'est

servi de l'algorithme conçu par M. Shapley et un autre économiste et mathématicien américain aujourd'hui décédé, David Gale, « combiné à des modifications qui prennent en compte les circonstances spécifiques et les restrictions éthiques ». (L'Expansion.com - publié le 15/10/2012)

Premier Colloque «La physique pour le développement» organisé par la Société européenne de Physique.



(Photo «Le Monde»)

La société Européenne de Physique a organisé les 11 et 12 Octobre dernier à Bruxelles la première conférence consacrée à «La physique pour le développement». Cette conférence a vu la participation d'une centaine de scientifiques d'Afrique ainsi que les grands centres de recherche et organismes Internationaux tels que SESAME, DESERTEC, UNESCO, ICTP, IUPAP, EU, CERN, African Physical Society, Africa Laser Center.

La conférence s'est fixée comme objectifs de :

- renforcer les coopérations Nord-Sud et Sud-Sud dans les domaines de la physique, que ça soit en recherche ou en formation ainsi que la participation des pays du sud aux programmes des grands centres de recherche;
- trouver de nouvelles sources de financement pour contrebalancer leur raréfaction due à la crise économique qui touche l'ensemble des pays des 5 continents;
- penser collectivement à de nouvelles méthodes pour l'instrumentation scientifique, une instrumentation «low cost», développée localement et répondant aux besoins spécifiques de la formation et de la recherche;
- expérimenter de nouvelles approches sur la façon d'enseigner la physique à tous les niveaux et mettre à profit les outils du «e-learning»;
- mettre en place de nouvelles approches pour la promotion de la science et de la technologie et mieux communiquer sur l'impact de la science sur notre quotidien;
- réfléchir à de nouvelles opportunités pour les offrir aux Doctorants Africains dans le but de créer des petites entreprises et des «Start-up»;

- créer des réseaux multidisciplinaires Nord-Sud regroupant les scientifiques et compétences actives ou à la retraite, les étudiants, les ONG, les techniciens, ...
- améliorer le taux de pénétration d'Internet et encourager l'utilisation des outils informatiques «Open Source» et «Crowd Sourcing» ou forum d'experts.

Cette conférence a par ailleurs montré les efforts déployés par les scientifiques africains, particulièrement de l'Afrique sub-saharienne, et leurs ingéniosités malgré le peu de moyens dont ils disposent. Le succès de cette manifestation a encouragé les organisateurs et les participants à se donner rendez-vous en 2014 à l'ICTP à Trieste en Italie.

Plus d'informations et de détails sur cet événement sont disponibles sur le site <http://www.epshysicsfordevelopment.org/>



Le professeur Abdeslam Houmada, Directeur Scientifique de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, a assisté à cette conférence sur invitation de la Société Européenne de Physique du CEA et de l'IN2P3, où il a présenté la participation Marocaine à l'expérience ATLAS du CERN.

Environnement

1. Congrès mondial de l'UICN en Corée

Le Congrès mondial de la nature de l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature) a réuni du 06 au 15 septembre 2012 sur l'île de Jeju, en Corée du Sud, quelques 8 000 délégués venus de quelques 170 pays participer au plus grand et plus important événement mondial dans le domaine de la conservation de la nature, qui vise à apporter des solutions à certaines des questions les plus pressantes en matière d'environnement et de développement.



Organisé tous les quatre ans, le Congrès rassemble des organisations gouvernementales et non gouvernementales, des scientifiques et des responsables industriels et communautaires du monde entier qui examinent les solutions que la nature est en mesure d'apporter à un grand nombre de nos problèmes.

Depuis 1948, le Congrès mondial de la nature de l'UICN s'est tenu dans toutes les régions du monde. À l'heure actuelle, le Congrès est divisé en deux parties : l'Assemblée des Membres de toutes les organisations membres de l'UICN et le Forum, ouvert à tous, espace de débat sur les grands enjeux du développement durable, proposant des solutions et facilitant l'échange d'informations et d'expériences.

Le thème du Congrès 2012 est Nature+, un slogan simple et facile à mémoriser qui capte toute l'importance fondamentale de la nature et ses liens inhérents à chacun des aspects de notre vie. «En soi, la nature est forte, mais nous devons améliorer l'aptitude de la nature et des humains à s'adapter rapidement au changement», déclare Julia Marton-Lefèvre, directrice générale de l'UICN. «Si nous parvenons à rendre la nature plus vigoureuse, nous constaterons que les écosystèmes deviendront plus résilients, et que les personnes, les communautés et les économies humaines seront en meilleure santé».

Le Congrès a été axé sur cinq thèmes principaux On y parlera de changement climatique, de menaces croissantes aux écosystèmes et des moyens d'améliorer les prises de décisions sur les questions d'environnement au niveau mondial.

Le Congrès sera également marqué par l'annonce de plusieurs initiatives et partenariats, entraînant des millions de dollars d'engagements et bénéficiant de la participation de grandes entreprises internationales. (www.massolia.com, www.mediaterre.org)

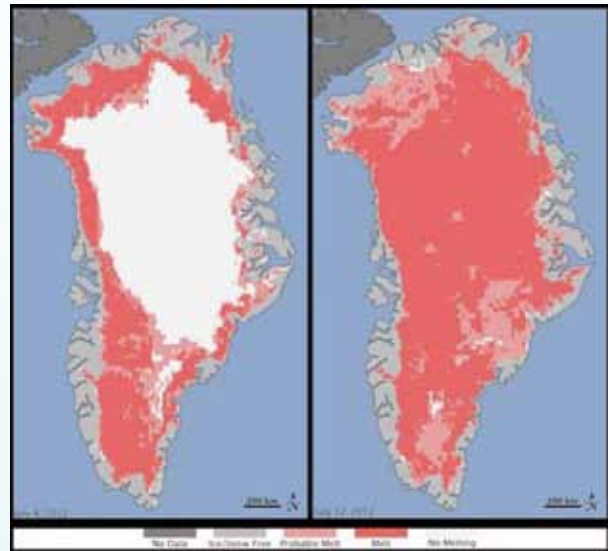
2. La calotte glaciaire du Groenland montre une fonte record

Selon la NASA, la surface gelée du Groenland a fondu comme jamais en juillet. C'est la première fois qu'une telle réduction de la calotte glaciaire est observée en plus de trente ans d'observations par satellite.

Selon les données collectées par trois satellites de la NASA et des scientifiques universitaires, environ 97% de la surface de la calotte glaciaire du Groenland avait dégelé à la mi-juillet, a indiqué l'Agence dans un communiqué. Un chiffre tellement préoccupant que les chercheurs ont eu du mal à y croire. «C'est tellement sans précédent que je me suis d'abord interrogé sur le résultat : était-ce bien réel ou était-ce dû à une erreur de données?», a ainsi indiqué Son Nghiem, de la NASA.

Cet expert précise avoir une première fois remarqué la disparition de la majorité de la glace de la surface du Groenland au 12 juillet en analysant les données d'un premier satellite. Ce sont ensuite les résultats des deux autres satellites qui ont confirmé la découverte. Plus exactement, les cartes satellitaires montrent que la surface de la calotte glaciaire avait fondu à 40% au 8 juillet et à 97% quatre jours plus tard. Plus

inquiétant encore, ces résultats n'ont été connus que quelques jours après qu'un immense bloc de glace de deux fois la superficie de Paris s'est détaché d'un glacier du Groenland. «Cet événement, combiné à d'autres phénomènes naturels mais rares, comme le monumental décrochage la semaine dernière sur le Glacier Petermann, font partie d'un ensemble complexe», a ajouté Tom Wagner, responsable de la NASA.



Cet expert précise avoir une première fois remarqué la disparition de la majorité de la glace de la surface du Groenland au 12 juillet en analysant les données d'un premier satellite. Ce sont ensuite les résultats des deux autres satellites qui ont confirmé la découverte. Plus exactement, les cartes satellitaires montrent que la surface de la calotte glaciaire avait fondu à 40% au 8 juillet et à 97% quatre jours plus tard. Plus inquiétant encore, ces résultats n'ont été connus que quelques jours après qu'un immense bloc de glace de deux fois la superficie de Paris s'est détaché d'un glacier du Groenland. «Cet événement, combiné à d'autres phénomènes naturels mais rares, comme le monumental décrochage la semaine dernière sur le Glacier Petermann, font partie d'un ensemble complexe», a ajouté Tom Wagner, responsable de la NASA.

C'est en comparant avec le fonctionnement habituel de la fonte des glaces au Groenland qu'on prend conscience de l'ampleur du désastre. En principe, au cours de l'été, la moitié de la surface glaciaire fond naturellement. Généralement, la plupart de l'eau issue de cette fonte regèle rapidement en altitude ou alors est retenue par les glaces des régions côtières. Le reste s'écoule dans l'océan. «Mais cette année, l'ampleur de la fonte à la surface ou près de la surface a connu une hausse brutale», indique la NASA. Or, selon l'Agence, même le point le plus haut de la calotte glaciaire, situé à plus de trois kilomètres au-dessus du niveau de la mer, montrait des signes de dégel.

Les chercheurs doivent maintenant déterminer si cet événement, qui coïncide avec une forte pression inhabituelle d'air chaud au dessus du Groenland, va contribuer à une hausse du niveau des océans. Toutefois, la glaciologue Lora Koenig a expliqué que ce type de fonte intervient tous les 150 ans en moyenne. «La dernière ayant eu lieu en 1889, cet événement est bien au rendez-vous», a-t-elle confirmé avant d'ajouter : «mais si nous continuons à observer ce type de fonte au cours des prochaines années, ce sera angoissant». Publié le 25 juillet 2012 par Émeline Ferard, www.maxisciences.com.

SANTE

«Les formidables progrès dont nous allons profiter»



Grâce aux milliards d'euros investis, jamais les recherches des labos du monde entier n'ont été aussi prometteuses.

Un problème d'estomac, de foie, ou de côlon nécessitant une endoscopie? Fini, ces séances douloureuses où l'on vous faisait passer par la bouche ou l'anus un long tube muni de fibres optiques. D'ici deux ou trois ans, il vous suffira d'avaler une mini capsule dotée d'une caméra reliée à un boîtier pour continuer à vaquer à vos occupations pendant la durée de l'exploration. Une fois la capsule évacuée par les voies naturelles, le médecin n'aura qu'à récupérer le boîtier pour y étudier les images. Déjà testée sur l'intestin grêle, cette capsule va révolutionner la radiologie du système digestif.

D'ici cinq à dix ans, des centaines d'autres inventions vont ainsi venir améliorer et sauver la vie de millions de patients. Avec deux défis majeurs. D'une part, le vieillissement de la population : d'ici 2050, selon l'Organisation mondiale de la santé, le nombre de personnes âgées de plus de 60 ans va tripler pour atteindre 2 milliards. D'autre part, la planète comptera toujours plus d'obèses. En 2008 déjà, 30% de la population adulte mondiale était considérée en surpoids. En 2030, cela concernera une personne sur deux, enfants inclus. Or ces

deux évolutions entraînent leur lot de pathologies : dégénérescence du cerveau, maladies articulaires, troubles de la vue et de l'audition pour la première; hypertension, risques cardio-vasculaires et cancers (+75% de cas d'ici 2030) pour la seconde. Les professionnels de l'esthétique, eux, peuvent se frotter les mains: la lutte contre les effets du vieillissement et les kilos en trop leur assure une rente qui a atteint 3,8 milliards d'euros dans le monde l'an dernier et devrait croître de 10% par an jusqu'en 2016.

Ces enjeux mobilisent la crème de la recherche à l'hôpital, dans les labos pharmaceutiques et les start-up... Avec cinq pays trustant le plus grand nombre de publications scientifiques: les États-Unis, l'Allemagne, le Royaume-Uni, le Japon et la France. Chez nous, ce sont les chercheurs de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) qui fournissent le gros des découvertes. Deux techniques ont le vent en poupe. La thérapie cellulaire qui, avec l'injection de cellules souches, permet la réparation naturelle d'organes, de tissus ou d'os lésés. Et la bio-ingénierie, qui rend compatible avec le corps humain de plus en plus de pièces détachées électroniques: cœur artificiel, prothèses de bras et de jambes, implants dans l'oreille interne, rétine bionique pour les aveugles.

Rang	Laboratoire	Pays	Dépenses de R&D en milliards d'euros	% du CA
1.	Roche	Suisse	7,18	18,9
2.	Pfizer	Etats-Unis	7,02	13,9
3.	Merck & Co	Etats-Unis	6,40	18,7
4.	Novartis	Suisse	6,02	16
5.	Johnson & Johnson	Etats-Unis	5,10	11,1
6.	Sanofil	France	4,39	13,6
7.	GlaxoSmithKline	Roy.-Uni	4,38	13,2
8.	Eli Lilly	Etats-Unis	3,64	21,2
9.	AstraZeneca	Roy.-Uni	3,20	12,9
10.	Abbott	Etats-Unis	2,78	10,6
11.	Takeda Pharmaceutical	Japon	2,72	20,2
12.	Bristol-Myers Squibb	Etats-Unis	2,66	18,3
13.	Boehringer Ingelheim	Allemagne	2,45	19,5
14.	Amgen	Etats-Unis	2,16	19,2
15.	Bayer HealthCare	Allemagne	2,07	NC
16.	Dallchi Sankyo	Japon	1,81	20,7
17.	Astellas Pharma	Japon	1,80	20,1
18.	Elsal	Japon	1,65	22,3
19.	Merck KGaA	Allemagne	1,40	15,6
20.	Otsuka	Japon	1,40	14

Top 20 mondial des laboratoires pharmaceutiques selon leurs investissements en recherche, en 2010

En attendant le Graal après lequel tous les chercheurs courent: la première molécule capable de retarder les effets du vieillissement, l'équipe du professeur Aguilaniu, à l'École normale supérieure de Lyon, a déjà réussi à rallonger l'espérance de vie d'un ver de 19 à 300 jours. Mais pas d'application à l'homme avant vingt ans. D'ici là, rappellent les spécialistes, les meilleurs remèdes restent ceux de nos grands-mères: une nourriture saine et peu abondante, de l'exercice physique quotidien et une activité intellectuelle régulière. Allez, tous aux mots croisés!
Nathalie Villard (<http://www.capital.fr>, 06/08/2012)

Innovation technologique

Premiers tests de nanotechnologies sur des cerveaux humains en 2013

Le laboratoire baptisé Clinatéc, soutenu par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et le CHU de Grenoble, a obtenu cet été, après environ cinq ans de recherche, l'accord de l'Agence nationale de sécurité du médicament pour tester en 2013 des micro-puces implantées dans le cerveau humain. Objectif: traiter la maladie de Parkinson, la tétraplégie ou la dépression.

Début 2013, dans la clinique où se côtoient une soixantaine d'ingénieurs, médecins et biologistes spécialisés dans les nanotechnologies, les patients volontaires se prêteront à «l'un des projets les plus prometteurs» du laboratoire, intitulé Interface cerveau-machine, annonce son directeur François Berger.

Faire marcher un tétraplégique, changer l'humeur d'un dépressif ou encore éliminer les tremblements d'un malade de Parkinson grâce à un boîtier implanté dans le cerveau sont quelques-uns des projets développés en toute discrétion par ce laboratoire grenoblois.



Le programme consiste à implanter à la surface du cerveau d'un tétraplégique un minuscule boîtier contenant des électrodes. Les micro-puces enregistrent l'activité cérébrale du patient et la transforment en mouvement par le biais d'un bras ou d'une jambe robotisés. Lorsqu'un handicapé pense à lever le bras, il émet des signaux électriques qui sont captés par le boîtier puis analysés par un logiciel, lequel active le bras ou la jambe articulés.

Des essais sur des singes et des cochons, dans un étage du bâtiment, «n'ont montré aucun effet secondaire», affirme François Berger, professeur en biologie cellulaire.

Parallèlement à ce projet, les chercheurs travaillent à la miniaturisation des composants utilisés dans la neurostimulation cérébrale mise au point il y a une vingtaine d'années par l'un des artisans de Clinatéc, le neurochirurgien grenoblois Alim-Louis Benabid. Membre de l'Académie des sciences, il a développé une technologie permettant, grâce à l'envoi d'une fréquence électrique dans certaines zones du cerveau, de faire disparaître les tremblements des malades de Parkinson.

«L'enjeu aujourd'hui est d'affiner les zones du cerveau excitées grâce à des électrodes plus petites mesurant moins d'un millimètre, afin d'être plus efficace et de soigner d'autres maladies», souligne M. Berger évoquant à demi-mot les dépressions graves et les troubles du comportement.

Si on estime à environ 150.000 le nombre des personnes atteintes en France de la maladie de Parkinson, la neurostimulation profonde ne concerne que 5 à 10% des malades en raison des nombreuses contre-indications, tient à nuancer l'association France Parkinson.

«Je peux à nouveau conduire sur de courtes distances, me déplacer sans aide et je suis passé d'une vingtaine de médicaments par jour à plus que quatre», témoigne Jean-Jacques Garnier opéré en juillet 2011.

«Cette technique est une réussite extraordinaire», reconnaît la directrice de France Parkinson, Mathilde Laederich. «On peut cependant regretter l'absence d'une base de données recensant les effets secondaires (...) telles que des chutes imprévisibles et des difficultés d'élocution très invalidantes», poursuit-elle. (www.sciencesetavenir.nouvelobs.com, 02 novembre 2012).

ARCHEOLOGIE

1. Homo erectus a cohabité avec d'autres espèces humaines en Afrique



De nouveaux fossiles découverts au Kenya prouvent que les premiers représentants du genre Homo, auquel appartient l'Homme moderne, ont coexisté à la même période sur le continent africain.

Des chercheurs ont découvert entre 2007 et 2009, au Kenya, une face, une mâchoire inférieure complète et une partie d'une seconde mâchoire inférieure d'Homo erectus. Or, selon les auteurs de

l'étude parue dans la revue Nature, ces nouveaux fossiles confirment que, il y a près de deux millions d'années, sur le continent africain, des Homo habilis et des Homo rudolfensis (deux espèces distinctes d'Homo erectus) ont cohabité.

«Il est maintenant clair que deux espèces d'Homo ont vécu en même temps qu'H. erectus», indique ainsi Fred Spoor (de l'Institut Max Planck d'anthropologie évolutionniste) qui a dirigé les analyses scientifiques. «L'évolution humaine n'est manifestement pas la ligne droite» qui a pu être tracée par le passé, a-t-il encore déclaré au cours d'une téléconférence relayée par l'AFP. En effet, en 1972, le projet de recherche Koobi Fora (KFRP), dirigé par Meave Leakey et sa fille Louise Leakey découvrait un crâne connu sous l'appellation «KNM-ER 1470», sur le site de Koobi Fora au Kenya. C'est ainsi qu'un débat sur le nombre des espèces d'Homo présentes au début du Pléistocène a été ouvert.

Initialement classé parmi les Homo habilis, il fut ensuite attribué au genre Australopithecus avant d'être à l'origine de la création d'une nouvelle espèce, l'Homo rudolfensis (du lac Rodolphe, ancien nom du lac Turkana). Si la morphologie de KNM-ER 1470 est apparue inhabituelle, les comparaisons étaient rendues difficiles du fait qu'il lui manquait la mâchoire inférieure et les dents. Mais grâce aux trois nouveaux fossiles découverts dans un rayon d'une dizaine de kilomètres autour de la localisation de KNM-ER 1470, il est devenu possible d'en compléter le portrait.

Eclairer l'origine de notre branche de l'évolution humaine «Ces 40 dernières années, nous avons activement recherché dans la vaste étendue de sédiments autour du lac Turkana des fossiles qui confirment les caractéristiques uniques du visage de KNM-ER 1470 et nous montrent à quoi ses dents et sa mâchoire inférieure auraient ressemblé», a expliqué Meave Leakey. «Nous avons enfin des réponses», se félicite-t-elle ainsi. «Les nouveaux fossiles vont grandement contribuer à éclairer la manière dont notre branche de l'évolution humaine est apparue et a prospéré il y a près de deux millions d'années», a souligné pour sa part Fred Spoor.

Néanmoins, ces résultats montrent combien la complexité de l'évolution humaine et les scientifiques restent prudents sur la manière dont ils doivent être interprétés. Aussi, le paléanthropologue Bernard Wood estime que les analyses doivent être poursuivies et conclut : «Ma prédiction est que d'ici à 2064, un siècle après la description par Leakey d'H. habilis, les chercheurs considéreront nos hypothèses actuelles sur cette période de l'évolution humaine comme remarquablement simplistes».

(Publié le 10 août 2012 par Émeline Ferard, www.maxisciences.com)

2. Découverte du fossile d'un insecte vieux de 365 millions d'années



Des chercheurs du Muséum national d'Histoire naturelle ont, pour la première fois, découvert le fossile complet d'un insecte vieux de 365 millions d'années. Long de 8 mm, ce fossile est composé d'un thorax, séparé de la tête et de l'abdomen et de trois paires de pattes.

Le «graal» de l'entomologie. C'est ainsi que la revue scientifique Nature a décrit l'importante découverte faite par l'équipe d'André Nel du Muséum national d'Histoire naturelle en Belgique. Dans un gisement situé à Strud dans la province de Namur, ces chercheurs ont en effet mis au jour le fossile complet d'un insecte vieux de 365 millions d'années. Tout juste présenté dans la fameuse revue, le spécimen a été baptisé *Strudiella devonica* en référence à son lieu de découverte et au fait qu'il appartient à la période du Dévonien supérieur.

Avec ses 8 mm de long, son thorax séparé de la tête et de l'abdomen et ses trois paires de pattes «c'est le premier fossile à peu près complet pour la période du Dévonien» à avoir jamais été retrouvé a souligné André Nel auprès de l'AFP. «Or c'est à cette époque que ces animaux ont commencé à se diversifier, ont commencé à conquérir les terres émergées», explique-t-il. Ce fossile constitue donc «un jalon, un témoin», qui vient étayer les datations moléculaires (d'ADN), selon lesquelles «les insectes sont très anciens», a poursuivi le scientifique. *Strudiella devonica* vient ainsi combler le trou entre *Rhyniella præcursor* (400 millions d'années), considéré comme proche parent des insectes, et le Carbonifère (entre 300 et 330 millions d'années), riche en insectes fossiles de toutes sortes.

Selon les premières études, *Strudiella devonica* semble être «un animal terrestre qui est arrivé dans une mare envahie par des crustacés carnivores qui existent encore, les triops, une sorte de crevette», précise M. Nel. Ce serait alors par un heureux hasard que *Strudiella devonica* aurait échappé à la voracité de ces triops. Ceci permet également de suggérer que cet insecte était un mangeur de végétaux. Toutefois, le fossile n'est pas «en très bon état». «Là où on n'a pas eu de chance, c'est qu'il s'agit d'une toute petite bête, probablement une larve d'un insecte ailé», indique André Nel. «On sait que c'est un animal appartenant à la lignée d'insectes ailés parce que ses mandibules sont typiques des insectes ailés, elles ressemblent aux mandibules qu'on peut trouver chez les blattes ou les sauterelles actuelles».

L'origine des insectes ailés plus précoce qu'on ne pense?

Ainsi, le chercheur précise que ce *Strudiella devonica* «a des pattes, des antennes, un thorax, un abdomen, comme tout insecte qui se respecte, mais pas encore d'ailes. C'est dommage, parce qu'on ne sait pas quand l'aile est apparue ni à quoi pouvaient ressembler les premières ailes», regrette le chercheur concluant : «On sait qu'il y a des insectes ailés au Dévonien supérieur, il faut trouver leurs ailes».

Les hypothèses des paléo entomologistes ont donc d'ores et déjà alléché la communauté scientifique comme en témoigne un autre spécialiste cité par l'AFP, William Shear. «*S'il s'agit, comme les auteurs le suggèrent, du fossile d'un animal au stade larvaire qui aurait eu des ailes à l'âge adulte, cela voudrait dire que l'origine des insectes ailés est beaucoup plus précoce*» que ce que la paléontologie laissait penser jusqu'à présent. De quoi motiver les chercheurs à poursuivre les fouilles. (Publié le 02 août 2012 par Émeline Ferard, www.maxisciences.com).

3. Au cœur de la jungle du Guatemala : un nouveau temple maya découvert



Des archéologues ont découvert un nouveau temple maya au fin fond de la jungle du Guatemala. Un édifice rouge sang probablement visible à des kilomètres à la ronde 1.600 ans plus tôt et décoré de masques géants. Cette trouvaille va sans doute fournir de nouveaux indices aux scientifiques sur les royaumes rivaux chez les Mayas

À la différence des empires aztèque et inca relativement centralisés, la civilisation Maya, étalée sur les actuels Guatemala, Belize et Yucatan (au Mexique), était une fédération souple de cités-états. «Nous en avons pris conscience dans les années 1990, quand il est devenu évident que certains royaumes étaient plus importants que d'autres», rappelle Stephen Houston, archéologue à la Brown University, qui a annoncé la découverte du nouveau temple. Le royaume d'El Zotz, dans l'actuel Guatemala, était alors l'un des plus petits, mais il impressionnait les autres.

Courant 2010, les archéologues travaillant sur une colline proche du centre de la cité antique avaient découvert une pyramide du Diable de 13 mètres de haut. À son sommet, ils avaient alors trouvé un palais royal et une tombe qui devait être celle du premier chef de la ville, un homme qui, selon leurs estimations, vivait entre l'an 350 et 400

après J.-C. À peu près durant la même période, Stephen Houston et l'un de ses collègues, avaient décelé les premiers indices de l'existence du temple du «soleil nocturne», derrière la tombe royale de la pyramide du Diable. Mais ce n'est que récemment que les fouilles ont permis de révéler les oeuvres d'art cachées sous la jungle envahissante.

La puissance du soleil

Les côtés du temple sont décorés de masques en stuc d'un mètre cinquante, représentant le visage du dieu soleil se transformant au moment où il traverse le ciel suivant le cours du jour. «L'un des masques le symbolise sous la forme d'un requin, en référence au soleil levant sur les Caraïbes dans l'est», raconte Houston. «Le soleil de midi est personnifié par un vieil homme dont les yeux se croisent, buvant du sang. Une série finale le matérialise sous la forme de jaguars locaux, qui s'éveillent de leurs songes au milieu de la jungle, au crépuscule», décrit-il encore.

Dans la culture Maya, le soleil est associé aux nouveaux commencements et le dieu soleil est celui de la royauté, explique Houston. La présence de visages solaires sur le temple à côté de la tombe royale, peut ainsi signifier que le défunt enterré dans celle-ci était le fondateur d'une dynastie : le premier roi d'El Zotz. Il s'agit ici d'un exemple «de la manière dont le soleil s'est greffé sur l'identité des rois et des dynasties qui les auraient suivi», précise encore l'archéologue dans un communiqué.

De son côté, David Freidel, spécialiste de l'archéologie Maya confirme d'ailleurs «l'hypothèse de Houston qui postule que l'édifice était dédié au soleil en tant que déité intimement liée au législateur. La pyramide du Diable va certainement accroître notre connaissance de la région et des pratiques rituelles de l'ère Maya précoce». Mais ce n'est pas tout ce qu'en a déduit l'équipe de Houston. Celle-ci a également suggéré que les Mayas considéraient le temple comme un être vivant. Par exemple, les nez et les bouches des masques situés dans les strates les plus anciennes du temple étaient systématiquement défigurés. «C'est une pratique plutôt répandue chez les Mayas», a commenté Houston pour le National Geographic.

«Il est très difficile de trouver une représentation du roi sans qu'il n'ait les yeux mutilés ou le nez tranché mais 'mutilation' n'est pas le terme le plus approprié. Je vois plus cela comme une désactivation. C'est comme s'ils suspendaient le masque dans le but de le remplacer par d'autres couches. Ce n'est pas un manque de respect. C'est plutôt l'inverse», explique-t-il.

«Une mine d'information»

Expert des Mayas, Simon Martin, a souligné que les masques du temple d'El Zotz étaient «uniques» et de grande valeur, parce qu'ils permettaient de vérifier les théories sur les portraits Mayas du dieu soleil. «Nous avons des images du dieu soleil à différentes étapes. Mais nous n'avons jamais trouvé quelque chose qui les réunit toutes», a révélé Simon Martin de l'Université de Pennsylvanie et du Museum d'Archéologie et d'Anthropologie, qui n'était pas impliqué dans le projet.

«Nous avons dû assembler les morceaux et les pièces de cette séquence et simplement croire que nous avons raison. Cela pourrait être une chance de voir la série en entier, étape par étape. Le temple est incroyablement bien conservé», a ajouté M. Martin, «c'est une mine d'informations». «Nous avons vu très peu d'endroits dont les bâtiments complets ont été préservés. Normalement, on ne trouve que des bâtiments que les Mayas ont détruit dans un premier temps, puis reconstruit par dessus». Quand les archéologues opèrent des fouilles, ils ne trouvent ainsi en général, pas les décorations les plus anciennes.

Par contraste, les travailleurs Mayas d'El Zotz, ont lutté pour conserver la structure originelle du temple, allant jusqu'à la recouvrir de terre et de petits cailloux avant de reconstruire à son sommet.

Sous l'influence de Tikal?

Aussi, les archéologues soulignent le travail d'orfèvre qu'ils ont pu observer sur les masques. «Ils sont en trois dimensions. Les visages sortent littéralement de la façade. Vous ne verrez pas ça souvent parce que s'ils sortaient trop du mur, ils tomberaient. Ces Mayas ont été capables de les retenir. Avec le jeu de lumières sur ces éléments, les visages devaient être théâtraux», se projette Karl Taube, de l'Université de Californie à Riverside (UCR), qui n'était pas non plus dans l'équipe du projet. Le chef de l'équipe, Stephen Houston a précisé que la couleur du masque (rouge-rose selon les traces de peinture) les aurait aidé à tenir sans tomber. «Ce pigment rouge pourrait avoir cette propriété surprenante à l'aube et au crépuscule», a ainsi expliqué Houston.

Avec son rouge éclatant du haut de sa colline, le temple du soleil nocturne a été conçu «pour voir et être vu». Il aurait pu de cette manière être observé depuis Tikal, un royaume bien plus étendu, plus vieux et plus puissant qu'El Zotz. «Nous pensons que les rois étaient complètement autonomes, mais pour les Mayas, un roi 'sacré' était souvent mentionné dans la hiérarchie des rois», raconte Simon Martin, du Museum de Pennsylvanie. «Ainsi, les populations d'El Zotz ont pu dépendre au cours de l'Histoire de

l'influence de Tikal. Quand les pouvoirs de Tikal étaient faibles, ils ont pu potentiellement être complètement autonomes ou s'être liés avec des rois plus puissants d'ailleurs».

D'autres découvertes à venir?

Malgré le soin apporté à la construction et à la conservation de ce temple, il semble ne pas avoir été utilisé pendant longtemps par les Mayas. Le site suggère en effet que l'édifice a été abandonné durant le cinquième siècle, pour des raisons inconnues. «C'est comme s'ils avaient lâché leurs outils d'un coup et s'en étaient allés», d'après Houston. «Je pense que vous contemplez ici la mort d'une dynastie».

Néanmoins, la réponse à ce mystère pourrait être révélée à mesure que le temple du soleil de la nuit est dévoilé. «Jusqu'ici, seuls 30% de sa façade a été exposée», a déclaré Karl Taube qui a ainsi estimé: «Je pense qu'il y aura encore de nombreuses découvertes et une meilleure compréhension de ce que cet édifice pourra révéler». (Publié le 29 juillet 2012 par Émeline Ferard, www.mawisciences.com)

BREVES NOUVELLES

1. Un trésor aquatique découvert sous la Namibie.

Une nappe phréatique de cinq millions de mètres cubes d'eau a été localisée. De quoi alimenter le pays pendant 400 ans.



Photo d'illustration. © AFP

La découverte récente d'une réserve d'eau datant de l'âge de pierre pourrait changer la vie dans le nord de la Namibie en apportant à cette région désertique de quoi l'alimenter pendant 400 ans, a déclaré vendredi un responsable gouvernemental. «Si l'existence de la réserve souterraine est scientifiquement prouvée, elle soulagera le nord de la Namibie en lui fournissant de l'eau potable», a dit à l'AFP le sous-secrétaire pour les eaux et forêts du ministère de l'Agriculture, Abraham Nehemia. «Les tests ne sont pas totalement achevés et la quantité d'eau estimée n'est pas encore prouvée scientifiquement», a-t-il ajouté.

L'ambassade d'Allemagne dans cette ancienne colonie de Berlin avait annoncé la semaine dernière que des experts allemands avaient découvert

la nappe phréatique près de la frontière avec l'Angola. Pouvant contenir jusqu'à 5 millions de mètres cubes d'eau de très bonne qualité, elle date d'environ 10 000 ans et est située à une profondeur de 280 à 350 mètres sous terre sur une zone de 40 kilomètres sur 70. Le responsable du projet à l'Institut allemand des sciences de la terre et des ressources naturelles, Martin Quinger, avait précisé que, selon des estimations prudentes, «le volume d'eau pourrait alimenter la région fortement peuplée du nord de la Namibie pendant quelque 400 ans aux volumes actuels utilisés».

La précieuse ressource est recouverte par une couche rocheuse et par une nappe d'eau salée. Des forages sauvages ou non correctement coordonnés risquent de contaminer l'eau potable, averti le scientifique allemand. Quelque 800 000 personnes vivent dans cette région de Namibie, le pays le plus sec d'Afrique subsaharienne, soit 40 % des 2,1 millions de Namibiens. Elles sont alimentées en eau grâce à un barrage situé dans le sud-ouest de l'Angola. (Guerric Poncet, www.lepoint.fr, 27 juillet 2012)

2. Etat de la science et des technologies en Afrique : mesure des indicateurs bibliométriques

L'Observatoire Africain de la Science, la Technologie et de l'Innovation (OASTI) de la Commission de l'Union Africaine a récemment retenu les services de Science-Metrix pour mesurer l'état actuel de la science et des technologies (S&T) au sein des états membres de l'Union Africaine.. Avec ce nouveau projet, Science-Metrix produira désormais des indicateurs bibliométriques sur les activités S&T à l'échelle de deux continents : l'Europe et maintenant l'Afrique.

Science-Metrix aura le plaisir de travailler avec l'OASTI afin de développer et produire des indicateurs bibliométriques qui permettront de caractériser les activités S&T à travers la gamme et la diversité des pays africains. Ces indicateurs aideront à établir la base d'une étude périodique de la production et de l'impact de la recherche et développement (R&D) en Afrique.

Ce projet s'insère dans une série d'initiatives récentes visant à développer un ensemble d'indicateurs pour la science, la technologie et l'innovation à travers l'Afrique. Ainsi, ce travail contribuera à relever un des défis les plus critiques quant à la prise de décision reliée aux programmes, initiatives et résultats liés à la S&T africaine, soit le manque de données sur la R&D. (www.sciences-metrix.com)

3. Science et Technologie lors de l'élection présidentielle américaine 2012

Les questions les plus importantes ayant intéressé les américains lors des dernières élections présidentielles concernent le bien-être économique national et international : compétitivité économique, innovation, éducation, climat et énergie, santé et recherche médicale, sécurité mondiale. Pour suivre le point de vue des candidats à la présidence sur le rôle de la science pour résoudre ces problèmes, AAAs (American Association for the Advancement of Science) a développé un site web (<http://election.aaas.org>) qui donne leurs positions et déclarations sur certains sujets et leurs stratégies de politique scientifique et technologique et de financement de la R&D.

Le site, continuellement mis à jour, a été conçu pour mettre en liaison non seulement les scientifiques et les ingénieurs mais aussi des hommes d'affaires, des journalistes, des enseignants, des étudiants et le grand public. Il comporte également une comparaison, cote-à-cote, des réponses des candidats à la présidentielle à des questions de politique scientifique posées par l'initiative indépendante ScienceDebate.org. Des milliers de scientifiques et de citoyens concernés ont été invités par ailleurs à soumettre des sujets devant être débattus au cours de la campagne. ScienceDebate a ensuite travaillé avec les organisations US de science et ingénierie dont AAAS pour parvenir à un consensus sur les 14 questions qui ont été posées.

Par ailleurs, et afin d'éviter des risques de coupures budgétaires dans les dépenses fédérales à partir de janvier 2013 (conséquence de la profonde incertitude ayant pesée sur le budget américain pendant la campagne électorale) et l'impact de ces compressions sur les investissements du gouvernement fédéral dans la R&D, un appel a été lancé aux électeurs afin qu'ils s'informent sur la politique scientifique et technologique des candidats à la présidence ou au Congrès américain et qu'ils soient conscients du rôle de la recherche-développement dans la résolution des graves problèmes nationaux et internationaux.

(D'après Alan I. Leshner, Directeur général de l'AAAS, in www.aaas.org).

4. Toxicité des OGM : démenti des Académies Scientifiques Françaises



Devant la mobilisation médiatique autour de l'affaire de toxicité du maïs génétiquement modifié NK603 et son impact sur l'opinion publique, six Académies scientifiques françaises ont décidé de publier ensemble un avis abordant ses différents aspects, qu'ils soient scientifiques, sociétaux ou déontologiques, et proposent un certain nombre de recommandations. Les Académies nationales d'Agriculture, de Médecine, de Pharmacie, des Sciences, des Technologies, et Vétérinaire remettent ainsi en question la valeur des études menées par l'équipe de scientifiques ayant publiés ces informations et se veulent rassurant envers la population dans l'attente de l'annonce des analyses menées par l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) et du HCB (Haut Conseil des Biotechnologies) qui ont été saisi par le gouvernement français après la publication d'une étude du professeur Gilles-Eric Séralini concluant à des risques accrus de tumeurs mammaires et d'atteintes hépato-rénales pour des rats nourris avec du maïs transgénique. D'après eux, la mobilisation médiatique orchestrée autour des travaux sans conclusion solide pose un problème d'éthique majeur. Ils proposent, pour limiter de telles dérives, la création auprès du Président du Conseil supérieur de l'audiovisuel d'un «Haut comité de la science et de la technologie». La mission de ce Haut comité serait d'attirer l'attention du Président du CSA sur la médiatisation de travaux scientifiques remettant en cause des savoirs partagés par la très grande majorité de la communauté scientifique internationale. (www.academie-sciences.fr).

Dans le même temps, le Haut conseil des biotechnologies (HCB) et l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (Anses) ont réfuté, dès lundi 22 octobre, les conclusions des travaux du professeur Séralini sur la toxicité d'un maïs OGM de Monsanto. Le Haut conseil des biotechnologies (HCB) et l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (Anses) ont néanmoins recommandé des études sur les effets à long terme de la consommation d'OGM, quasi-inexistants aujourd'hui. (www.sciencesetavenir.com).

5. Fracturation hydraulique et extraction du gaz de schiste au Royaume-Uni : avis concerté des Académies anglaises



Le conseiller scientifique du Chef du gouvernement britannique, Sir John Beddington FRS, a demandé à la «Royal Society» et à la «Royal Academy of Engineering» d'effectuer une étude scientifique et technique indépendante concernant les risques liés à la fracturation hydraulique comme moyen d'extraire le gaz de schiste au Royaume-Uni.

Les termes de référence de cette étude étaient les suivants:

- Quels sont les principaux risques associés à la fracturation hydraulique comme moyen pour extraire le gaz de schiste dans le Royaume-Uni, y compris les risques géologiques, tels que la sismicité et les risques environnementaux, comme la contamination de l'eau souterraine?
- Ces risques peuvent-ils être gérés efficacement? Si oui, comment?

Ce rapport a analysé les risques sur l'environnement, la santé et la sécurité. Les risques climatiques n'ont pas été analysés. Les risques abordés dans le présent rapport sont limités à ceux associés à la terre par l'extraction du gaz de schiste. L'utilisation ultérieure de schiste gaz n'a pas été abordée.

L'étude conclut que les risques pour la santé, la sécurité et l'environnement peuvent être gérés efficacement au Royaume-Uni tant que les meilleures pratiques opérationnelles sont mises en œuvre et appliquées à travers réglementation stricte. Les résultats de l'examen et les recommandations «L'extraction du gaz de schiste au Royaume-Uni: un examen de la fracturation hydraulique», sont disponibles sur : <http://royalsociety.org>

6. Communiqué du réseau des académies sur la science responsable

Face à la multiplication de cas de comportement irresponsable de la recherche dans de nombreux pays, à l'apparition de divergences d'opinions sur la manière d'y faire face, et à l'émergence d'un climat de méfiance au sein du grand public du fait de la publication et de la médiatisation de résultats de recherche non prouvés scientifiquement, le réseau mondial des académies des sciences a publié le 17

octobre dernier un ensemble de directives regroupées dans un rapport intitulé : **«Responsible Conduct in the Global Research Enterprise: A Policy Report»**.

Le nouveau rapport du Conseil Interacadémique (IAC) et de l'InterAcademy Panel (IAP), identifie ainsi les valeurs et les principes fondamentaux sur lesquels les chercheurs devraient se référer dans toutes les parties du processus, de l'élaboration d'un plan de recherche à la présentation des résultats et à la diffusion auprès des décideurs politiques et du grand public. Le rapport formule également plusieurs recommandations générales de politique à l'intention des chercheurs, des institutions de recherche, des pairs évaluateurs et des organismes de financement publics et privés, dans l'objectif d'une mise en œuvre au niveau mondial.

Ce projet intervient dans le souci d'une **«normalisation de la conduite de la recherche reflétant les valeurs universelles de la science»**, et dans le but ultime d'élaborer un **cadre éthique** qui s'applique à tous les individus et à toutes les institutions impliqués dans la recherche.

Le rapport dans son intégralité peut être consulté sur les sites de l'IAP et de l'IAC: www.interacademies.net and www.interacademycouncil.net.

7. Le CERN obtient le statut d'observateur auprès de l'Assemblée générale des Nations Unies



Genève, le 14 décembre 2012. L'Assemblée générale des Nations Unies a adopté aujourd'hui à New York une résolution octroyant le statut d'observateur au CERN. Le CERN pourra désormais participer aux travaux de l'Assemblée générale des

Nations Unies et siéger aux sessions en tant qu'observateur.

«C'est un grand honneur pour le CERN d'accéder au statut d'observateur à l'Assemblée générale des Nations Unies, souligne le directeur général du CERN, Rolf Heuer. Cette accession s'inscrit dans une tradition de coopération étroite entre le CERN et l'Organisation des Nations Unies et ses agences, tradition qui remonte à la fondation du Laboratoire sous l'égide de l'UNESCO en 1954.» Outre ce lien historique, le CERN a signé des accords de coopération avec l'Office des Nations Unies à Genève (ONUG) ainsi qu'avec plusieurs institutions spécialisées des Nations Unies.

La résolution par laquelle le CERN accède au statut d'observateur auprès de l'Assemblée générale a été soumise par la Suisse et la France, les deux États hôtes du Laboratoire, et a été soutenue par ses dix-huit autres États membres, ainsi que par plusieurs États non-membres du CERN. Elle a été motivée par le fait que les travaux du CERN présentent un intérêt notable pour l'Assemblée générale. Le CERN et l'Organisation des Nations Unies sont en effet engagés dans la diffusion des connaissances scientifiques et techniques, dans le but notamment de favoriser le développement. Par ses projets qui réunissent des scientifiques de tous les pays, le CERN promeut par ailleurs le dialogue entre les nations et est devenu un modèle de coopération internationale.

«L'attribution de ce statut montre l'importance accordée par l'ONU à la science et à son rôle dans la société, se félicite le Directeur général du CERN, Rolf Heuer. Le CERN est prêt à apporter son expertise à l'Assemblée générale ainsi qu'aux autres organes des Nations Unies pour promouvoir la science fondamentale comme facteur essentiel de développement.»

L'Organisation des Nations Unies et le CERN ont un rôle très complémentaire pour accomplir cette mission. Le CERN possède un savoir-faire scientifique et technique unique. Ses connaissances pourront être diffusées plus largement et bénéficier à des pays en voie de développement grâce au réseau des États membres de l'ONU. C'est en tirant parti de cette complémentarité que le CERN et l'UNESCO collaborent pour contribuer à renforcer les capacités scientifiques et technologiques de pays africains notamment, en mettant par exemple en place des formations pour des professeurs et des documentalistes.

L'adoption de la résolution ce vendredi 14 décembre à New York sera suivie, lundi 17 décembre, d'une rencontre entre le Directeur général du CERN, Rolf Heuer, et le Secrétaire général des Nations Unies, Ban Ki-moon.

(<http://press.web.cern.ch/fr/press-releases>)

8. La découverte du boson de Higgs, plus grande avancée scientifique de 2012

La revue scientifique américaine Science a fait part de son palmarès des 10 plus grandes avancées scientifiques de 2012. La découverte du Boson de Higgs obtient la première place de ce classement (voir encadré page 124).

L'année 2012 a été riche en découvertes et prouesses scientifiques. Mais quelles ont été les plus importantes? Pour répondre à cette question,

la prestigieuse revue *Science* a dévoilé son palmarès des 10 plus grandes avancées scientifiques de 2012. Sans grande surprise, c'est la découverte du Boson de Higgs par deux expériences ATLAS et CMS du CERN qui a pris la tête du classement!

Dévoilée le 4 juillet après des expériences menées au Grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN (Centre européen pour la recherche nucléaire), près de Genève, la découverte qui doit encore être étudiée davantage permet d'expliquer pourquoi des particules élémentaires ont une masse et d'autres pas. Mais le boson de Higgs est surtout au coeur d'une quête qui dure depuis plus de 50 ans...



En seconde position, *Science* a retenu les travaux des chercheurs japonais ayant consisté à transformer des cellules souches embryonnaires (de souris) en ovocytes viables. Ceux-ci ont ensuite pu être fécondés in vitro et se sont développés pour donner naissance à des souriceaux via des mères porteuses. Une technique qui redonne de l'espoir aux femmes stériles.

La technologie de Curiosity mise à l'honneur

A la troisième place, la revue américaine a désigné le séquençage complet du génomme de l'homme de Denisova, l'ancien cousin de l'homme de Néandertal et de l'humain moderne. Une prouesse réalisée à partir du simple fragment d'une phalange du petit doigt. La quatrième place a été attribuée au système d'atterrissage du rover Curiosity. Il s'agit d'une

espèce de grue volante capable de déposer avec une grande précision de lourdes charges. Utilisée avec succès sur Mars en août dernier, cette technique pourra être employée pour de futures missions habitées.

En cinquième position, *Science* a retenu le laser à rayons X, un milliard de fois plus puissant que la source traditionnelle lumineuse du synchrotron. Il a notamment permis de révéler la structure des protéines jusque-là inaccessible aux sources de rayons X conventionnelles. La sixième place revient à l'ingénierie de précision du génome. Celle-ci permet de modifier ou d'inactiver certains gènes. Grâce à cette technique de ciblage génétique peu onéreuse, il devient possible de déterminer le rôle spécifique de gènes et de mutations.

Septième place pour la confirmation de l'existence des fermions de Majorana, ces particules qui peuvent agir sur leur propre antimatière. Dans le futur, elles pourraient être utilisées pour stocker et traiter un plus grand nombre de données informatiques.

Huitième place pour la découverte sur l'ADN poubelle

Le projet ENCODE obtient lui la huitième place. Après dix ans de recherche, il est parvenu à démontrer que 80% du génome humain était actif, montrant ainsi un intérêt accru pour l'«ADN poubelle». Cette découverte devrait permettre de mieux comprendre comment les gènes sont activés et désactivés. Cette compréhension pourra aussi aider à révéler certains facteurs de risque génétique pour des maladies.

En neuvième position, *Science* a retenu l'interface cerveau-machine qui a récemment été mise au point. Grâce à cette technologie, des patients paralysés peuvent bouger un bras mécanique par leur seule volonté. Ils peuvent même réaliser des mouvements complexes. Enfin, à la dixième place, la revue a désigné la découverte par des chercheurs chinois du dernier paramètre d'un modèle de physique décrivant comment les neutrinos se modifient à la vitesse de la lumière. Grâce à ces résultats, la physique des neutrinos pourrait un jour aider à expliquer pourquoi l'univers contient autant de matière et aussi peu d'antimatière.

(<http://www.maxisciences.com>, 26 décembre 2012).

Mise en évidence expérimentale du boson de Higgs

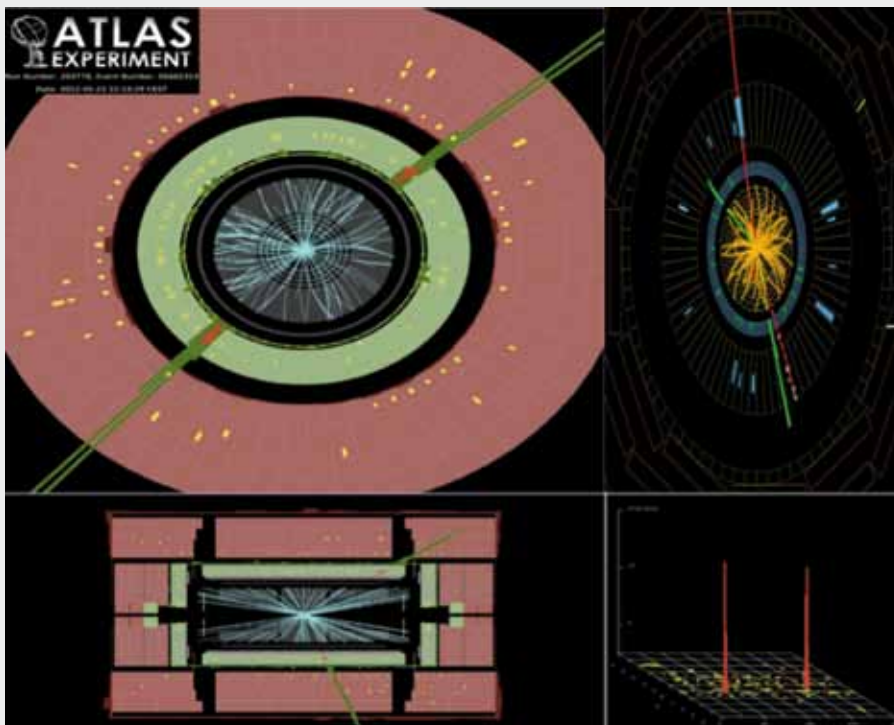
Le 04 juillet 2012, lors d'un séminaire au CERN, les deux expériences ATLAS et CMS annonçaient la découverte d'une nouvelle particule, de masse environ 126 GeV, compatible avec une grande probabilité (plus de 5 sigmas) avec le boson de Higgs prédit il y a 48 ans par Peter Higgs, Robert Brout et François Englert, dans le cadre du modèle standard de physique des particules. Ce résultat, préliminaire certes du fait que toutes les données recueillies, en 2011 et 2012, par les deux expériences ne sont pas encore analysées ce qui limite la statistique des principaux canaux de désintégration du boson de Higgs tel que prévus par le modèle standard ($\gamma\gamma$, zz , ww); il est de bon augure pour la mise en évidence expérimentale de la brique ultime du modèle standard. Les prochaines analyses pourront révéler les propriétés intrinsèques de cette particule et leur compatibilité avec le boson de Higgs du modèle standard.

La découverte de cette nouvelle particule, qu'elle soit le boson de Higgs du modèle standard ou une autre particule exotique, ouvre une nouvelle ère de compréhension de la nature. Conformément au Modèle Standard, ce champ dans lequel baigne tout l'univers, ainsi le vide ne serait pas vide, s'il est excité avec suffisamment d'énergie il produit une particule massive qu'est le boson de Higgs (H).

Cette découverte permettra d'élucider d'autres énigmes en cosmologie tels que la matière et l'énergie noires. En effet, la matière visible observable ne constitue que 4% de l'ensemble de matière de l'Univers, les 96% de masse invisible étant réparties en 23% de masse cachée ou matière noire et 73% d'énergie noire responsable de l'accélération de l'expansion de l'Univers. La nature de cette matière et cette énergie noires nous est inconnue.

Le Maroc est signataire de cette découverte du fait qu'il est membre de l'expérience ATLAS depuis 1996, à travers le pôle de compétences Réseau Universitaire de Physique des Hautes Energies (RUPHE). Cette consécration n'aurait pas été possible sans l'appui de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, en particulier à travers son programme de bourse d'excellence pour les jeunes Doctorants, ainsi que l'appui du Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique (CNRST) et du Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de la Formation des Cadres.

Désintégration d'un Boson de Higgs en deux photons ($\gamma\gamma$)



Sélection de photographies scientifiques de l'année 2012

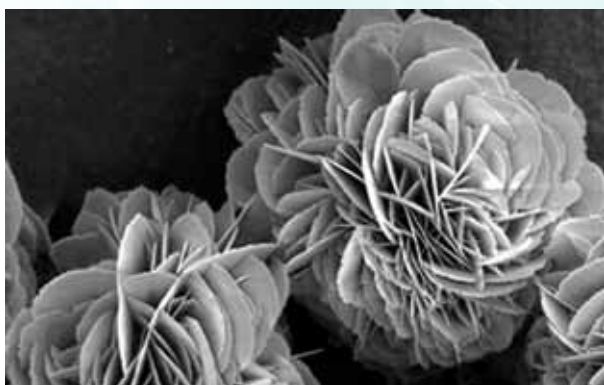
Quelques faits marquants de l'année 2012, représentés en images et sélectionnés par The American Association for the Advancement of Science.

<http://news.sciencemag.org/sciencenow/2012/12/top-science-pictures-of-the-year.html?ref=em>



Photo : X-ray: NASA/CXC/Rutgers/G. Cassam-Chenaï, J.Hughes et al.; Radio: NRAO/AUI/NSF/GBT/VLA/Dyer, Maddalena & Cornwell; Optical: Middlebury College/F. Winkler, NOAO/AURA/NSF/CTIO Schmidt & DSS

Une **supernova** est l'ensemble des phénomènes consécutifs à l'explosion d'une étoile, qui s'accompagne d'une augmentation brève mais fantastiquement grande de sa luminosité. Vue depuis la Terre, une supernova apparaît donc souvent comme une étoile nouvelle, alors qu'elle correspond en réalité à la disparition d'une étoile. Contrairement aux attentes, la plus brillante supernova dans l'histoire, observée en l'an 1006, n'a laissé aucune étoile dans son sillage, disent les astronomes qui ont cherché l'épave céleste.



Les Nanoflowers, ces minuscules molécules florales invisibles à l'œil nu peuvent améliorer la stabilité et l'efficacité des catalyseurs protéiques a rapporté la revue «Nature Nanotechnology». A l'avenir disent les chercheurs, ces nanoflowers pourraient être utilisées pour détecter des polluants toxiques dans les flux des déchets des usines de manière plus efficace que les techniques actuelles.



Photo : Christopher C. Austin/Louisiana State University

Cette grenouille est le plus petit vertébré du monde. *Paedophryne amauensis* a pris la première place comme le plus petit vertébré du monde, avec une taille adulte moyenne de 7,7 millimètres de longueur, moins de la moitié du diamètre d'un dixième de dollar US. La miniaturisation n'est pas chose nouvelle pour les grenouilles. Leur évolution répétée vers les petites tailles, couplée avec leur exclusivité pour les habitats humides, leur a permis d'exploiter le moindre recoin de la végétation de la forêt tropicale, rapporte la revue «PLOS ONE».



Photo : Heidi Halbwirth

Parmi plus de 20.000 variétés de dahlias, y compris les blancs, les jaunes, les rouges profonds, et les magentas, les dahlias noirs sont particulièrement rares et séduisants. Une équipe de chercheurs en Autriche a permis à la science de comprendre pourquoi. Grâce aux analyses effectuées sur 14 variétés de dahlia noir-avec des noms tels que «Black Barbara», «Arabian Night», «Karma Choc» (à gauche), et «Tisa» (à droite), ils ont découvert que la couleur noire provient des niveaux élevés d'anthocyanes, des pigments qui, à des niveaux inférieurs, donnent aussi des dahlias oranges et rouges.

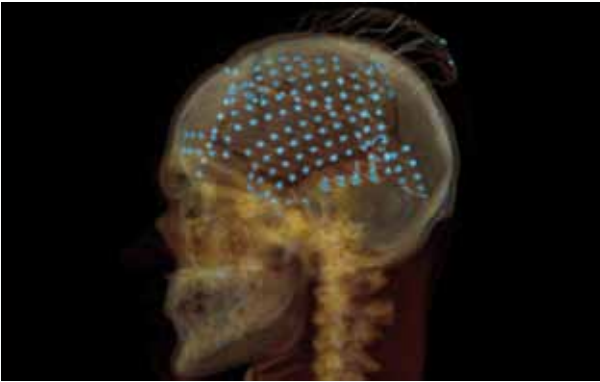


Photo : Adeen Flinker/UC Berkeley

Ce réseau d'électrodes connecté aux centres auditifs du cerveau permet aux scientifiques de reconstituer les mots entendus par un patient simplement en analysant l'activité du cerveau.



Photo : NASA/JPL-Caltech/MSSS

Il y avait de l'eau sur Mars il y a des milliards d'années disent les chercheurs de la NASA. Le robot Curiosity a trouvé un exemple classique de roches déposées par un écoulement abondant d'eau.



Photo : Guek Hock Ping

Nouvelles espèces jusque là inconnues de chrysopes découvertes par les chercheurs grâce à la base de données Flickr. Les images de la nouvelle chrysope, qui a une envergure de 30 mm, ont été prises dans un boisé au nord du parc de Kuala Lumpur, en Malaisie, par un photographe amateur, puis mis en ligne.



Photo: David Ainley/H. T. Harvey & Associates

Les disparitions mystérieuses des orques dans la mer de Ross située dans l'Antarctique semblent être dues, d'après les chercheurs, aux navires de pêche qui ciblent la même nourriture que les baleines, ce qui oblige les animaux à chasser au large, dans des zones plus vastes. Cette énergie supplémentaire risquerait d'entraîner une moindre descendance.

EXPOSITION

Les étonnantes machines de Léonard de Vinci s'exposent à la Cité des Sciences à Paris

Du 23 octobre au 18 août 2013, se tient à la Cité des Sciences et de l'industrie l'exposition Léonard de Vinci, projets, dessins, machines. L'occasion de rappeler que ce peintre de talent était aussi un ingénieur et un scientifique doté d'une imagination et d'une force de création débordantes.



La Joconde, La Vierge aux rochers ou encore La Cène : voilà des peintures que l'on n'a plus besoin de présenter. Réalisées par le talentueux Léonard de Vinci, elles ont toutes acquis une renommée mondiale. Pourtant, celles-ci ne sont qu'une infime partie de l'œuvre que ce «génie par excellence» a laissé derrière lui. Peintre reconnu, Léonard de Vinci était aussi un ingénieur, un scientifique et un dessinateur hors pair capable d'imaginer des machines fabuleuses et particulièrement innovantes. C'est pour le rappeler que la Cité des Sciences de Paris accueille une toute nouvelle exposition intitulée Léonard de Vinci, projets, dessins, machines.

Depuis le 23 octobre, celle-ci invite à découvrir la pensée de cet homme créatif à travers un parcours présentant une quarantaine de machines conçues dans les années 1950 en Italie à partir des dessins et des manuscrits que de Vinci a laissés. D'une arbalète géante de 2,50 mètres à une barque volante, en passant par un chariot automobile ou une tenue de plongée : ces inventions s'avèrent particulièrement étonnantes à contempler. D'autant plus qu'elles n'ont pas forcément été faciles à concevoir, les dessins de De Vinci n'étant pas toujours très précis. D'ailleurs, il n'existe aucune preuve qu'elles aient un jour été réellement construites ou même qu'elles fonctionnent.

Mais cette exposition dévoile un aspect méconnu du génie italien motivé par une curiosité débordante. En effet, les inventions sont réparties dans plusieurs thématiques qui nous révèlent que Léonard de Vinci était un expert pour imaginer des machines de guerre mais aussi pour observer la nature et s'en inspirer. S'il n'était pas vraiment un précurseur, l'Italien s'appliquait souvent à résoudre des problèmes techniques quand il laissait d'autres fois son imagination voguer à des créations irréalisables.

Au fil du parcours, on découvre ainsi plusieurs types de dessins : plusieurs ne sont que des brouillons, d'autres sont artistiques quand certains atteignent une dimension technique étonnante, montrant de véritables «écorchés de machines». Mais l'exposition propose aussi des animations interactives qui permettent d'en savoir plus sur l'histoire de Léonard devenu un homme de cour accompli tout comme celle de son époque. On en ressort ainsi fasciné par cet homme aux multiples facettes et à la pensée aussi ingénieuse que rêveuse.

L'exposition Léonard de Vinci, projets, dessins, machines se tient à la Cité des sciences et de l'industrie de Paris jusqu'au 23 août 2013.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur (www.citesciences.fr)

