



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



**Royaume du Maroc**  
**Académie Hassan II des Sciences et Techniques**



**ACTES**  
**DE LA SESSION PLÉNIÈRE SOLENNELLE**

**Année 2009**

**Rabat : 25 - 27 février 2009**

© Académie Hassan II des Sciences et Techniques, Rabat  
225, Avenue Mohamed Belhassan Ouazani  
Quartier Ambassador-Souissi  
Rabat, Royaume du Maroc

Dépôt légal : 2010 / 0371  
ISBN : 978-9954-520-00-0

Réalisation : **AGRI-BYS S.A.R.L.** (A.U)

Achevé d'imprimer : février 2010  
Imprimerie Lawne : 11, rue Dakar, Océan, Rabat, Maroc

## SOMMAIRE

<b>Avant-propos .....</b>	<b>7</b>
<b>SÉANCE D'OUVERTURE.....</b>	<b>9</b>
<b>Mot du Directeur des Séances.....</b>	<b>11</b>
<b>Allocution du Secrétaire Perpétuel.....</b>	<b>13</b>
<b>Les causes et les implications de la crise alimentaire mondiale</b>	
Mohamed Ait-Kadi .....	17
<b>Présentation du Plan Maroc Vert</b>	
Aziz Akhannouch.....	29
<b>CRISE ALIMENTAIRE MONDIALE &amp; SCÉNARIOS DE SOLUTION.....</b>	<b>47</b>
<b>Election du nouveau Directeur des Séances .....</b>	<b>49</b>
<b>The World Food Crisis : Deriving solutions</b>	
Chandra A. Madramootoo.....	51
<b>World food supply and demand trends</b>	
Mark Rosegrant.....	59
<b>Discussion.....</b>	<b>61</b>
<b>ALIMENTATION, NUTRITION &amp; SANTÉ .....</b>	<b>67</b>
<b>Les enjeux nutritionnels de la crise</b>	
Françis Delpeuch .....	69
<b>Nutrition et santé au Maroc : de la complexité de la situation à la pluralité de l'action</b>	
Sabah Benjelloun .....	79
<b>Discussion.....</b>	<b>118</b>
<b>STRATÉGIE EN RECHERCHE AGRONOMIQUE NATIONALE .....</b>	<b>121</b>
<b>Acquis de l'INRA en Matière de Recherche Scientifique et technologique pour l'amélioration de la production agricole au Maroc</b>	
Mohamed Badraoui.....	123
<b>La recherche agricole à l'IAV Hassan II : cas du domaine animal</b>	
Fouad Guessous .....	153
<b>Discussion.....</b>	<b>172</b>

**PANEL - Crise alimentaire : Apport de la recherche, Produire plus et mieux ..... 175**

**Modérateur :** Albert Sasson

**Intervenants :**

Tamás Németh, Mohamed Badraoui, Francisco Garcia-Garcia, Noureddine El Aoufi

**Discussion..... 191**

**CÉLÉBRATION DE L'ANNÉE MONDIALE DE L'ASTRONOMIE.....203**

**Modèles d'Univers**

Omar Fassi-Fehri ..... 205

**L'Univers en théorie des cordes**

EL Hassan Saidi ..... 223

**L'observation en astronomie**

Zouheir Ben Khaldoun..... 225

**COMMUNICATIONS .....229**

**Une batterie Li-ion marocaine pour les voitures électriques  
et les téléphones portables**

Ismaïl Akalay ..... 331

**Application de la technologie de la concentration du rayonnement solaire  
dans la métallurgie extractive aux hautes températures**

Najib Abdenouri..... 239

**Rapport d'activité 2008 - 2009..... 261**

**Compte rendu de la session plénière 2009 (en français) ..... 283**

**Thème scientifique général - Synthèse & conclusions (en français) ..... 289**

**Thème scientifique général - Synthèse & conclusions (en anglais) ..... 297**

**Liste des participants..... 303**

**Allocution du Secrétaire Perpétuel (en arabe).....**

**Message adressé à Sa Majesté le Roi Mohammed VI (en arabe).....**

**Compte rendu de la session plénière 2009 (en arabe).....**

**Avant-propos (en arabe).....**

## AVANT-PROPOS

Les 25, 26 et 27 février 2009, l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques a tenu sa quatrième session plénière solennelle annuelle; son thème scientifique général a porté sur «les leçons de la crise alimentaire mondiale : stratégies agroalimentaires et contribution de la recherche scientifique».

Au cours du débat, les Académiciens ont pu écouter un exposé sur «le Plan Maroc Vert», dont Sa Majesté le Roi Mohammed VI, que Dieu L'assiste, a pu dire à la conférence de l'organisation de l'ONU pour l'alimentation et l'agriculture (Rome, juin 2008) : *«...A cet égard, le gouvernement du Royaume du Maroc a, sous l'impulsion de Notre Majesté, adopté le «Plan Maroc Vert», comme nouvelle stratégie nationale, ayant pour vocation de réaliser un développement agricole ambitieux. Il s'agit d'un programme pragmatique destiné à assurer le développement rapide de l'agriculture marocaine et un accroissement annuel du PNB, à la mesure des potentialités de notre pays. Ce plan vise à faire du secteur agricole le principal moteur du développement économique national, au cours des quinze années à venir, et ce, en passant du schéma dichotomique traditionnel agriculture moderne Vs agriculture sociale, à une vision stratégique garantissant une certaine harmonie entre toutes les catégories sociales et les régions... ».*

Au cours de la même session une séance a été consacrée à la célébration de l'Année mondiale de l'astronomie; notre souci est de montrer combien la discipline astronomie-astrophysique est utile à la formation scientifique et au développement technologique.

Des communications furent également présentées sur le thème énergie et innovation technologique en matière d'énergie; ce sujet s'avéra quelques mois plus tard d'une actualité et d'une importance stratégique pour le pays, au regard des décisions historiques prises par Sa Majesté le Roi en matière d'utilisation de l'énergie solaire.

C'est donc l'ensemble des actes des travaux de la session 2009 que nous présentons dans cette publication; notre espoir est de tendre toujours un peu plus vers le noble objectif que Sa Majesté Le Roi a fixé à notre Institution au moment de son installation *«servir le pays et contribuer au développement de la science mondiale».*

Pr. Omar Fassi-Fehri  
Secrétaire Perpétuel



## **SÉANCE D'OUVERTURE**



## SÉANCE D'OUVERTURE

*Mohamed AIT KADI*

*Membre Résident de l'Académie  
Hassan II des Sciences et Techniques*

*Directeur des Séances*



Monsieur le Secrétaire Perpétuel,  
Monsieur le Chancelier,  
Mesdames et Messieurs,  
Chers Collègues,

Je voudrais vous souhaiter la bienvenue à la session plénière solennelle 2009 de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques et je donne la parole à Monsieur le Secrétaire Perpétuel.





## ALLOCUTION À L'OUVERTURE DE LA 4<sup>ÈME</sup> SESSION PLÉNIÈRE DE L'ACADÉMIE HASSAN II DES SCIENCES ET TECHNIQUES

*Pr. Omar FASSI-FEHRI*

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



**Excellences, Honorables invités,  
Mesdames et Messieurs les Académiciens,  
Mesdames et Messieurs,**

C'est avec un réel plaisir que je prends la parole en cette séance d'ouverture de la 4<sup>ème</sup> session plénière solennelle de notre Académie. C'est aussi un motif de joie de nous retrouver de nouveau, pour nous acquitter d'une des plus importantes activités de notre prestigieuse Institution, réunir de façon régulière l'ensemble de ses membres autour de questions majeures qui préoccupent nos sociétés. En agissant de la sorte, nous nous inscrivons dans le cadre des Hautes Orientations de Sa Majesté le Roi Mohammed VI -que Dieu Le garde- qui dans Son Discours d'Installation de notre institution, a insisté sur « l'importance du rôle que devront jouer nos scientifiques en général, et les membres de l'Académie Hassan II des sciences et techniques en particulier, afin de contribuer à relever les défis du développement et principalement ceux du développement humain ».

Appuyant Ses propos, Sa Majesté ajoutait « A cet égard, la recherche scientifique, le développement technologique et l'innovation doivent servir ce chantier essentiel et vital qui vise l'amélioration des conditions de vie de nos citoyens et la préservation de leur dignité, outre le fait d'initier une action inlassable pour favoriser leur intégration dans la société du savoir ».

La tenue de la session plénière solennelle de notre Académie est pour nous un moment privilégié. Elle nous permet de nous enquérir des conditions de mise en œuvre des missions de notre institution et de nous concerter sur les voies et moyens les plus appropriés pour nous acquitter, le mieux possible, de ces missions. Elle est aussi pour nous l'occasion, à la fois de connaître des progrès de la science et de renforcer la vocation de notre pays, comme terre de dialogue et de rencontre entre Hommes de sciences et de savoir.

**Excellences, Mesdames, Messieurs,**

Il y a un an, en février 2008, notre Académie tenait sa troisième session plénière solennelle autour du thème général scientifique consacré à la célébration de l'année internationale de la planète terre. Au cours de la même session, nous avons également adopté le programme d'actions pour l'année 2008, dont nous aurons l'occasion de discuter la réalisation au cours de la présente session.

Le thème scientifique général de celle-ci porte sur «les leçons de la crise alimentaire mondiale : stratégies agro-alimentaires et contribution de la recherche scientifique».

Le choix de ce thème, est dû à la forte préoccupation, qui a saisi nous tous, pouvoirs publics, communauté scientifique et simples gens face aux causes et conséquences de la profonde crise alimentaire mondiale vécue au cours de cette année.

La tenue de la Conférence internationale de haut niveau, sur ce sujet, au mois de juin dernier, à Rome, et celle tenue sur «la sécurité alimentaire pour tous», au mois de janvier 2009, à Madrid, témoignent de façon notoire du degré d'inquiétude de la communauté internationale, et de la nécessité impérieuse d'agir pour assurer une alimentation suffisante, saine et équilibrée, base de stabilité sociale et d'une vie libre et digne.

La profonde crise financière que notre monde vit aujourd'hui, constitue une menace supplémentaire pour notre sécurité alimentaire. Près de 1 milliard de personnes souffrent de la faim dans le monde; parmi eux, près de 830 millions vivent dans des pays en voie de développement, et cette situation risque de s'aggraver dans des continents comme l'Afrique, en raison de conditions naturelles défavorables et du taux élevé d'accroissement de la population.

La sécurité alimentaire mondiale constitue probablement un des défis majeurs du siècle qui commence; pour cette raison notre Académie a jugé opportun de consacrer le thème scientifique général de sa session à ce sujet; elle s'attachera à faire le point sur la question, en examinant les scénarios de solutions, en particulier comment faire face aux besoins sur les plans nutrition et santé; elle traitera aussi des voies et moyens à même de permettre à la science et à la technologie de contribuer à remédier aux causes profondes de cette crise et à atténuer ses effets. Au cours de cette séance nous écouterons avec plaisir et grand intérêt comment notre pays entend faire face à cette crise avec la présentation du Plan Maroc Vert par M. le Ministre de l'Agriculture et de la Pêche maritime, que nous remercions vivement.

**Excellences, Mesdames, Messieurs,**

Par ailleurs la tenue de cette session coïncide avec la célébration de «l'Année Mondiale de l'Astronomie», placée sous le thème «l'Univers, découvrez ses mystères», comme décidé par l'Assemblée Générale de l'ONU et la Conférence Générale de l'UNESCO; à l'occasion de cette célébration il faut savoir que dans plus de 140 pays dont le Maroc ont été constitués des comités nationaux pour organiser cette célébration qui commémore l'observation, par Galilée en 1609 et pour la première fois, du ciel à travers une lunette astronomique ce qui lui a permis de voir l'Univers sous un nouveau jour.

L'astronomie demeure non seulement une science qui a accompagné l'humanité et toutes les civilisations et cultures durant des siècles, mais qui a aussi été à l'origine de découvertes scientifiques et d'inventions technologiques majeures.

En consacrant quelques conférences et communications scientifiques à l'astronomie et l'astrophysique, au cours de cette session, notre Académie se veut de participer ainsi à cette célébration, et d'encourager, en particulier chez les jeunes, l'esprit de découverte par le partage des connaissances fondamentales sur l'univers, et pour mettre en évidence le rôle essentiel de l'astronomie dans l'éducation et la culture scientifiques.

Un autre sujet tout aussi important et pertinent est également programmé au cours de cette session. Il s'agit de l'énergie et de l'innovation technologique dans ce domaine. Les débats et discussions autour de ce thème permettront de dégager des projets concrets de recherche qui méritent d'être soutenus.

#### **Excellences, Mesdames, Messieurs,**

Les sociétés bâties sur la connaissance et le savoir domineront vraisemblablement encore davantage le monde, et surtout augmenteront encore plus leur emprise sur les marchés mondiaux. Par ailleurs, dans un monde globalisé où les marchés évoluent rapidement et où les problèmes de compétitivité, de croissance et d'emploi sont très liés.

La valorisation du savoir et la promotion de l'innovation sont devenues de plus en plus une stratégie dominante chez les différents opérateurs. Devant cette situation, le Maroc ne peut, sans risque de marginalisation, rester en dehors de ce mouvement; disposer d'une base scientifique et technologique solide est aujourd'hui pour notre pays une condition nécessaire à son développement, seule à même de donner naissance aux nouvelles connaissances pouvant conduire à sa modernisation, et à sa mise à niveau scientifique et technologique, et partant à son développement économique et social.

Au cœur de cette stratégie, il faut souligner le rôle essentiel des ressources humaines et des compétences qu'il s'agit de mobiliser en quantité et en qualité; sa réussite est beaucoup moins liée aux moyens financiers et matériels qu'on peut mobiliser, qu'aux ressources humaines, en chercheurs, ingénieurs, cadres et techniciens, disponibles.

Cette mobilisation des moyens matériels et humains devrait bien entendu s'orienter d'abord vers les secteurs où notre pays dispose d'atouts naturels et occupe des positions relativement fortes, comme l'agroalimentaire ou les mines, la chimie, les ressources marines, ainsi que vers les secteurs considérés comme stratégiques et vitaux, comme l'énergie, l'eau, les questions de nutrition, de santé et d'environnement.

#### **Excellences, Mesdames, Messieurs,**

A la fin de cette allocution, je voudrais remercier toutes les personnalités présentes avec nous à l'ouverture de cette session plénière de notre Académie. Je remercie également les éminentes personnalités scientifiques, marocaines ou étrangères, qui ont répondu à notre invitation et présenteront au cours de cette session des conférences ou des communications.

Je remercie également mon ami le Professeur Abdellatif Berbich, Secrétaire Perpétuel de l'Académie du Royaume et l'ensemble de son personnel pour l'aide qu'ils nous apportent, comme à l'accoutumée, dans l'organisation matérielle de nos sessions plénières.

Je voudrais aussi remercier les membres du conseil d'Académie, de la Commission des Travaux, des Collèges Scientifiques ainsi que le personnel administratif grâce à qui cette session a pu être préparée dans les meilleures conditions.

Puisse Dieu couronner de succès nos actions afin que l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques soit une institution phare pour la réalisation de la coopération scientifique et pour le rayonnement des sciences et du savoir, fidèle en cela à l'objectif qui lui a été fixé par Sa Majesté le Roi «servir le pays et contribuer au développement de la science mondiale».

**Je vous remercie pour votre attention.**

## LES CAUSES ET LES IMPLICATIONS DE LA CRISE ALIMENTAIRE MONDIALE

*Pr. Mohamed AIT KADI*

*Président du Conseil Général  
du Développement Agricole*

*Membre Résident de l'Académie  
Hassan II des Sciences et Techniques*



### Introduction

La crise alimentaire mondiale s'est manifestée par une envolée des prix des denrées alimentaires qui ont atteint au premier trimestre 2008 leur plus haut niveau en valeur réelle depuis 30 ans. Ce phénomène d'emballlement n'est pas nouveau. On sait depuis longtemps que les prix des produits agricoles sont particulièrement volatiles du fait de l'inélasticité de la demande. L'accalmie à laquelle on assiste depuis quelques mois ne doit pas occulter les causes structurelles de la flambée des prix agricoles. Ces causes sont liées à une nouvelle équation alimentaire mondiale en termes de demande et d'offre.

Les moteurs de l'accroissement de la demande restent principalement la démographie, l'urbanisation, l'amélioration des revenus et les changements des régimes alimentaires qui s'en suivent. A cela s'ajoute une demande accrue de denrées agricoles destinées à la fabrication de biocarburants. L'offre est marquée par le recul des gains de productivité, le niveau très bas des stocks céréaliers, la baisse de la production mondiale de céréales du fait des conditions météorologiques adverses qui ont sévi dans les grands pays producteurs, le renchérissement des coûts des intrants et du transport lié à la hausse des prix de pétrole et la raréfaction des ressources naturelles de base nécessaires à la production agricole notamment les terres et l'eau. L'escalade des prix a été aussi amplifiée par la conjugaison de la spéculation financière, dont les céréales en particulier sont devenues l'objet, et des mesures d'urgence inappropriées prises par un certain nombre de pays importateurs et/ou exportateurs.

Cette situation a eu des répercussions dans le monde entier mais elle a touché de plein fouet les pays en développement net importateurs de denrées alimentaires avec pour conséquences des risques d'instabilité sociale et le creusement de leur déficit commercial. Les pays également importateurs de pétrole, comme le Maroc, sont doublement affectés. La crise a pratiquement annihilé les efforts entrepris depuis une décennie pour réduire la pauvreté en faisant basculer plus de 100 millions de personnes dans la sous alimentation.

Elle a également révélé que la sécurité alimentaire doit être raisonnée, aussi bien au niveau mondial que national et local, par rapport à ses quatre dimensions relatives à la disponibilité, l'accès, la stabilité et la qualité.

Enfin, cette crise systémique doit être traitée comme une « alerte précoce » sur ce qui attend le monde au XXI<sup>ème</sup> siècle. Celui-ci dépendra de plus en plus de l'agriculture pour produire des aliments, fournir des matières premières à l'industrie, restaurer les écosystèmes et dans certaines conditions fabriquer des agrocarburants. En même temps, les bases physiques et économiques des systèmes d'agriculture productiviste (basée sur un usage d'énergie et d'intrants chimiques) sont remises en cause par la nouvelle crise mondiale. L'agriculture va devoir produire beaucoup plus (deux fois plus d'ici à 2050 dans un scénario tendanciel) elle va devoir produire autrement. Pour cela, une révolution agronomique considérable est nécessaire. Elle définit un nouvel agenda pour la recherche agronomique.

## 1. Caractérisation

L'indice du FMI des prix des matières premières agricoles échangées sur le marché mondial a augmenté de 130% entre janvier 2002 et juin 2008 et de 56% de janvier 2007 à juin 2008. Cette flambée survient après une période de baisse tendancielle et de relative stabilité avec les niveaux les plus bas atteints en 2000 et 2001 après la crise financière asiatique [10]. La fièvre sur les prix n'a pratiquement épargné aucune denrée agricole. Dans le courant du premier trimestre 2008, les prix du maïs et du blé ont doublé par rapport à leurs niveaux de 2003. Celui du riz a plus que triplé (fig.1).

Fig.1



Ce phénomène d'emballement n'est pas nouveau dans l'histoire des marchés agricoles. On sait depuis longtemps que les prix agricoles sont particulièrement volatiles du fait de l'inélasticité de la demande. De faibles variations de quantités (DQ) ont de grands effets sur celles des prix (DP). C'est le cas, par exemple, des céréales pour lesquels une variation DQ de 8% entre 2000 et 2006 a entraîné une variation DP de 53% [13]. Mais le rapport sur les perspectives mondiales 2009 publié par la Banque Mondiale

[16] note que le récent boom, le 3ème après la deuxième guerre mondiale en comptant celui de 1951 (période de reconstruction) et celui de 1974 (premier choc pétrolier) se distingue par son ampleur, sa durée et le nombre de produits pour lesquels les prix se sont envolés. Il n'est donc pas surprenant que les économies et les politiques n'aient été pas préparées ou protégées contre cette instabilité exceptionnelle.

Depuis juillet 2008 les cours se sont repliés brutalement sans toutefois atteindre les niveaux de 2003. Ainsi, en février 2009 les prix du blé dur et du blé tendre ont enregistré des baisses de 45% et 54% mais restent au dessus de leurs niveaux respectifs atteints durant la même période en 2003 et ce de 36% et 23%. Cette chute des prix sur les marchés agroalimentaires a été l'une des conséquences de la crise bancaire systémique qui s'est propagée à « l'économie réelle ». Toutefois cette crise économique mondiale et la chute du prix du pétrole ne suffisent pas à inverser la tendance car les prix des denrées alimentaires resteront soutenus durant les dix prochaines années du fait des changements rapides et profonds dans les termes de l'équation alimentaire mondiale.

## 2. Une nouvelle équation alimentaire mondiale

Les facteurs qui ont causé l'envolée des prix des denrées alimentaires sur les marchés internationaux sont complexes (fig.2). Une quantification de la part attribuable à chacun d'entre eux dans cette augmentation est, comme l'ont souligné Abbot et al [1], pratiquement impossible. Les prix agricoles obéissent à des cycles propres liés aux dynamiques demande/offre. Mais leur hausse a été aussi amplifiée par la spéculation dont les céréales, en particulier, ont fait l'objet. Cette hausse a été également aggravée par les mesures d'urgence prises par de nombreux pays ayant limité leurs exportations et/ou augmenté leurs importations.

Fig.2



### 2.1. La demande

Durant les deux dernières décennies la demande alimentaire a cru d'une façon régulière. Les principaux moteurs de cet accroissement sont la démographie, l'urbanisation, l'amélioration des revenus et les changements des régimes alimentaires qui s'en suivent.

Le taux de croissance de la population mondiale s'établit à environ 1% par an mais plusieurs pays en développement, notamment en Afrique, connaissent encore des niveaux bien plus élevés. Pratiquement 61% de cette population vivra dans les villes durant les 3 prochaines décennies [4]. De plus, plusieurs pays en développement connaissent, depuis quelques années, une croissance économique élevée. En Asie, et particulièrement la Chine et l'Inde, les taux de croissance du PIB réel avoisinent 9% par an entre 2004 et 2006. De même l'Afrique sub-saharienne a connu une croissance économique rapide d'environ 6% durant la même période. Or l'amélioration des revenus se traduit systématiquement dans ces régions par un accroissement des dépenses alimentaires en faveur de régimes plus variés et plus riches. Il s'ensuit une consommation plus grande notamment des viandes et des produits laitiers d'où une augmentation des besoins en céréales pour l'alimentation animale. Cette augmentation a atteint 7% par an depuis 2000 contre 4% pour les céréales destinées à l'alimentation humaine. Il est cependant difficile d'attribuer l'envolée des prix de certaines denrées alimentaires comme les blés à une demande accrue de la Chine et de l'Inde car ces deux pays sont pratiquement autosuffisants et leurs importations de céréales, en l'occurrence, ont plutôt baissé entre les années 2000 et 2007.

L'accroissement rapide du prix du pétrole a créé une demande additionnelle pour les récoltes alimentaires utilisées à des fins de production d'agrocarburants. Aux Etats-Unis 30% des récoltes en 2008 du maïs, soit 12% de la production mondiale, ont été détournés vers la production d'éthanol. De même 60% de la production du colza dans l'Union européenne en 2007, soit 25% de la production mondiale ou 70% du commerce mondial de ce produit, ont été utilisés pour la production du biodiesel.[6]. Le renchérissement des prix induits ne se limite pas uniquement aux cultures utilisées, il concerne indirectement d'autres denrées. L'engouement vers la culture du maïs aux Etats-Unis s'est fait au détriment du blé et/ou du soja dont les prix, ont de ce fait, également augmenté. Cette situation est inquiétante car les prix des denrées utilisées pour la production d'agrocarburants deviennent de plus en plus corrélés au prix du pétrole (fig.1) qui leur mettra désormais un plancher. On estime que lorsque les prix du baril de pétrole se situent entre US\$ 60 et \$70, les agrocarburants deviennent compétitifs dans plusieurs pays même avec les technologies actuelles. Leur efficacité est cependant encore sujette à controverse y compris sur le registre de l'atténuation du changement climatique pour lequel ils sont mis en avant lorsque l'on considère la déforestation et les changements d'occupation des sols qu'ils provoquent. Quoiqu'il en soit, la demande potentielle du marché de l'énergie est si grande qu'elle risque de bouleverser complètement les marchés agricoles. Le développement de la 2ème génération d'agrocarburants celluloseux comme alternative est plutôt freiné, d'une part, par les soutiens accordés aux agrocarburants actuels par les USA et l'UE et, d'autre part, par la surcapacité industrielle installée qui n'est pas nécessairement adaptée, ne serait-ce que par sa localisation, à cette nouvelle génération [9].

## 2.2. L'offre

On admet typiquement que l'offre agricole globale croît de 1 à 2% lorsque les prix augmentent de 10% en précisant que cette élasticité n'est pas nécessairement linéaire. Mais les dynamiques demande/offre agricoles sont complexes et la réponse du côté offre est plutôt lente en raison de l'effet cumulé du recul tendanciel des gains de productivité,

du niveau très bas des stocks céréaliers, de la baisse de la production mondiale de céréales du fait des conditions météorologiques adverses qui ont sévi dans les grands pays producteurs, du renchérissement des coûts des intrants et du transport lié à la hausse des prix de pétrole et de la raréfaction et de la dégradation des ressources naturelles de base nécessaires à la production agricole notamment les terres et l'eau.

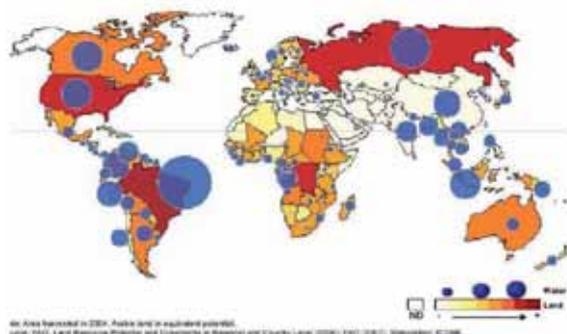
L'accroissement de la production agricole est le produit combiné de l'extension des terres arables, de l'intensification et de l'augmentation des rendements. L'amélioration des rendements a été, depuis le début des années 60, la source principale de l'augmentation de la production agricole. Elle en explique, globalement, environ 78% alors que 7% et 15% sont respectivement attribuables à l'intensification et à l'extension des terres cultivées. Une tendance à la baisse du taux d'accroissement des rendements des 3 céréales (blé, riz et maïs) est mise en évidence dans le Rapport sur le Développement Mondial 2008 [15]. Ainsi, dans les pays en développement les rendements moyens n'auraient augmenté que de 1% durant la période 1990-2007 contre 2% entre 1970-1990. En réalité cette baisse est effective pour le blé et le riz alors que les rendements du maïs ont plutôt augmenté depuis 1990 [7]. La situation est également très différenciée entre pays selon les niveaux des investissements consacrés à l'agriculture et à la recherche-développement dans le secteur agricole.

Les stocks céréaliers ont pratiquement baissé de moitié depuis 2001 passant de 600 millions de tonnes à moins de 300 millions de tonnes en 2007. Le ratio stocks céréaliers/utilisation en 2007/2008 était estimé à 18,8% soit un recul de 6% par rapport au niveau de 2006/2007. Cette situation aurait contribué à aggraver la « nervosité » des marchés face aux déficits de production liés aux conditions climatiques adverses qu'ont connues certains grands pays producteurs comme l'Australie, le Canada, les Etats-Unis et dans une moindre mesure la Russie et l'Ukraine.

Les prix du pétrole ont pratiquement doublé entre 2005 et 2008 entraînant le triplement des prix de certains engrais et le doublement du prix du transport. L'effet combiné de ce renchérissement représente 20 à 30% de l'augmentation des prix à l'exportation des prix des principales denrées américaines (blé, maïs et soja) qui déterminent le marché mondial [10].

Comment nourrir le monde ? La crise a fait revenir cette question au devant de la scène internationale. Selon les projections démographiques la population mondiale devrait croître de 6,5 milliards de personnes en 2005 à 9,2 milliards en 2050 et de ce fait la production agricole devrait doubler dans un contexte marqué par la réduction des ressources de base, la terre et l'eau. L'Asie, le Moyen Orient et l'Afrique du Nord ont épuisé leur potentiel de terres arables et exploité une large part de leurs ressources en eau renouvelables (fig3). Ces régions dépendront de plus en plus des importations.

Fig3. Répartition du potentiel en terres arables et en eau



d'après ICONE, WAC 2007

Entre 1961 et 2003 les surfaces cultivées ont augmenté de 13% (1,5 milliards d'hectares) et celles irriguées ont doublé (270 millions d'hectares). La surface cultivée pour nourrir un habitant a été divisée par 2 (de 0,45 à 0,25 ha/habitant). Les terres agricoles subissent des déperditions par l'érosion, la salinisation, les pertes de fertilité et l'urbanisation galopante. Les extensions possibles supposent la mise en culture de réserves foncières non encore exploitées, notamment en Afrique subsaharienne et en Amérique Latine. Il s'agit là de terres à gagner sur la pâture ou la forêt avec des conséquences potentiellement négatives sur les écosystèmes [8]

Parallèlement le taux d'accroissement de l'utilisation de l'eau a été globalement le double de celui de la croissance démographique durant le siècle précédent [2]. La demande en eau agricole représente 70% du total exploité. On compte en moyenne 1 litre d'eau par calorie produite soit 3500 à 4500 litres d'eau pour satisfaire les niveaux caloriques journaliers moyens des régimes alimentaires des pays riches. Sans des améliorations importantes de la productivité de l'eau agricole – ou un bouleversement majeur de la carte agricole mondiale- la quantité d'eau requise pour satisfaire l'accroissement démographique et le changement des comportements alimentaires associé à l'urbanisation devrait augmenter dans une fourchette de 60 à 90% Cette demande en eau supplémentaire serait encore plus grande si la production d'agrocarburants continue de croître [2].

### 2.3. Les facteurs amplificateurs

La spéculation : face à la crise des crédits immobiliers aux Etats-Unis et des produits dérivés de ces instruments de crédits, des volumes abondants de fonds spéculatifs se sont reportés sur les marchés à terme des produits agricoles et sur les instruments dérivés de ces marchés. Ceci a contribué à amplifier la volatilité des prix agricoles. D'ailleurs sur le rôle des spéculateurs, Paul Krugman, Prix Nobel d'économie a fait remarquer à plusieurs reprises que pour que la spéculation induise une hausse des prix, il faut qu'elle provoque une rétention de l'offre physique sur le marché par augmentation des stocks. Or pour plusieurs produits agricoles, la plupart des analystes s'accordent à souligner que le niveau des stocks avait beaucoup baissé [12]

Le protectionnisme : pour éviter les risques de troubles sociaux et politiques, de nombreux pays ont réagi dans l'urgence et les mesures qu'ils ont prises, ont elles aussi contribué à amplifier la hausse des prix agricoles. Ainsi par exemple l'Argentine et la Russie ont imposé des limitations sévères à leurs exportations de blé afin de faire baisser les prix intérieurs. Le Viet Nam et la Thaïlande ont arrêté leurs exportations de riz pendant plusieurs mois pour les mêmes raisons. De même les baisses, voir l'élimination, des tarifs douaniers par plusieurs pays net importateurs ont accentué la tension sur les marchés.

### 3. Quelles sont les implications ?

#### 3.1. Au niveau International

La montée de l'insécurité alimentaire : la flambée des prix agricoles internationaux a secoué le monde entier. Elle a fait basculer plus de 100 millions de personnes dans la faim portant le nombre total de personnes souffrant de la faim chronique à environ un milliard soit 15% de la population mondiale. Les populations pauvres sont vulnérables à la hausse des prix qui non seulement entraîne la détérioration de la qualité nutritive de leur alimentation mais celle de leur pouvoir d'achat vu que les dépenses d'alimentation représentent parfois jusqu'à 60 à 70% de leurs revenus. Elle a aussi provoqué une série de mouvements sociaux, médiatisés sous le terme « d'émeutes de la faim », dans pas moins d'une trentaine de pays. La gravité de ces impacts montre bien l'interdépendance entre la sécurité alimentaire et la stabilité politique. De ce point de vue cette crise doit être considérée comme « une alerte précoce » des défis alimentaires auquel le monde aura à faire face dans le futur.

Les impacts du changement climatique sur la sécurité alimentaire : l'agriculture mondiale est, en effet, menacée par le changement climatique dont les impacts potentiels ont été documentés dans plusieurs rapports. La plupart indiquent que le potentiel de production agricole va se réduire et que les rendements des principales cultures céréalières en l'occurrence le blé et le maïs vont globalement baisser. Ces baisses seront particulièrement marquées dans les régions de basses latitudes. L'Afrique, l'Asie et l'Amérique latine pourront connaître des baisses de rendements variant de 20 à 40%. De plus, l'occurrence d'événements extrêmes de plus en plus fréquents (sécheresses et inondations) aggraveront les pertes de récoltes et d'animaux. Certaines analyses annoncent le déclin, par rapport au niveau de 2000, du nombre de calories alimentaires disponibles pour l'ensemble des pays en développement. Enfin, le changement climatique va aggraver la hausse des prix des céréales et du soja.

Il apparaît ainsi que la sécurité alimentaire des pays en développement risque de se détériorer dans ses quatre dimensions<sup>1</sup> : (1) la disponibilité des aliments va baisser

<sup>1</sup> Il fut un temps était posée en termes d'autosuffisance nationale. L'inégalité des dotations en ressources naturelles, la pression de la croissance démographique, l'urbanisation, la valorisation des avantages comparatifs de l'agriculture, la libéralisation de l'économie posent désormais cette question à la fois en termes de production nationale et en termes d'échanges sur le marché mondial. Les inégalités sociales et l'extension de la pauvreté ont, en outre, mis en avant la problématique de la capacité économique des populations déshéritées à l'accès à l'alimentation, qu'il s'agisse de leur capacité à produire suffisamment pour satisfaire leurs besoins ou qu'il s'agisse leurs revenus pour accéder aux marchés. Les travaux d'Amartya Sen et d'Alex de Waal, en particulier, avaient mis en avant que l'insécurité alimentaire était plus le fait d'un déficit d'accès à l'alimentation par les populations pauvres que d'un manque de disponibilités des aliments. Mais la hausse des prix de 2007-2008 a renvoyé le pendule vers la disponibilité. Aujourd'hui nous sommes amenés à raisonner la sécurité alimentaire dans ses quatre dimensions : la disponibilité, l'accès, la stabilité, l'innocuité et la qualité nutritionnelle

par suite de la contraction des ressources en eau, de conditions climatiques plus défavorables, des changements démographiques et de régimes alimentaires et de la demande accrue des agrocarburants ; (2) l'accès des populations pauvres à la nourriture sera affecté par la détérioration de leur pouvoir d'achat en raison des prix élevés; (3) la stabilité de l'approvisionnement sera menacée par la prévalence des catastrophes naturelles, la volatilité des prix et la montée du protectionnisme ; et (4) la qualité nutritionnelle va souffrir par le recours forcé des populations pauvres à des régimes alimentaires moins équilibrés affectant particulièrement les enfants qui en porteront les séquelles durablement.

Cette dégradation de la sécurité alimentaire constituera le ferment de crises sociales extrêmes qui menaceront la gouvernabilité des pays touchés. Elle aggravera la pauvreté, les inégalités ainsi que les risques de maladies et de mortalité précoce. Elle créera de plus en plus de risques d'implosion des gouvernements des pays pauvres. Plusieurs pays connaissent déjà des situations ingérables, leurs gouvernements perdant le contrôle du pays ou de vastes régions. Ces espaces sans droit des Etats "faillis" deviennent des bases de criminalité, de drogue, de terrorisme, de guerres internes. L'instabilité politique provoquée par l'insécurité alimentaire en augmentera le nombre.

On mesure déjà les conséquences possibles de ces crises dans les pays pauvres sur la stabilité globale. Les conflits transfrontaliers sur les ressources en eau ou sur les mouvements migratoires, les activités dans les zones de non droit, génèrent déjà des tensions internationales, comme le montrent les nombreux conflits actuels. Ces tensions ne pourront que s'accroître d'où l'urgence d'une nouvelle gouvernance du système agro-alimentaire mondial.

Mais au-delà des deux préoccupations majeures évoquées, la crise alimentaire mondiale a eu au moins un effet positif, celui de remettre le développement agricole au centre des stratégies de développement dans le monde. Replacer ainsi l'agriculture, c'est reconnaître que ses fonctions seront de plus en plus indispensables pour l'humanité. C'est rappeler que l'alimentation des hommes en dépend, que ce soit directement ou après transformation animale. C'est de produits agricoles, notamment les fibres et les produits ligneux, que dépendent de très nombreuses industries. C'est aussi en améliorant les techniques de l'agriculture que l'on pourra mieux gérer les ressources rares, économiser l'eau, protéger les sols et préserver la biodiversité.

### 3.2. Au niveau national

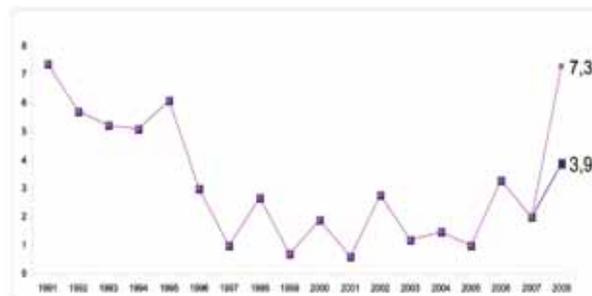
Le Maroc a subi de plein fouet la hausse des prix agricoles sur le marché mondial dont les effets peuvent être résumés comme suit [11] :

- Les importations des produits agricoles et alimentaires ont augmenté en valeur de 78% entre 2006 et 2008. Les prix unitaires moyens à l'importation ont augmenté durant la même période de 95% pour le blé, 100% pour l'orge et 62% pour le maïs;
- La part des produits alimentaires dans les importations totales a augmenté de 9,8% en 2006 à 13,2% à fin novembre 2008 en même temps le taux de couverture a décliné de 116% à 67% et la part de la facture alimentaire dans le déficit commercial a augmenté de 20,9 % à 25,8%

- Néanmoins, l'effet inflationniste du renchérissement des produits alimentaires de base a été maîtrisé grâce aux mesures gouvernementales suivantes [3] :
- Le gel du mécanisme d'indexation des prix du pétrole sur les marchés internationaux
- La réduction et/ou la suspension des droits d'importation appliqués à certains produits (blé tendre, blé dur, orge, lait UHT ou en poudre, beurre, etc.)
- Le soutien des prix énergétiques et alimentaires par la caisse de compensation qui a représenté un effort financier se montant à environ 5% du PIB

L'ensemble de ces mesures a permis de maintenir le taux d'inflation au niveau de 3,9% en 2008 (dont 6,9% pour l'alimentaire et 1,4% pour le non alimentaire). Autrement ce taux aurait atteint 7,3% (fig.4).

Fig 4. Evolution du taux d'inflation



Pour comprendre l'impact de la transmission des prix mondiaux aux prix à la production et à la consommation, les simulations effectuées par un modèle d'équilibre général [5] montrent qu'un mixage optimal entre un ciblage des consommateurs pauvres par des transferts monétaires directs et une transmission de la hausse des prix aux petits agriculteurs est une stratégie qui pourrait profiter aussi bien aux consommateurs qu'aux producteurs (Figs. 5, 6 et 7)

Fig.5

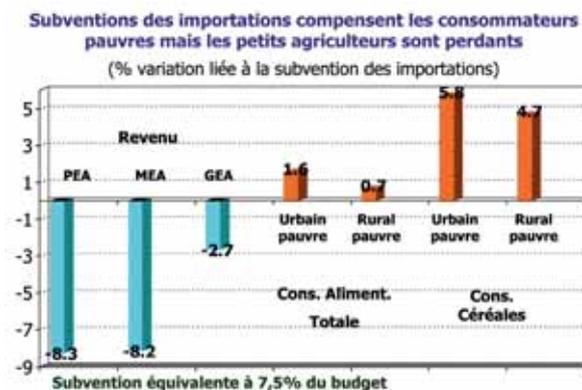


Fig.6

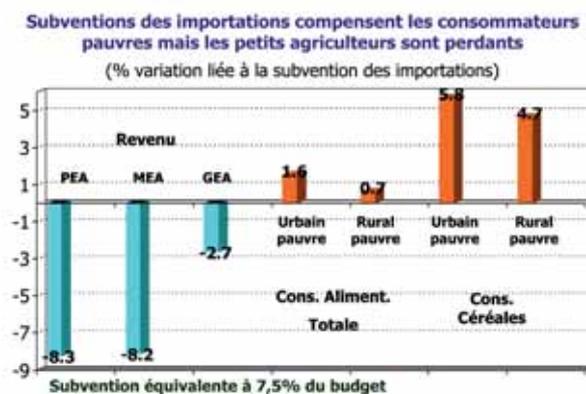
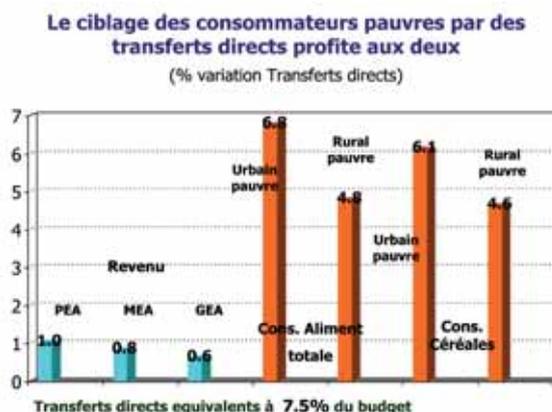


Fig.7



#### 4. Conclusion : quel agenda pour la recherche ?

Les prix internationaux des produits agricoles résultent de la combinaison de plusieurs facteurs liés non seulement aux dynamiques demande/offre mais aussi aux conditions de leur transmission aux prix à la production et à la consommation (Fig.8). Compte tenu des risques grandissants que représente la volatilité des prix sur les marchés mondiaux pour les économies agroalimentaires qui dépendent de ces marchés pour assurer leur sécurité alimentaire il est important de disposer de capacités de recherche permettant de comprendre les causalités et d'anticiper les effets afin de mieux raisonner les stratégies pour des interventions judicieuses.

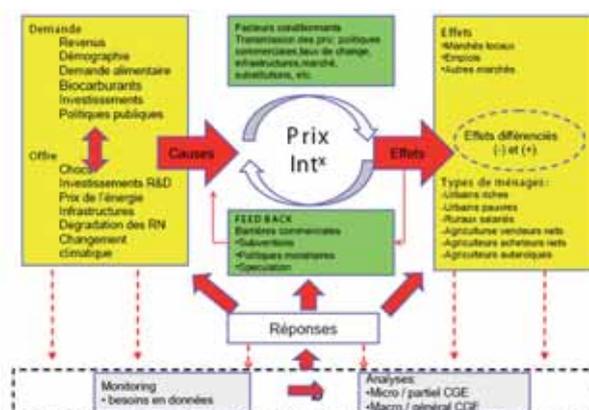


Fig8 Diagramme des causes et effets de la volatilité des prix agricoles internationaux [14]

Les perspectives à long terme de la situation alimentaire mondiale montrent que:

- La production agricole doit doubler entre 2000 et 2050.
- L'abondance de denrées agricoles sur le long terme (2050) n'est pas totalement acquise.
- Les contraintes liées à la raréfaction des ressources de base (sols et eau), au changement climatique, à la dégradation de la biodiversité et de l'environnement impliquent des risques potentiels de pénuries.

Cette situation soulève des incertitudes quant à notre capacité à produire et à distribuer suffisamment de denrées alimentaires pour nourrir plus de 9 milliards de personnes en 2050 dans un contexte marqué par (i) des incertitudes quant à l'évolution des cours mondiaux des produits alimentaires et énergétiques ; (ii) une concurrence pour les ressources naturelles (l'eau en particulier) exacerbée par le changement climatique inéluctable ; et (iii) la montée des préoccupations environnementales et sanitaires (recrudescence des maladies émergentes et ré émergentes). Elle rend nécessaire une révolution agronomique d'envergure qui doit être fondée sur le principe « produire plus mais produire mieux » en mobilisant toutes les ressources du progrès scientifique et technique.

## Références

1. Abbott, P.C., Hurt, C., Tyner, W.E., 2008 "What's driving food prices ?" Issue report, Farm Foundation. <http://www.farmfoundation.org/>.
2. Ait Kadi M. « How do we manage the water supply to optimize economic growth?" Panel 4 introductory remarks, 2007 World Congress of the World Agricultural Forum, St Louis, USA, May 9, 2007
3. Bank Al Maghrib, "Rapport Annuel 2007"
4. Cohen 2006 "Urbanization in developing countries : current trends, future projections,

and key challenges for sustainability”. *Technology in society* 28 :63-80.

5. Doukkali R., Diao X.” Impacts of Agricultural Policies on the Poor - Preliminary results from a CGE model and the most recent SAM 6<sup>ème</sup> Séminaire Institutionnel du Conseil Général du Développement Agricole, CGDA, Rabat, Décembre 2007
6. FAO “Soaring food prices: facts, perspectives, impacts and action required”, High Level Conference On World Food Security: the Climate Change and Bioenergy” HLC/08/INF/1, April 2008
7. Fuglie Keith O. “Is a slowdown in agricultural productivity growth contributing to the rise in commodity prices ? “*Agricultural Economics* 39, 2008 supplement 431-441).
8. INRA-CIRAD “Agrimonde – Prospective sur les systèmes agricoles et alimentaires mondiaux à l’horizon 2050” mai 2008
9. Kimberley A.E: “Biofuels and the food price crisis : A survey of the issues” Center for Global Development, Working Paper n°151, August 2008).
10. Mitchell D. “A note on rising food prices” Policy Research working Paper N° 4682. The, World Bank, Washington DC., July 2008
11. Office des Changes “Statistiques du Commerce Extérieur du Maroc”
12. Petit M. “Communication personnelle”
13. von Braun, J. , 2007. “The World Food Situation: New driving forces” IFPRI , Washington DC.
14. von Braun, J., & al.. 2008 “High food prices: the what, who, and how of proposed policy actions” IFPRI Policy Brief, IFPRI, Washington DC.
15. World Bank 2008 “Rapport sur le développement dans le monde:l’agriculture au service du développement” Washington DC
16. World Bank 2009 “Global Economic Prospects 2009- commodities at the crossroads”, Washington DC



## PLAN MAROC VERT



*Aziz AKHANNOUCH*  
*Ministre de l'Agriculture*  
*et de la Pêche Maritime*  
*Royaume du Maroc*



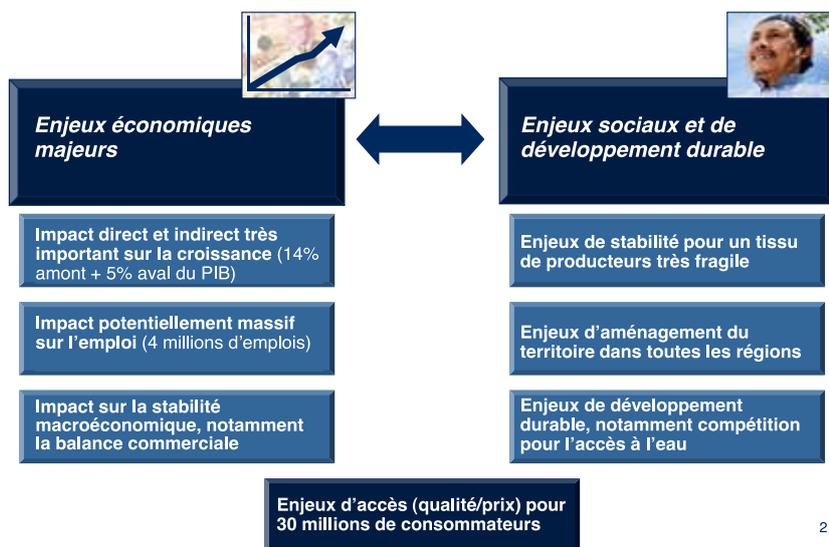
### SOMMAIRE

**1** Contexte stratégique :  
L'agriculture nationale à la croisée des chemins

**2** Plan Maroc Vert :  
Un programme de relance pragmatique mais ambitieux

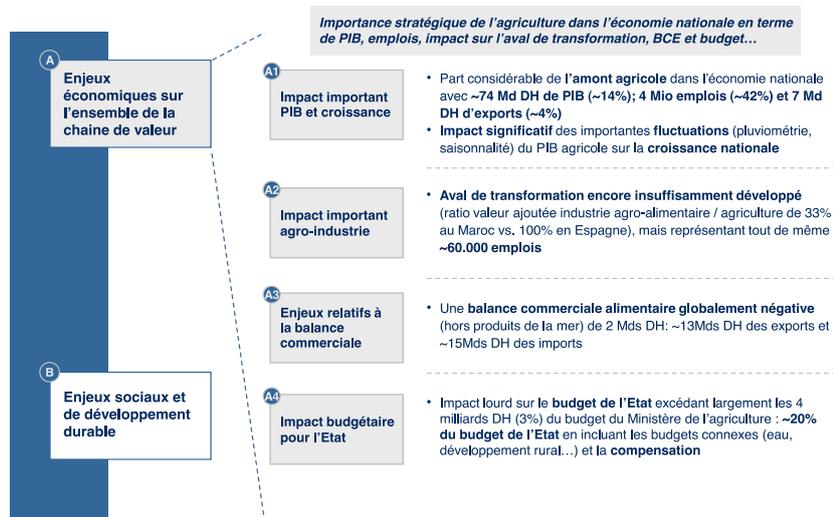
**3** Le défi de l'exécution :  
Une nouvelle approche, de nouveaux moyens

## L'AGRICULTURE MAROCAINE : DES ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES COLOSSAUX

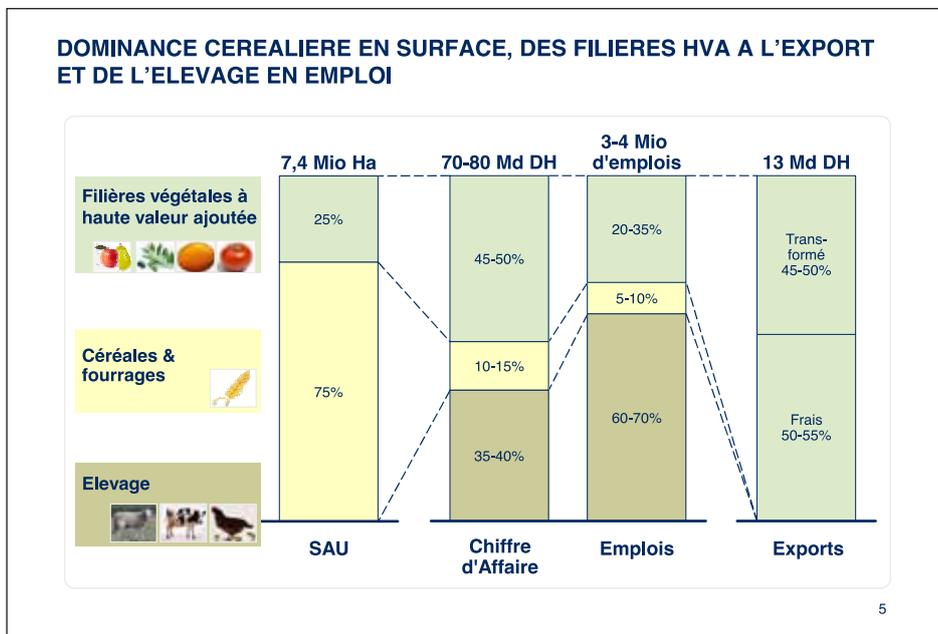
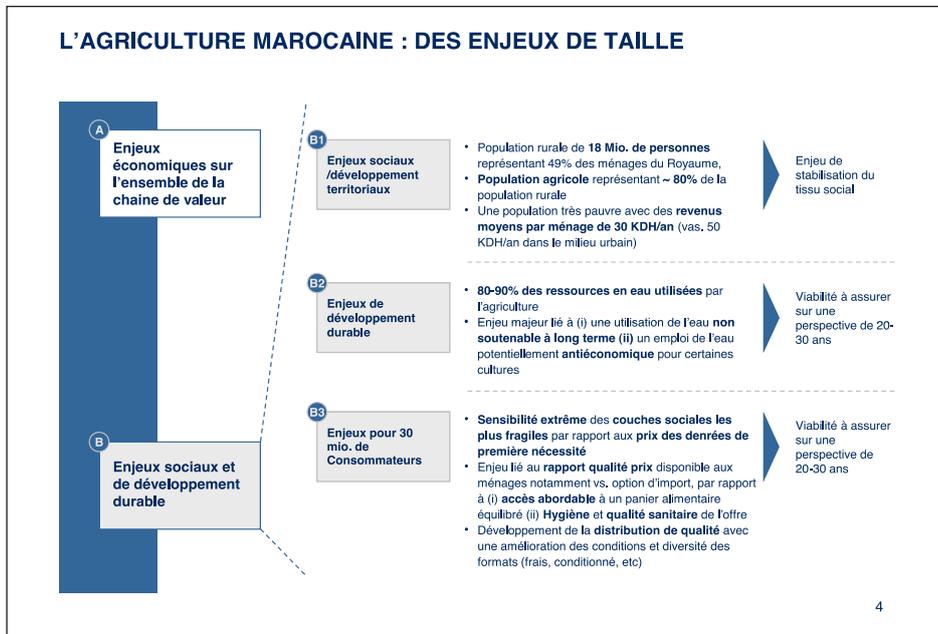


2

## L'AGRICULTURE MAROCAINE : DES ENJEUX DE TAILLE

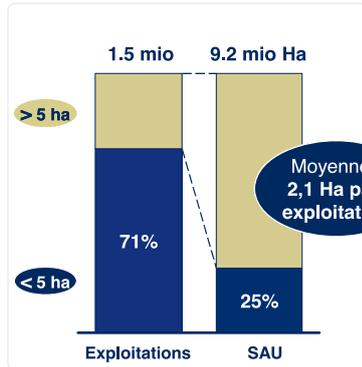


3



**MORCELLEMENT DES SURFACES A LA RACINE DE LA PAUVRETE RURALE**

**Morcellement excessif de la SAU**



**Déficit d'investissement et de valeur ajoutée**

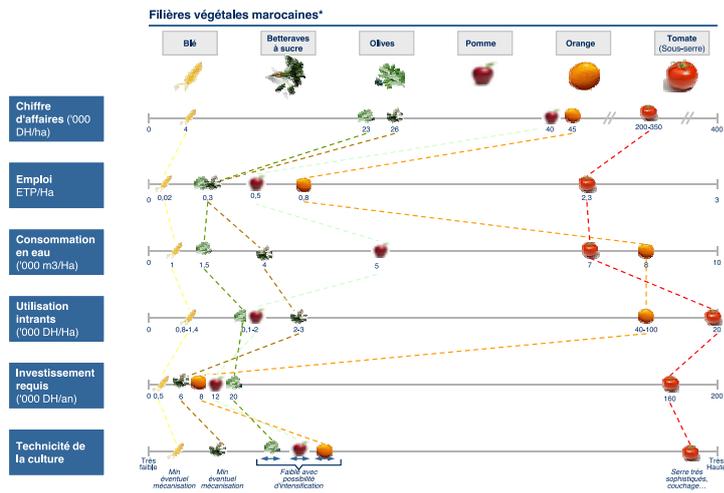
*Revenus annuels simulés (DH)*

	Tomates	149 000
	Pommes	115 000
	Oranges	66 000
	Olives	7 000
	Blé	2 000

6

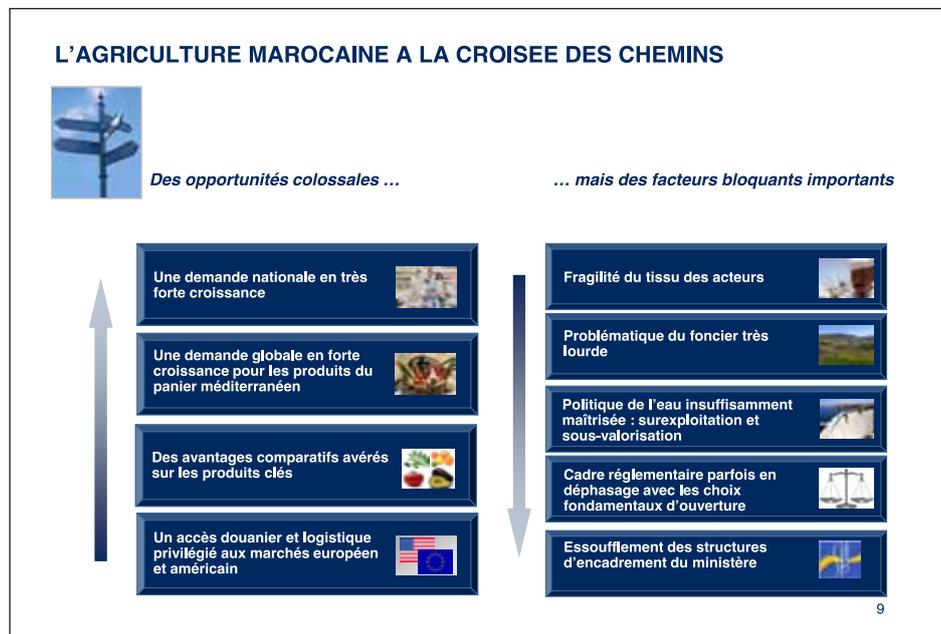
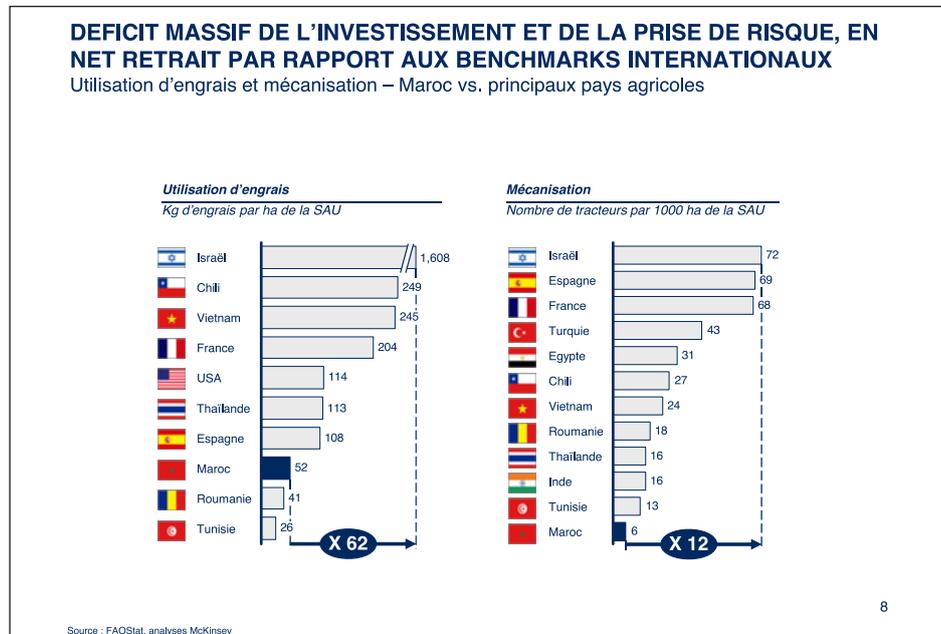
**TRES FORTES DISPARITES DES FILIERES VEGETALES AU NIVEAU DE L'ENSEMBLE DES INDICATEURS**

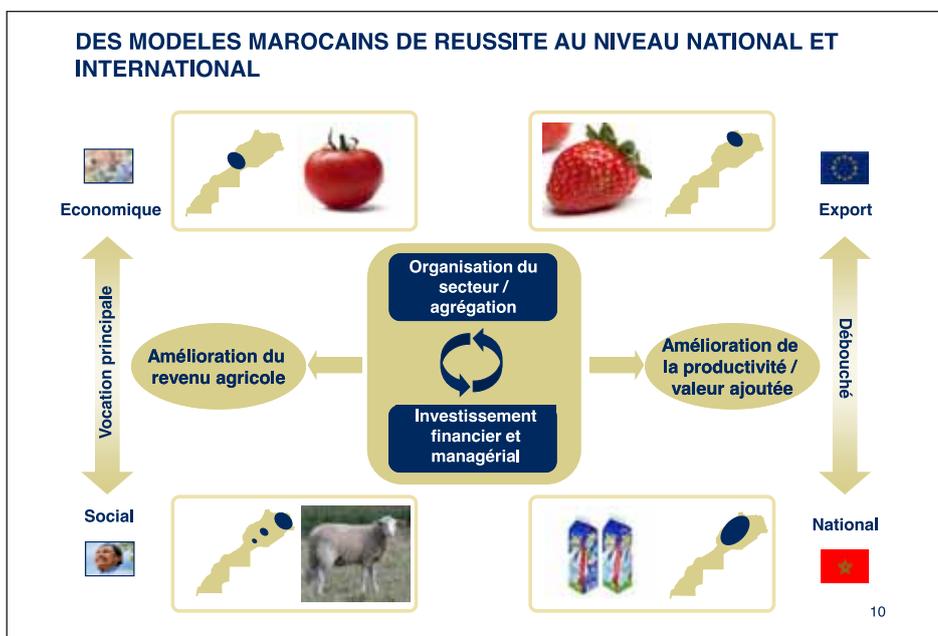
ILLUSTRATIF  
ESTIMATIONS MOYENNES



\* Ces résultats représentent une approximation de la moyenne à l'échelle nationale  
Source: Ministère de l'Agriculture : Diagnostic filières, entretien experts, DPAE, FAO stat

7





10

### DE VERITABLES SUCCÈS À L'ACTIF DE L'AGRICULTURE MAROCAINE, LIES À L'AGREGATION / ANIMATION

	Description	Modèles d'agrégation
<ul style="list-style-type: none"> <li>Malgré un bilan de développement très en dessous de son potentiel intrinsèque, l'agriculture marocaine possède de véritables succès à son actif</li> <li>Ces pôles d'excellence démontrés représentent un incontestable potentiel de réplication à l'échelle du secteur</li> <li>Clé de voute de ces succès: la conduite de projets par de vrais agro-entrepreneurs ayant recours à l'investissement privé</li> </ul>	<b>Filière de la tomate (primeurs en général)</b> <p><b>Réussite exemplaire du développement d'une filière tomate au rayonnement international</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Développement d'une filière d'export de la tomate dans le Sous-sous exploitant les opportunités du calendrier européen</li> <li>Filière très performante, véritablement au niveau européen sur l'ensemble de sa chaîne de valeur</li> <li>Modèle de développement intégré autour d'un véritable pôle primeur à Agadir avec l'ensemble des intervenants, e.g., fertilisants, conseils, emballage, logistique</li> </ul>	<p>Contract nucleus farming</p>
	<b>Exportations de fraises</b> <p><b>Développement spectaculaire et rapide dans le Nord du pays d'une filière d'exportation de fraises aux multiples débouchés</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fraise fraîche haut de gamme à destination du marché européen, e.g., Grande-Bretagne</li> <li>Fraises surgelées à destination des industriels, notamment les producteurs français de yaourt</li> <li>Duplication en cours à d'autres fruits rouges</li> </ul>	<p>Contract nucleus farming</p>
	<b>Centre de collecte dans la filière laitière</b> <p><b>Succès incontesté de mise sur pied d'une filière nationale du lait en lien étroit avec l'aval</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Avènement de la filière lait autour d'agrégateurs, e.g., centres de collecte assurant l'intégration avec l'industrie nationale de transformation des produits laitiers</li> <li>Modernisation des modes de production et obtention de rendements laitiers équivalents pour certaines à ceux des grandes exploitations européennes (25 litres/jour/vache)</li> </ul>	<p>Coopérative classique</p>
	<b>Production sucrière</b> <p><b>Agrégation à grande échelle dans la filière sucrière</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Agrégation de 80,000 producteurs autour des sucreries</li> <li>Encadrement des producteurs menant à une optimisation des pratiques agronomiques et obtention de rendements élevés de la betterave à sucre en périmètre irrigué, e.g., 80 t/ha</li> </ul>	<p>Contract nucleus farming</p>
	<b>Elevage ovin et caprin</b> <p><b>Succès du développement de l'élevage ovin et caprin par l'ANOC</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Regroupement de 5000 adhérents</li> <li>Encadrement technique et formation résultant en une augmentation significative des performances des éleveurs (productivité pondérale multipliée par 2)</li> </ul>	<p>Association de producteurs</p>

11

Source : Banque Mondiale, interviews, analyse McKinsey

## SOMMAIRE

**1** Contexte :  
L'agriculture à la croisée des chemins

**2** Plan Maroc Vert :  
Un programme de relance ambitieux mais pragmatique

**3** Le défi de l'exécution :  
Une nouvelle approche, de nouveaux moyens

## 6 IDEES FORCE POUR FONDER LA STRATEGIE DE RELANCE

**1** **3** Une conviction claire : l'agriculture comme principal moteur de croissance et de lutte contre la pauvreté au Maroc (« *Emergence x 2* ») es

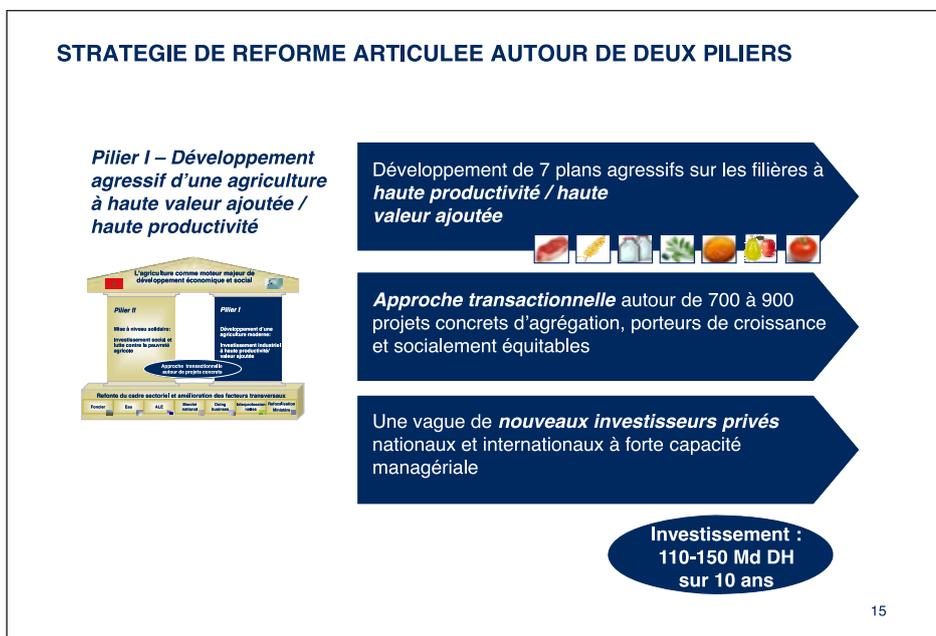
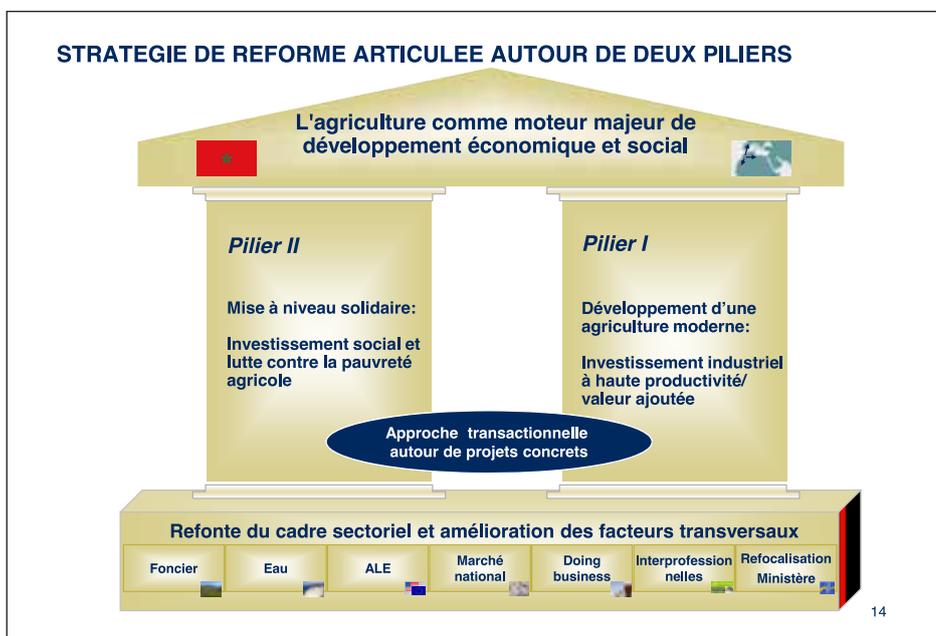
**2** **3** « Une agriculture pour tous sans exclusive » es prenant en compte mais des stratégies différenciées selon le tissu cible (Pilier I et Pilier II)

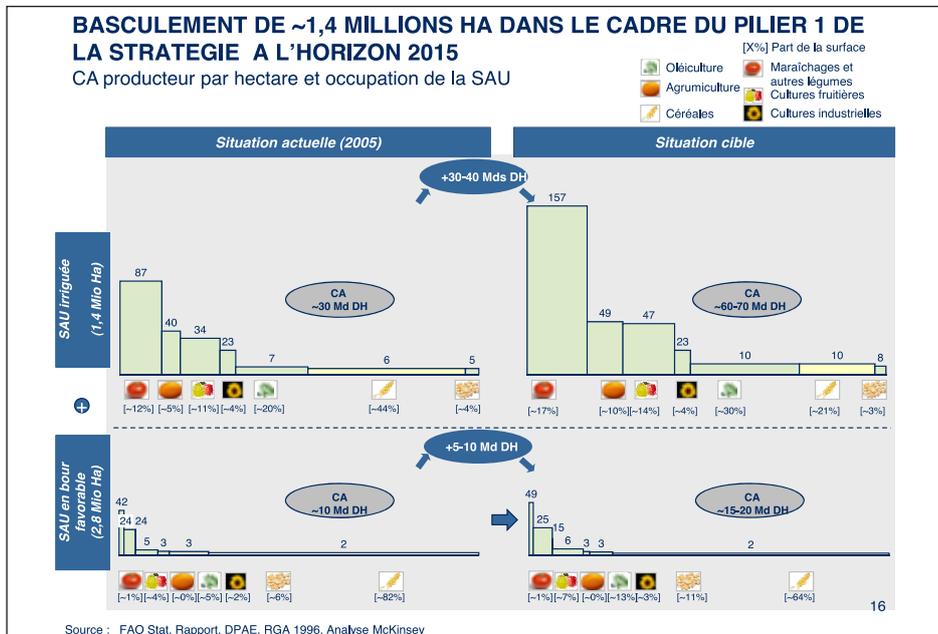
**3** **3** « Traiter le problème de fond du tissu des acteurs » : modèles d'agrégation innovants, adaptés à chaque filière et socialement équitables

**4** **3** « Au centre de l'équation : l'investissement » es prenant en compte Objectif : 10 Md DH par an autour d'une Offre Maroc ciblée es

**5** **3** « Une approche pragmatique, transactionnelle » : es prenant en compte 1.000 à 1.500 projets de développement concrets plus fragiles

**6** **3** « Aucune filière condamnée au Maroc » : es prenant en compte importance de libérer les acteurs de marché au service du développement





### PILIER I : DEVELOPPEMENT AGRESSIF DES FILIERES VEGETALES A FORTE VALEUR AJOUTEE AUTOUR DE PROJETS INTEGRES/AGREGES DE CONDITIONNEMENT OU DE TRANSFORMATION

**Principaux axes des plans de développement des filières à haute valeur ajoutée**

**Des plans filières très ambitieux**

- Ambitions très fortes à la mesure des potentialités énormes du Maroc dans ses « bastions de reconquêtes »
- Objectif pour chaque filière:
  - Multiplication de la production
  - Augmentation significative du taux de valorisation

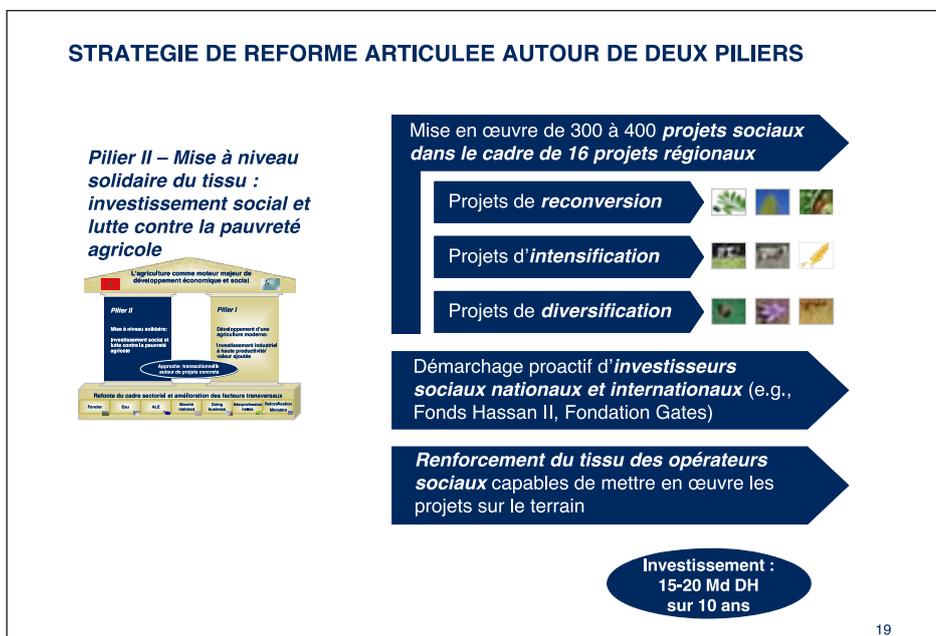
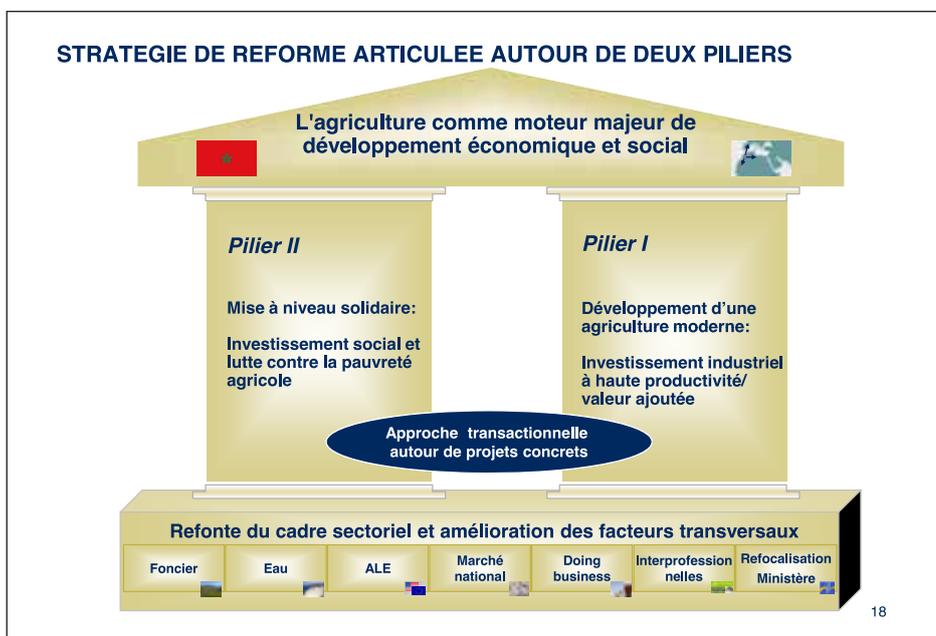
**Potentiels de débouchés énormes**

- Potentiels de débouchés énormes pour les produits frais et les produits transformés:**
  - Approvisionnement du marché national en forte croissance
  - Reconquête de l'ensemble des parts de marchés européens
  - Développement de nouveaux marchés (e.g., USA, Russie, Asie)

**Modèles d'agrégation nécessitant des garanties fortes**

- Besoin de fournir des garanties fortes aux investisseurs dans le cadre des contrats d'agrégation compte tenu des **investissements importants** (e.g. l'installation de serres)
- Répartition des périmètres d'agrégation selon les spécialisations régionales existantes mais aussi l'existence de périmètres privatisables ou agrégables

17



## PILIER II : DECLINAISON PLUS CONCRETE

Le Pilier II se décline autour de plans de développement régionaux visant la réalisation de projets de reconversion et/ou d'agrégation – dupliquant l'expérience MCA afin de combattre la pauvreté à la racine

### Stratégie de support proactif du tissu

- Stratégie complémentaire de **support proactif du tissu des producteurs** afin de couvrir la totalité des exploitations et de **lutter contre la pauvreté**: mise en place d'un nouvel arsenal d'outils avec une **proposition de valeur adaptée aux investisseurs sociaux**:
  - Projets d'**agrégation sociale** autour d'opérateurs ou d'associations (e.g., ANOC) dotés d'une profondeur régionale et d'outils de valorisation (logistique, encadrement, transformation)
  - Projets de **reconversion intégrés** tenant compte des réalités / risques sociaux, sur le modèle de reconversion en cours dans le cadre du MCA-Millennium Challenge Account
  - **Refonte / relance de l'encadrement** autour de nouvelles structures et de nouveaux contrats-programmes régions / filières / acteurs – utilisation de partenariats public-privé pour mieux assurer les services d'appui

### Intégration dans une stratégie de développement intégré

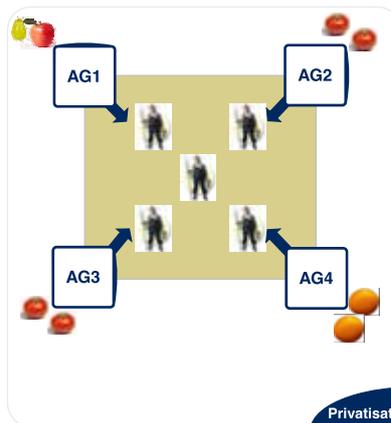
- Intégration de cet arsenal dans une **stratégie de développement intégré** sur 3 axes:
  - Services publics de base
  - Diversification des revenus
  - Politique sociale



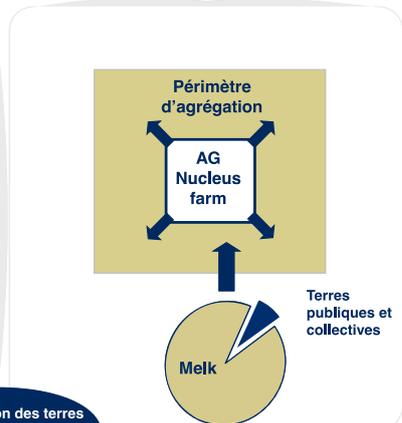
20

## L'AGREGATION OFFRE UNE DOUBLE OPPORTUNITE

### Perspective agriculteur Multiplication des opportunités de développement



### Perspective de l'agrégateur L'accès au foncier à des conditions favorables



Privatisation des terres publiques et collectives : 700'000 Ha sur 10 ans

21

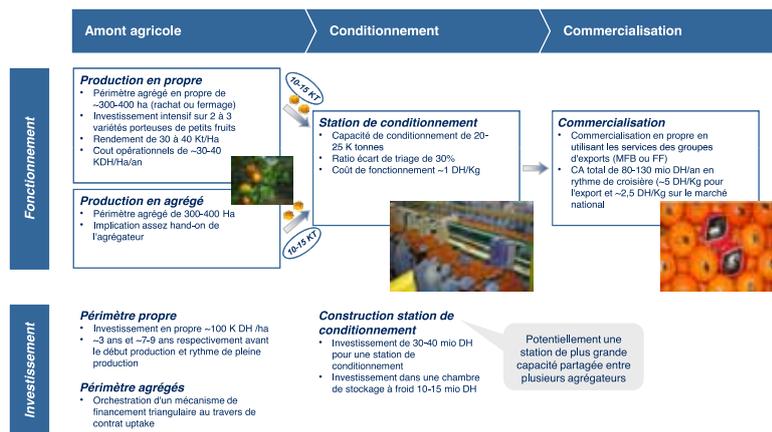
## LES RAISONS DU CHOIX DE L'AGREGATION COMME LEVIER IMPORTANT DE LA STRATEGIE AGRICOLE

1. Accès à la terre/ à la taille sans investissement massif
  - Agrégation comme solution attractive et compétitive d'extension du périmètre amont face à une offre limitée du foncier en milieu rural : aucun investissement d'acquisition libérant ainsi des fonds pour l'investissement productif
2. Lien optimisé entre le marché et l'amont productif
  - Participation à l'économie de marché permise pour les agrégés, traditionnellement marginalisés.
  - Apport par l'agrégateur de sa connaissance et de sa compréhension du marché .
  - Lien logistique à coût compétitif entre la production et le marché de destination facilité par l'agrégateur (évitant ainsi le recours à une multitude d'intermédiaires et une érosion excessive des marges)
3. Généralisation des bonnes techniques
  - Transfert de compétences et de technologies aux agriculteurs (d'autant plus important que le degré d'implication de l'agrégateur est fort
  - Ferme de démonstration permettant la dissémination des bonnes pratiques parfois même au-delà du périmètre agrégé
4. Solution d'accès au financement
  - Création d'un lien entre les petits exploitants et le marché des capitaux notamment grâce à des partenariats avec les organismes prêteurs
  - Financement direct des exploitants sur base de contrat d'agrégation permettant de garantir le prêt auprès de la banque
  - Système d'avances octroyées par l'agrégateur aux agrégés
  - Fourniture d'intrants également comme un moyen de financement des agriculteurs
5. Risques mieux répartis
  - Partage naturel des risques entre l'agrégateur et les agrégés rendu possible par les formules d'agrégation et de sécurisation des contrats (fidélité, qualité, engagement mutuel d'approvisionnement)
  - Mécanismes d'assurance pour se prémunir contre les aléas

22

## FICHE SIGNALÉTIQUE : EXEMPLE D'UN PROJET D'AGREGATION EN NUCLEUS FARMING DE CO-INVESTISSEMENT

- Description modèle**
- Exploitation en propre d'un périmètre cœur couplé à un périmètre d'agrégation
  - Co-investissement par triangulation agrégateur-banque-agrégé sur le périmètre d'agrégation
  - Implication forte de l'agrégateur dans l'amont agricole (e.g., encadrement technique, fourniture d'intrants)



23

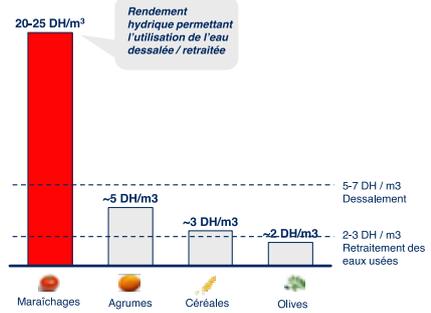
### REFONTE DU CADRE SECTORIEL

Politique foncière		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accélération de la mise en <b>gestion privée des terres publiques et collectives</b></li> <li>• Poursuite des <b>efforts de titrisation</b></li> <li>• Mise en place de conditions cadres <b>favorables à l'agrégation</b></li> </ul>
Politique de l'eau		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tarifcation incitative</b> de l'eau dans les périmètres privés</li> <li>• Investissement pour une <b>meilleure exploitation</b> des périmètres existants</li> <li>• Mise en <b>gestion déléguée</b> progressive des ORMVA</li> </ul>
ALE		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Stratégie offensive</b> d'accès aux marchés étrangers et <b>alignement proactif</b> sur les objectifs de développement prioritaires</li> <li>• Développement de <b>nouveaux ALE</b></li> <li>• Amélioration des conditions cadres à l'export</li> </ul>
Marché national		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Modernisation</b> des circuits de distribution : grande distribution et formats intermédiaires</li> <li>• <b>Amélioration de l'accès</b> aux marchés de gros et aux abattoirs</li> </ul>
Marché national Soutien aux acteurs		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Refonte du dispositif de soutien aux acteurs</b> notamment accès au financement et mécanismes de subvention, notamment dans le cadre des mécanismes d'agrégation</li> </ul>

24

### LES MARAICHAGES COMME DEBOUCHE POSSIBLE POUR L'EAU PROVENANT DU DESSALEMENT / RETRAITEMENT

Rendement hydrique: CA par m3 d'eau consommé



Rendement hydrique permettant l'utilisation de l'eau dessalée / retraitée

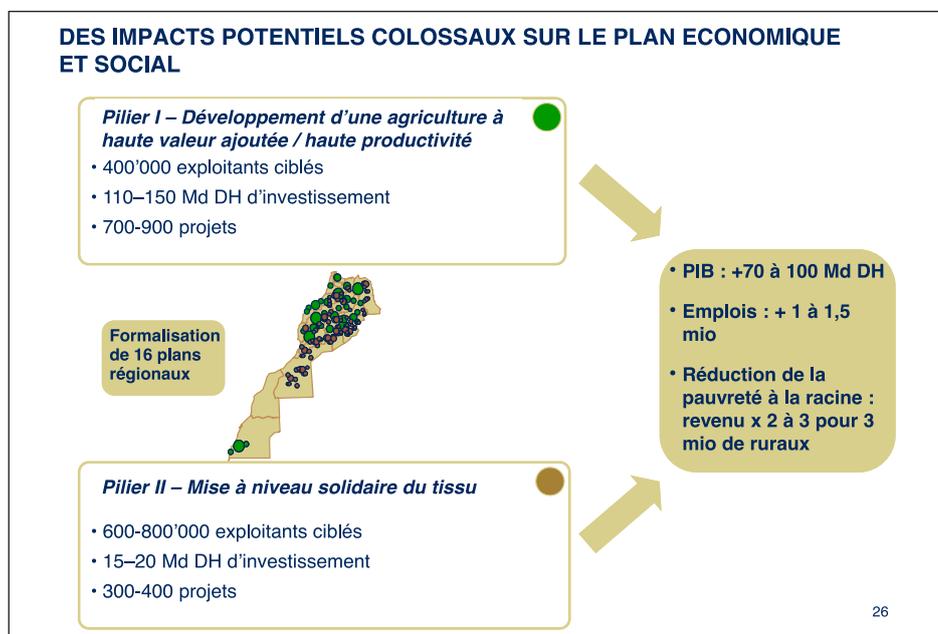
- Les economics des maraichages permettent de couvrir le coût du dessalement / retraitement
- Volume d'eau obtenu par dessalement / retraitement pouvant être entièrement absorbé par les cultures maraichères

**Consommation hydrique totale 2015**

Scénario <b>A</b>	1,9 Mds m <sup>3</sup>	0,9 Mds m <sup>3</sup>	1,6 Mds m <sup>3</sup>	1,8 Mds m <sup>3</sup>
Scénario <b>B</b>	1,3 Mds m <sup>3</sup>	0,6 Mds m <sup>3</sup>	2,6 Mds m <sup>3</sup>	1,4 Mds m <sup>3</sup>

- **Calcul économique global dans une perspective Maroc**
- **Mécanismes de transfert (eau, financement) restant à déterminer (e.g mécanismes de tarification)**

25

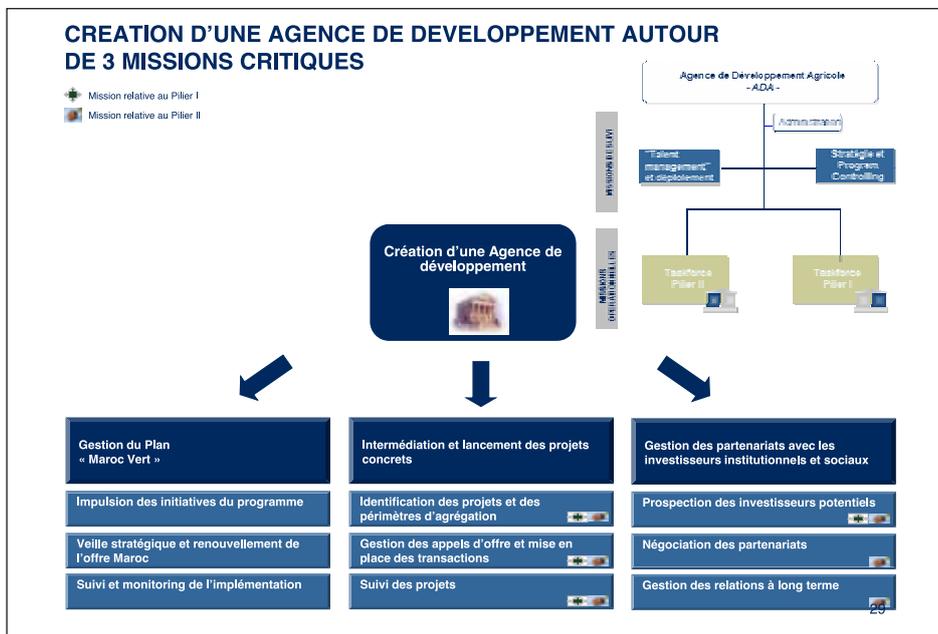
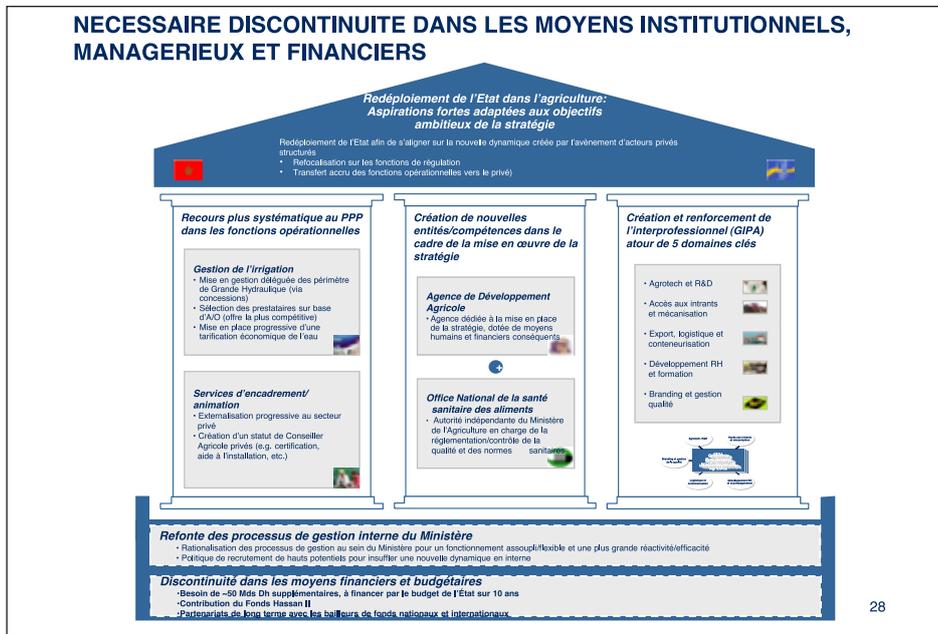


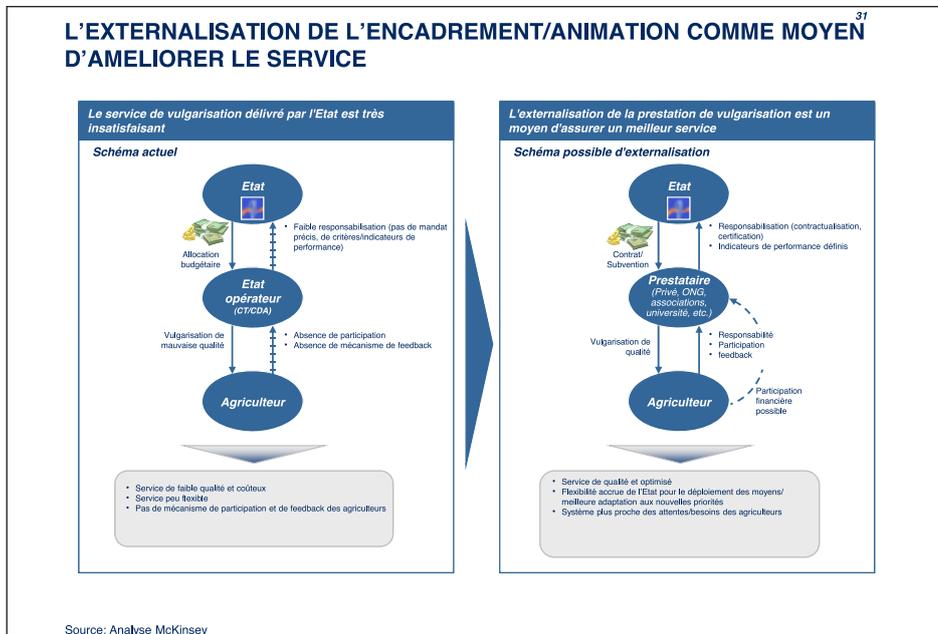
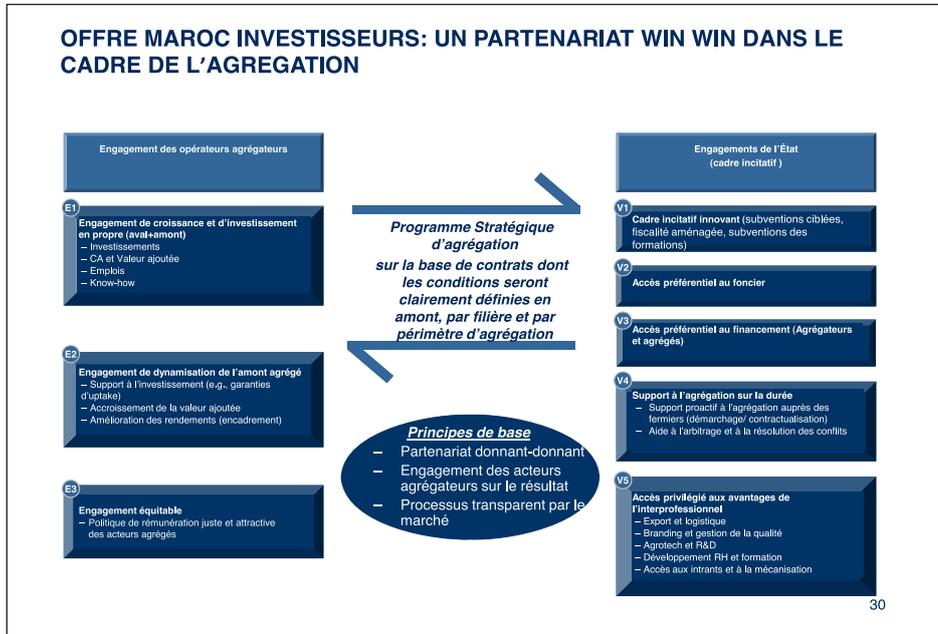
## CONTENU

**1** Contexte :  
L'agriculture à la croisée des chemins

**2** Plan Maroc Vert :  
Un programme de relance ambitieux mais pragmatique

**3** Le défi de l'exécution :  
Une nouvelle approche, de nouveaux moyens





32

## DEVELOPPEMENT D'UN RESEAU DE CONSEILLERS AGRICOLES PRIVES POUR UNE EXTERNALISATION EFFICIENTE DE L'ENCADREMENT

*Création par de nombreux pays d'un statut de conseiller agricole privé certifié*

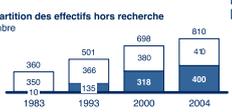
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1995: création du statut de vulgarisateur privé</li> <li>• Certification par l'Association rurale des consultants agricoles puis par l'Etat selon des critères stricts (e.g. formation, expérience)</li> <li>• Subventions de l'Etat aux agriculteurs subordonnées à l'utilisation de conseillers certifiés</li> <li>• Développement rapide de la profession avec notamment une reconversion massive des anciens membres du service national public de vulgarisation</li> <li>• Bon niveau de couverture et de qualité atteint</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Appui fort de l'Etat: seul service à être subventionné</i></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1998: création du statut de Conseiller Agricole</li> <li>• Certification par le Ministère de l'Agriculture obligatoire pour l'exercice de la profession</li> <li>• Promotion de la profession par la Chambre Nationale Syndicale des Conseillers Agricoles créée en 2002</li> <li>• Plus de 90 Conseillers Agricoles en 2007</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Organisation de la profession</i></li> <li>• <i>Promotion active</i></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2002: création d'un statut de vulgarisateur privé</li> <li>• Certification par MANAGE, l'Agence publique Indienne chargée du développement</li> <li>• Aide importante à la formation et à l'installation des conseillers agricoles</li> <li>• Développement rapide de la profession: 3,000 "agriculteurs" montées en 4 ans</li> <li>• Formation d'une force d'appoint efficace au service public national de vulgarisation</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Support actif de l'Etat pendant la phase d'implémentation</i></li> </ul>

Source: Littérature online, Ministère de l'Agriculture (Estonie, Tunisie, Inde), Analyse McKinsey

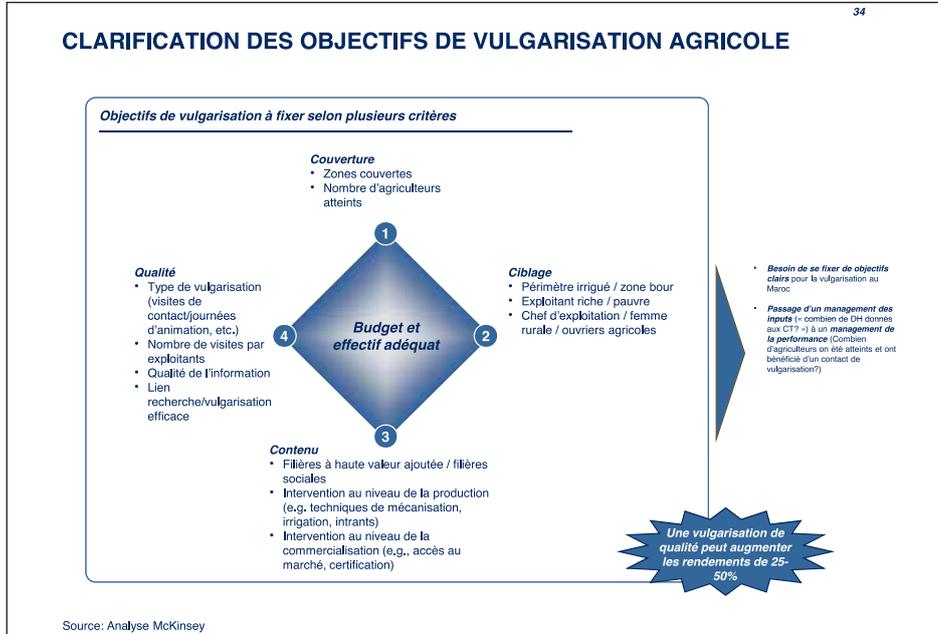
33

## LES VÉTÉRINAIRES PRIVÉS AU MAROC COMME MODÈLE POUR LES CONSEILLERS AGRICOLES

BACK-UP

<h3 style="text-align: center; background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px;">Mise en place d'un statut de vétérinaire privé</h3> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; background-color: #e0e0e0; padding: 5px;"><b>Définition du statut de vétérinaire privé</b></td> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avant 1980 : service vétérinaire 100% public</li> <li>• 1980: mise en place du statut relatif à l'exercice à titre privé de la médecine, la chirurgie et la pharmacie vétérinaires</li> <li>• 1993: création de l'Ordre National des Vétérinaires regroupant le privé et le public</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px;"><b>Promotion du statut privé</b></td> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aide à l'installation</b> des vétérinaires privés:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Accès à des emprunts à taux préférentiel pour financer l'installation</li> <li>- Location à des prix préférentiels de terrain de l'Etat</li> <li>- Retrait du service public dans les zones d'installation des privés</li> </ul> </li> <li>• <b>Avantages accordés</b> à la profession privée                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Taxation préférentielle des médicaments vendus</li> <li>- Contrats de services rémunérateurs avec l'Etat</li> </ul> </li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px;"><b>Externalisation des services vétérinaires par l'Etat</b></td> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contrat annuel</b> négocié entre le service vétérinaire public et le vétérinaire accrédité pour des campagnes prophylactiques</li> <li>• Définition d'un <b>contrat/cahier de charges strict</b> précisant le service à fournir</li> <li>• Suivi/contrôle exercé par l'Etat</li> <li>• Paiement (décentralisé à l'échelon local) dépendant de la qualité de service rendu</li> <li>• Mécanismes de sanction en cas de non-délivrance du service: retrait temporaire ou permanent de la liste des prestataires</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px;"><b>Développement de la pratique commerciale</b></td> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prestation de soins, de conseils privés</li> <li>• Prise en charge du coût du service par les agriculteurs</li> </ul> </td> </tr> </table>	<b>Définition du statut de vétérinaire privé</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avant 1980 : service vétérinaire 100% public</li> <li>• 1980: mise en place du statut relatif à l'exercice à titre privé de la médecine, la chirurgie et la pharmacie vétérinaires</li> <li>• 1993: création de l'Ordre National des Vétérinaires regroupant le privé et le public</li> </ul>	<b>Promotion du statut privé</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aide à l'installation</b> des vétérinaires privés:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Accès à des emprunts à taux préférentiel pour financer l'installation</li> <li>- Location à des prix préférentiels de terrain de l'Etat</li> <li>- Retrait du service public dans les zones d'installation des privés</li> </ul> </li> <li>• <b>Avantages accordés</b> à la profession privée                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Taxation préférentielle des médicaments vendus</li> <li>- Contrats de services rémunérateurs avec l'Etat</li> </ul> </li> </ul>	<b>Externalisation des services vétérinaires par l'Etat</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contrat annuel</b> négocié entre le service vétérinaire public et le vétérinaire accrédité pour des campagnes prophylactiques</li> <li>• Définition d'un <b>contrat/cahier de charges strict</b> précisant le service à fournir</li> <li>• Suivi/contrôle exercé par l'Etat</li> <li>• Paiement (décentralisé à l'échelon local) dépendant de la qualité de service rendu</li> <li>• Mécanismes de sanction en cas de non-délivrance du service: retrait temporaire ou permanent de la liste des prestataires</li> </ul>	<b>Développement de la pratique commerciale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prestation de soins, de conseils privés</li> <li>• Prise en charge du coût du service par les agriculteurs</li> </ul>	<h3 style="text-align: center; background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px;">Externalisation progressive de la gestion des campagnes prophylactiques avec un impact très positif</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Développement fort de la profession privée</b></li> </ul> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <p><b>Répartition des effectifs hors recherche</b></p> <p>Nombre</p>  <table border="1" style="margin: 0 auto; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>Année</th> <th>Privé</th> <th>Public</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1983</td> <td>104</td> <td>350</td> </tr> <tr> <td>1993</td> <td>135</td> <td>366</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>318</td> <td>380</td> </tr> <tr> <td>2004</td> <td>810</td> <td>410</td> </tr> </tbody> </table> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Statut de vétérinaire privé attractif</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revenu important (plus de 110,000 DH annuel)</li> <li>• Revenus diversifiés (40% contrat gouvernement, 40% privé, 20% vente de médicament)</li> </ul> </li> <li>• <b>Redéploiement de l'Etat réussi</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etat plus "léger" et flexible (charges de fonctionnement plus faibles)</li> <li>• 50% des vétérinaires privés</li> </ul> </li> <li>• <b>Mise en place de la couverture sur l'ensemble du territoire problématique</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1995: ~50% des provinces sans vétérinaire privé</li> <li>• Besoin d'un redéploiement pragmatique pour assurer la continuité du service</li> </ul> </li> <li>• <b>Baisse légère de la demande en soins</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prise en charge des coûts difficile pour certains éleveurs pauvres</li> </ul> </li> </ul>	Année	Privé	Public	1983	104	350	1993	135	366	2000	318	380	2004	810	410
<b>Définition du statut de vétérinaire privé</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avant 1980 : service vétérinaire 100% public</li> <li>• 1980: mise en place du statut relatif à l'exercice à titre privé de la médecine, la chirurgie et la pharmacie vétérinaires</li> <li>• 1993: création de l'Ordre National des Vétérinaires regroupant le privé et le public</li> </ul>																							
<b>Promotion du statut privé</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aide à l'installation</b> des vétérinaires privés:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Accès à des emprunts à taux préférentiel pour financer l'installation</li> <li>- Location à des prix préférentiels de terrain de l'Etat</li> <li>- Retrait du service public dans les zones d'installation des privés</li> </ul> </li> <li>• <b>Avantages accordés</b> à la profession privée                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Taxation préférentielle des médicaments vendus</li> <li>- Contrats de services rémunérateurs avec l'Etat</li> </ul> </li> </ul>																							
<b>Externalisation des services vétérinaires par l'Etat</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contrat annuel</b> négocié entre le service vétérinaire public et le vétérinaire accrédité pour des campagnes prophylactiques</li> <li>• Définition d'un <b>contrat/cahier de charges strict</b> précisant le service à fournir</li> <li>• Suivi/contrôle exercé par l'Etat</li> <li>• Paiement (décentralisé à l'échelon local) dépendant de la qualité de service rendu</li> <li>• Mécanismes de sanction en cas de non-délivrance du service: retrait temporaire ou permanent de la liste des prestataires</li> </ul>																							
<b>Développement de la pratique commerciale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prestation de soins, de conseils privés</li> <li>• Prise en charge du coût du service par les agriculteurs</li> </ul>																							
Année	Privé	Public																						
1983	104	350																						
1993	135	366																						
2000	318	380																						
2004	810	410																						

Source: Ministère de l'Agriculture, Analyse McKinsey, FAO



**CRISE ALIMENTAIRE MONDIALE  
& SCÉNARIOS DE SOLUTION**



## DÉSIGNATION DU NOUVEAU DIRECTEUR DES SÉANCES

**Pr. Mohamed Ait Kadi** (Directeur des Séances sortant) :

Monsieur le Secrétaire Perpétuel,  
Monsieur le Chancelier,  
Mesdames et Messieurs,  
Chers Collègues,



Avant de reprendre les travaux de notre programme scientifique, nous devons nous acquitter d'une obligation statutaire qui est celle de désigner un nouveau Directeur des Séances. Je voudrais, au nom de Monsieur le Secrétaire Perpétuel, de Monsieur le Chancelier et de l'ensemble des académiciens qui ont été consultés, demander au Pr. Taieb Chkili de bien vouloir accepter d'assumer cette, je ne dirais pas lourde tâche, cette tâche.

Je vous prie de l'acclamer.

**Pr. Taieb Chkili** (Nouveau Directeur des Séances) :

Monsieur le Secrétaire Perpétuel,  
Monsieur le Chancelier,  
Mes Chers Collègues,  
Mesdames et Messieurs,



Permettez-moi tout d'abord d'exprimer mes plus vifs remerciements à Monsieur le Secrétaire Perpétuel, à Monsieur le Chancelier et aux instances de l'Académie, à vous tous, de m'avoir honoré en me confiant cette lourde responsabilité qui est celle de diriger les débats de notre honorable compagnie. C'est à la fois un honneur et une lourde responsabilité, c'est essayer de concilier entre deux contraintes fondamentales : premièrement de permettre à chacun et à chacune de s'exprimer sur les questions sujets de nos débats, et deuxièmement de respecter le temps imparti pour que l'organisation de ces débats ne connaisse pas de difficultés.

Je vais donc essayer, autant que possible, de trouver le consensus entre ces deux contraintes. Je compte sur vous tous pour pouvoir y arriver. Mais auparavant, je voudrais m'adresser au Pr. Mohamed Ait Kadi pour le remercier d'avoir su, grâce à son intelligence, grâce à sa rigueur et à son ouverture d'esprit, de nous avoir permis de débattre des questions extrêmement importantes et qui pourtant auraient pu demander plus de temps aux uns et aux autres. Je voudrais donc le féliciter pour le travail accompli. Il a fait une chose qui doit me rendre la vie dure, il a élevé très haut le niveau de la charge de la direction des travaux. Je vais essayer, au moins, de ne pas abaisser ce niveau; et je vous remercie.



## THE WORLD FOOD CRISIS : DERIVING SOLUTIONS

*Pr. Dr. Chandra A. Madramootoo Ing.  
President, International Commission  
on Irrigation and Drainage  
Dean, Faculty of Agricultural  
and Environmental Sciences  
McGill University, Montreal, Canada*



### Abstract

During 2008 the world witnessed a global food crisis which caused social unrest in many countries and drove 75 million more people into poverty. The crisis resulted from sharply higher oil prices, increased biofuel production, dwindling grain stocks, market speculation, changing food consumption patterns in emerging economies, and changes in world trade agreements, among other factors. In September 2008, McGill University hosted an international conference to examine the complex factors underlying the food crisis and establish a basis for long term solutions to declining world food stocks and rising food prices. A major conclusion arising from the Conference is that developing countries in particular have been continuously reducing their investments in the agricultural sector. This includes investments not only in both rural infrastructure and food production, but also in research and development, technology transfer and training. The agricultural sector is critical to the economic development of developing countries, and farmers are the backbone of the economy in these countries. There is a need for a massive reinvestment in agriculture, research, infrastructure, and placing food security higher on the international development and political agendas.

### Introduction

Soaring food prices in 2007 and early 2008 provoked social unrest in countries around the world and threatened the political and economic stability of poor nations. UN Secretary-General Ban Ki-Moon called it a global crisis. Executive Director of the UN World Food Program, Josette Sheeran said that rising prices pushed up the number of undernourished people in the world from more than 850 million in 2005 to 925 million in 2008. World Bank President Robert Zoellick warned that at least 33 countries faced social unrest as a result of sharply higher food prices. Although food prices have dropped significantly since the peak of 2008, they are expected to remain higher than average for the medium term (OECD/FAO 2008).

The recent world wide financial crisis has implications for food security, as it has resulted in credit for farmers becoming expensive and difficult to find, potentially causing fewer crops to be planted and exacerbating food shortages. In addition, commodity market prices have declined more rapidly than production costs, yielding tight margins for producers. The Executive Director of the World Food Program stated in mid-March 2009 “Despite the severity of the current financial situation, we must not let the issue of food security be set aside. In fact, the world’s most vulnerable will be hurt most by the economic crisis as their income is hit”.

### **People at risk**

Countries with the highest proportion of hungry people are predominantly found in Sub-Saharan Africa. Parts of Asia, and Central and South America also have areas where over 25% of their populations are undernourished (FAO, 2006). Vulnerability to rising food prices is largely based on the high percentages of disposable income spent on food purchases. In some parts of Asia and Africa, over 70% of household income goes towards food expenditures, compared to 12% in North America. High household spending on food leads to food insecurity. The people most at risk are the urban poor, rural landless, pastoralists, and small farmers who are net food buyers.

### **Global food production**

There are 1500 M ha of cropland worldwide and it is generally reported that approximately 18% or 277 M ha is irrigated (FAOSTAT). This irrigated area produces 40% of the world’s food (UNCSD, 1997). Irrigation therefore plays a critical role in world food production. Global food production continues to rise, but there have been extensive periods over the last 15 years when food utilization has been higher than production. Globally, food self-sufficiency of the developing world has declined from about 95% in the mid-1960s to just above 90% at the end of the millennium (World Bank, 2006). China and India, which account for almost 37% of the world’s population, consume more food than they produce. Increasing wealth in these countries has resulted in changes to patterns of food consumption to include more processed and higher calorie foods. This has further increased the demand for animal feed crops, and these countries now rely on imports (FAO, 2006).

The global food crisis did not develop overnight but was the result of many years of changing investment priorities, increasing and shifting demands for food and fuel and climatic factors. In the 1960s and 1970s, many countries took advantage of the research derived through the Green Revolution, and invested heavily in agriculture to improve food security. There was a major emphasis on higher crop yields through genetic improvement and increased inputs such as water, fertilizer and pesticides. Between 1960 and 2000, a period when world population doubled, demands for food were met by the intensification of agricultural production (UNESCO-WWAP, 2006). Agricultural land expanded very little during this time, resulting in a sharp drop in per capita amount of cropland from 0.45 ha/person in 1961 to 0.25 ha/person in 2000. With increasing population growth, it will be necessary to double food production in the coming 25 years, with the current limited land and water resources. This is an enormous challenge with the growing competition for land and water from non-agricultural sectors.

## Causes of rising food prices

The rapid rise in food prices that began at the end of 2006 and continued until early 2008 was driven by a complex set of factors including sharply rising fuel prices, biofuel production, historically low levels of grain reserves, droughts in key food-producing countries, higher world populations, increasing demand for meat and dairy products in emerging nations like India and China, market and trade speculation, and agricultural subsidies.

**Oil and Biofuels:** Crude oil prices doubled between 2006 and 2008 resulting in significantly higher fertilizer and transportation costs which in turn increased the cost of producing food. Higher oil prices, reduced fossil fuel supply and climate change concerns resulted in the implementation of public policies to support the biofuels sector. The emerging biofuels market became a significant source of demand for agricultural commodities such as sugar, maize, oilseeds and palm oil. The production of crops for biofuels diverted land away from food production, reduced food availability and drove food prices up. Global biofuel production tripled from 4.8 to 16 billion gallons between 2000 and 2007 and production continues to grow (USDA 2007).

**Grain reserves, speculation and trade:** Grain reserves had been declining since 1995, by an average of 3.4% per year. According to FAO Food Outlook (2008) world cereal stocks fell to a 25-year-low of 405 million tonnes in 2007/2008, down 21 million tonnes, or 5%, from their already reduced level of the previous year. As world food stocks decline below 60 days' reserves, price volatility and price changes become magnified when unexpected events occur. Farmers in developing countries cannot compete with exports from developed countries that heavily subsidize agriculture and they are often put out of business by cheap imports. In 2002, agricultural subsidies reached \$300 billion annually in developed countries allowing, in many cases, production costs to be lower than those in developing countries. Freer trade since 1995 has made countries in the southern hemisphere more dependent on imports, and therefore more vulnerable to food price increases. This has also had the double negative effect of reducing the capacity of local farmers, and national food production systems.

**Population growth and world food production:** The world's population is believed to have reached 6.65 billion in March 2008 and is projected to reach 9 billion in 2050. The current growth rate is 1.3% and although this rate is expected to slow, it is expected that each year until 2020, the world's farmers must try to feed an additional 70 million people. This growth is concentrated in the Indian subcontinent and sub-Saharan Africa, which are also the regions with the highest levels of poverty, and climatic variability. These are also the regions most affected by under nourishment. Food production must be doubled in these regions and biofortified food products brought onto the market.

**Changes in food consumption:** There are three major uses for feed crops: food, feed for animals, and biofuels. Coarse grains, such as sorghum and maize, are being used more and more for feed and fuel. Rising incomes worldwide are enabling some 3 or 4 billion low-income consumers to move up the food chain, consuming more poultry, pork, beef, milk, eggs, and farmed fish (WHO/FAO 2002). World meat production, which climbed

from 44 million tons in 1950 to 265 million tons in 2005, increases each year. During this 55-year span, consumption per person more than doubled from 17 kilograms to 41 kilograms. The production of each kilogram of beef requires 7-8 kg of maize and globally more than 700 mT of grain is used as animal feed. Livestock production, including animal feed production, accounts for one third of all arable land. Changing diets with higher meat content have therefore resulted in a greater global demand for grains.

Climatic effects: The Canadian prairies have suffered from several droughts in recent years, and this has reduced Canadian production of wheat and other commodities for export and the international stockpiles. Current droughts in Australia and floods in the Midwest US have had the same effect on reducing the world supplies of food. Extremes of climate in the forms of drought and floods can have a disastrous effect on food availability, and the buffering capacity in the developing countries is negligible, which makes the populations of these countries highly vulnerable.

### **Broader food security considerations and implications**

McGill University convened a high level international conference on global food security in September 2008, to understand the factors that led to rising food prices, their impacts on affected populations, and to seek solutions. Views and inputs were solicited from stakeholders in developed and developing countries including the food industry, international organizations, donor agencies, governments, farmers, international scholars, and non-governmental organizations. More details about the Conference including the presentations, findings and recommendations can be found on the website: [www.mcgill.ca/globalfoodsecurity](http://www.mcgill.ca/globalfoodsecurity). The International Commission on Irrigation and Drainage (ICID) also played a leadership role at the Fifth World Water Forum held in Istanbul in March 2009 on the issue of water management for food security. The ICID position paper and the relevant outputs from the Forum can be found on the website: [www.icid.org](http://www.icid.org). Some key points emanating from these meetings as follows:

- The food crisis will not come to an end very soon. The First Millennium Development Goal for 2015 of reducing by half the number of people who suffer from hunger will not be met under these conditions of increasing poverty and food shortages.
- As food prices increase, the most nutritional foods are cut out of diets, resulting in negative nutritional and health outcomes. Children who are malnourished in the first months of life are permanently developmentally and cognitively impaired with lifelong implications. Even if food prices come down, the negative impacts will be borne by the children of the future.
- The economic impacts of high food prices are enormous as people are forced to sell assets, in order to buy food, and consequently they get into debt. Children are taken out of school and health care is cut back, in order to reduce household expenses.
- National and international investments in agriculture and food production have declined since the 1980s. There was a perception that the world's food supply was secure and that countries were becoming more self sufficient in food. Therefore government investments in food production and agricultural infrastructure were not considered a priority.

- Since 1979, funding of Official Development Assistance (ODA) to agriculture has declined from 18% to 3.5% of the total ODA in 2004 from the OECD countries (World Bank 2008). It also declined in absolute terms, from a high of about \$8 billion (2004 US\$) in 1984 to \$3.4 billion in 2004. Declining investment in the agricultural sector has resulted in a lack of infrastructure in rural areas including roads, electricity, irrigation, water storage and an absence of rural markets, collection and certification centres, and transport for perishables all of which have impeded food production gains. Declining investments also resulted in a lack of research and development and building the technical capacity of farmers and extension workers.
- International trade policies and market liberalization have led to increased food imports by developing countries from the developed countries. Many developing countries therefore became dependent on food imports, which are many times cheaper than those produced by the local farmers.
- There are tremendous environmental impacts to high food prices, as marginal lands are cultivated and people migrate into heavily used agricultural areas. As food becomes less affordable, households are compelled to clear and cultivate marginal lands on steep hills which results in overgrazing, soil degradation, soil erosion, and deforestation.
- Food aid is not the solution to the world food crisis. Countries should not become dependent on food aid. Food aid is viewed as temporary relief under emergency situations.

### **Some recommendations for addressing global food security**

- Agriculture has been an engine for growth and development in Europe, North America and parts of Asia. The importance of the agricultural sector for economic development in developing countries needs to be supported and investments need to start immediately, be planned over the long term and must stimulate not just farming but rural development as a whole. Public investments in health, sanitation, and education must accompany building institutional support for regional and local markets and reinvesting in infrastructure such as irrigation, drainage, power, roads, telecommunications, and post harvest and agro-processing facilities. This will invigorate economies and generate wealth to help battle poverty. Adequate farm incomes lead to farmers investing in their own communities, in water and sanitation infrastructure, and in veterinary medicines.
- There is a need to develop suitable technologies which will increase farm income. Improve the dissemination of technology best practices, and practices on nutrition, and child and maternal health in community and farm level organizations. Massive educational and extension programs ought to be implemented at local and regional levels.
- Global policies and development aid should focus on eliminating agricultural and trade barriers. Government policies should allow farmers to take advantage of local, regional and international market opportunities.
- Integrate bioenergy into rural development and agriculture projects, but not at the expense of local food production.
- Innovative research and technology transfer programs should be developed rapidly to focus on crop yield improvements, transformations of production and post-production

systems, reducing post harvest losses, sustainable land and water use, and preventing environmental degradation.

- National and international agencies should more actively monitor world food supplies, and develop and implement early warning and alert mechanisms, to reduce the consequences of food insecurity and malnutrition, particularly in impoverished rural communities.
- There is an urgent need to build and enhance the technical capacity of farmers, extension agents and professionals involved in food production.
- There is a need to integrate the capital, land, water and resource assets of small farmers, so that that can have improved access to credit, markets and other agrarian services.

Given the current global financial crisis and the impact that this is likely to have on a worsening food crisis, it is critical that world food production become an international development priority. Multilateral agencies are advised to build stronger investment and technical assistance programs in helping countries to achieve food security. If not the consequence could be quite disastrous, as countries suffering from food insecurity are likely to fail economically, socially and politically. Furthermore, poor human development as a result of malnutrition and hunger will have irreversible national development consequences. The recent gains in poverty reduction will most likely be wiped out if both developed and developing countries do not take up the mantle of a combined agenda on food security. We must collectively engage in fighting all forms of human indignity, inequity, inequality, poverty and suffering.

## References

FAO. 2006. The State of Food and Agriculture. Food aid for food security? Economic and Social Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 183 pp <http://www.fao.org/corp/publications/en/>

FAOSTAT. Food Security Statistics. [http://www.fao.org/faostat/foodsecurity/index\\_en.htm](http://www.fao.org/faostat/foodsecurity/index_en.htm)

OECD/FAO 2008. Agricultural Outlook 2008-2017. Organization for Economic Development and Co-operation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/550/en/AgOut2017E.pdf>

UNESCO-WWAP. 2006. Water: A Shared Responsibility. The United Nations World Water Development Report 2. 601 pp  
<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001454/145405E.pdf>

United Nations Commission on Sustainable Development (UNCSD): Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world, Report E/CN.17/1997/9, [http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/water\\_documents.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/water_documents.htm), 1997.

USDA. 2007. The future of biofuels: A global perspective. Amber Waves. November 2007. <http://www.ers.usda.gov/AmberWaves/November07/Features/Biofuels.htm>

WHO/FAO. 2002. Diet, Nutrition and Prevention of Chronic Diseases. FAO Corporate Document Repository. <http://www.fao.org/docrep/005/AC911E/ac911e01.htm#TopOfPage>

World Bank. 2006. Directions of Development. Reengaging in agricultural water management. Challenges and Options Washington, DC. 218 pp [http://siteresources.worldbank.org/INTARD/Resources/DID\\_AWM.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTARD/Resources/DID_AWM.pdf)

World Bank. 2008. The World Bank Development Report: Agriculture for Development. 366 pp. Accessed at <http://econ.worldbank.org>

**Pr. Taieb Chkili** (Directeur des Séances) :

Merci Pr. Chandra Madramootoo pour cet exposé extrêmement riche qui ne manquera pas de susciter un débat certainement fructueux. Je ne veux pas m'attarder sur ce qui a été dit; il nous a montré combien cette question alimentaire a non seulement des facteurs endogènes qui lui sont propres, la question de l'eau, du sol, etc. mais aussi qu'elle est souvent ou qu'elle peut être aggravée par d'autres crises : crise économique, crise financière, crise énergétique, la crise en rapport avec le climat. Mais, de toute façon, dans tous les cas, cette crise alimentaire qui est installée dans la durée, nous apprend à entreprendre les actions dans une approche globale touchant à la fois les facteurs internes et les facteurs externes. Nous avons entendu à plusieurs reprises deux mots fondamentaux : la recherche scientifique et technique et l'impact sur l'ensemble des solutions qui peuvent être proposées mais aussi la question sur les hommes, de leur mode de consommation, mais aussi la nécessaire solidarité internationale pour venir en aide aux communautés les plus faibles.



## WORLD FOOD SUPPLY AND DEMAND TRENDS

***Mark W. ROSEGRANT***

***Director, Environment and Production  
Technology Division,  
International Food Policy Research Institute  
(IFPRI), USA***



World food prices have risen dramatically since 2000, even with the partial decline in late 2008. A major cause of rising prices was the rapid growth in demand for biofuels, diverting land from food production. But many factors of long term, have contributed to the new world food supply and demand situation. Rapid economic growth and urbanization, particularly in Asia, has driven rapid demand for meat and milk and for maize and soybeans for livestock feed. Improved economic growth in Africa has strengthened demand for staples such as rice and wheat. Agricultural productivity growth, especially in developing countries, has continued to decline and growing water scarcity and climate change will increasingly affect food production and prices. Poor and food insecure households have been hit hardest by rising food prices. Although households who are net sellers of food are benefiting, most poor households are net buyers of food.

Many of these underlying fundamentals in supply and demand will continue to drive world food markets, with climate change becoming an increasingly significant constraint to production in many regions. IFPRI's business as usual scenario long term projections of world food markets to 2050 show that real world prices of most cereals and meat are projected to increase in the coming decades, sharply reversing the declining price trends from the past several decades. Maize, rice, and wheat prices are projected to increase by 24-40 percent, and prices for beef, pork, and poultry by about 10-20 percent. Greater scarcity in food markets will be driven by both demand and supply factors. Growth in cereal and meat consumption will be much slower in developed countries. These trends will lead to an extraordinary increase in the importance of developing countries in global food markets.

The substantial increase in food prices will cause relatively slow growth in calorie consumption, with both direct price impacts and reductions in real incomes for poor consumers who spend a large share of their income on food. This contributes to slow improvement in food security for the poor in many regions. Childhood malnutrition (children of up to 60 months) will continue to decline, but with relatively slow progress. Alternative scenarios show that this performance can be significantly improved through a big increase in investment in agricultural research, irrigation, rural infrastructure, education, and clean water. Big new investments in agriculture and supporting services must be combined with policy reform to deal with climate change.

## DISCUSSION

**Pr. Taieb Chkili** (Directeur des Séances) :

Je crois que nous avons maintenant suffisamment de données, d'informations, et nous allons, si vous le voulez bien, consacrer un quart d'heure à la discussion.

**Pr. Albert Sasson** (CSTV)

Je voudrais faire un commentaire sur un point fondamental à mes yeux. Mohamed Ait Kadi a signalé, que les autres orateurs ont repris, et je pense que nous tous nous devons être conscients, que cette crise n'est pas finie. Il y a actuellement des gens qui pensent que parce que les prix de gros ont baissé, la crise est passée. Ceux qui vont dans les supermarchés n'ont pas constaté que les prix ont tout à fait baissé, mais ça c'est un autre problème, comment se répercute les prix de départ sur le consommateur final en raison de l'existence d'intermédiaires. Alors que, curieusement, les consommateurs européens ont pu voir que d'une certaine façon le prix du pétrole à la pompe avait baissé puisque nous sommes passés tout de même de US\$ 147 le baril en juillet 2008 à 40 US\$ aujourd'hui. C'est une sacrée diminution, mais pour l'alimentation ça ne se passe pas de la même manière.

Pourquoi est-ce que cette crise va perdurer? Ca c'est la leçon fondamentale parce que sinon on va croire que le danger est passé et on ne fera pas le «Plan Vert» ou on le fera moins bien ou on dira les choses vont mieux. Les choses vont mal pour deux raisons :

- La première, il faut le marteler, il y a une revanche de l'agriculture. C'est peut être une façon excessive de dire les choses, mais c'est bien de cela qu'il s'agit, on l'a négligée. Quand vous avez négligé quelqu'un pendant 20-30 ans, il en a assez et il prend sa revanche. L'agriculture qui a été abandonnée, qui a perdu sa priorité dans les plans de développement, n'a pas l'argent qu'elle devrait avoir pour sa recherche, pour augmenter ses rendements, d'autant plus que les bouches à nourrir c'est à peu près 200.000 par jour de plus. Deuxièmement, la demande ne suffit pas à combler l'offre et elle ne va pas suffire, alors qu'effectivement nous avons vu une baisse de l'ordre de 40% pour les céréales. Pour les métaux, nous sommes passés dans les chiffres négatifs, le prix du cuivre est au dessous de -4% et les métaux vont rester très bas parce qu'il y a un pays qui les consomme beaucoup c'est la Chine et la Chine a réduit énormément ses commandes. Pour les produits alimentaires, la récession économique fait que les agriculteurs vont planter moins parce que les agriculteurs ont besoin de fertilisants, d'engrais, ... et donc ils ont besoin de crédits, or le crédit est devenu difficile à obtenir. A cela s'ajoute le changement climatique qui est contre nous. Les prévisions sont donc mauvaises.
- La dernière raison sur laquelle je veux insister est que les gens vont avoir moins de pouvoir d'achat. En d'autres termes, nous allons avoir cette situation absolument inédite à savoir que de la nourriture va être, malgré la crise, disponible et les gens qui pouvaient l'acheter avant ne vont plus pouvoir l'acheter demain. Le pouvoir d'achat va baisser considérablement et l'agriculteur va planter moins. La révolution verte des années 60 est derrière nous, depuis les années 60-70, les rendements stagnent et la recherche agronomique n'avance pas. Il faut absolument une deuxième révolution verte, c'est la question que nous essaierons de développer dans le panel de demain après-midi.

**Pr. Nouredine El Aoufi (CESDE)**

Je voudrais remercier tous les intervenants. Les interventions ont été effectivement riches et ont mis l'accent sur les vrais problèmes. Comme le disait le Pr. Sasson quand on préparait cette session, on était en pleine crise alimentaire, puis il y a eu la crise financière et en même temps nous avons vu les évolutions en particulier des prix pétroliers. Je reste un peu sur ma faim quand à l'analyse des sources profondes de cette crise là. Moi, je crois qu'il y a une interrogation sur le modèle de croissance, et j'aurais aimé que les intervenants disent ce qu'ils pensent sur le modèle de croissance à l'échelle mondiale pour ne pas dire le mode de fonctionnement du capitalisme qui est remis en cause aujourd'hui. On a connu dans le monde un recul de la régulation et les mécanismes de régulation ont explosé à un certain moment au niveau de la sphère financière. La bulle financière éclate d'abord et ses effets à moyen-long terme se répercutent ensuite sur les autres sphères en particulier la sphère économique puis la sphère sociale. La crise alimentaire ne fait que commencer.

Dans son intervention, le Pr. Mohamed Ait Kadi a attiré mon attention lorsqu'il a dit : «le phénomène spéculatif est un phénomène d'amplification». Si on isole le système des deux sphères financière d'une part et économique de l'autre, on peut penser qu'il y a des causes profondes et que les phénomènes qui se jouent au niveau de la sphère financière ne sont que des phénomènes d'amplification. Mais on sait qu'aujourd'hui, depuis l'économiste Kale, il y a des effets d'autoréalisation. Le politique doit reprendre en mains ces phénomènes qu'on a laissés longtemps aux marchés. Merci.

**Pr. Farouk El-Baz (CSTETM)**

Je crois que ce que nous avons entendu de la part du Pr. Ait Kadi et des autres collègues prouve que les besoins alimentaires au Maroc, et pour le monde arabe, vont persister et je crois que l'Académie peut présenter au Gouvernement une demande d'augmentation des recherches scientifiques sur les semences et autres thèmes associés à l'avenir.

**Pr. Taieb Chkili (Directeur des Séances) :**

Je ne vais pas faire de synthèse du fait que les exposés ainsi que les débats ont été riches. Monsieur Sasson l'a dit tout à l'heure «nous sommes devant une crise qui n'est pas une crise au sens étymologique du terme», nous sommes là dans une crise qui est dans la durée, qui fait intervenir dans ses causes endogènes comme dans ses causes exogènes beaucoup d'autres facteurs. Par conséquent, c'est une crise qui nécessite une action globale touchant l'ensemble de la sphère humaine. Cette crise ne me paraît pas être nécessairement une fatalité. Elle peut constituer un levier d'une prise de conscience d'un problème qui touche l'avenir de l'humanité mais qui nécessite pour sa solution que la question soit prise dans sa globalité au niveau individuel, collectif, au niveau des pays et au niveau international. Et là, je rejoins le Pr. Nouredine El Aoufi «est-ce que les produits agricoles sont une marchandise comme une autre». Est-ce qu'on peut supporter qu'ils puissent être également objet à spéculation? Est-ce que la communauté internationale ne doit pas prendre cette question de façon courageuse qui touche l'ensemble des facteurs mais qui mette en place des systèmes de régulation de stocks et de solidarité?

Je crois que la question est à ce niveau là et cela doit nous faire réfléchir sur notre mode de vie, sur notre mode de consommation et notre mode de croissance.

Merci.

**Pr. Mohamed Ait Kadi (CSTETM) :**

Je pense qu'effectivement, comme il l'a dit notre collègue Nouredine El Aoufi, nous vivons dans un monde chahuté. C'est un monde qui est porteur à la fois de crainte et d'espoir. Ça va demander, à mon humble avis beaucoup de travail de réflexion et d'analyse. Justement ce qui se passe, véritablement, est rentré dans des réflexions qui puissent fonder un nouveau modèle de développement économique. Mais je pense, du moins en m'appuyant sur ce que nous avons discuté ce matin, par rapport à la question alimentaire, nos réflexions pour ne pas dire nos recettes du passé s'essoufflent, qu'on doit un peu revoir nos copies et qu'il faut effectivement avoir une nouvelle construction intellectuelle fondée sur des recherches argumentées et soutenues pour pouvoir apporter les mêmes réponses à des questions qui ont changé mais les bonnes réponses aux questions d'aujourd'hui.

**Pr. Taieb Chkili (Directeur des Séances) :**

Je vais interpeler M. Albert Sasson. Moi, je voudrais savoir ce qu'il pense de la légitimité ou la non légitimité d'utiliser les produits agricoles et les denrées alimentaires, absolument nécessaires pour la vie humaine, pour la production de produits énergétiques qui, à la limite s'ils sont importants n'ont pas le même degré de nécessité et qui de toute façon peuvent éventuellement trouver d'autres solutions alternatives. Qu'est-ce que vous en pensez?

**Pr. Albert Sasson (CSTV)**

De mes recherches et de ce que j'ai lu et de ce que j'entends, et de ce qui se dit, je vais souvent dans les pays qui en produisent beaucoup de ces agro-carburants, notamment le Brésil, la première leçon qu'il faut tirer c'est d'abord une leçon de modestie et de ne pas tout confondre et mettre tous les pays et toutes les cultures agro-énergétiques dans le même sac. C'est au cas par cas. Bien entendu, il y a un principe général, l'agriculture doit d'abord nourrir les hommes. Mais, l'agriculture, au fil des âges et au fil de notre époque contemporaine, fait aussi beaucoup d'autres choses que simplement nourrir, elle nourrit aussi les animaux que nous consommons. Elle peut produire en effet des carburants.

Deuxième leçon : tous les carburants ne sont pas identiques et n'ont pas ce qu'on appelle la même empreinte environnementale; par exemple pour les fabriquer, il faut de l'énergie, il faut également un investissement, et donc production de gaz carbonique par rapport à ce que eux aussi vont produire de gaz carbonique, on peut faire un bilan. Quand vous avez une huile comme l'huile de Jatropha qui est une huile non comestible ou l'huile de ricin. La graine de ricin contient une des plus violentes toxines végétales qui s'appelle la ricine. Il se trouve que ces plantes (jatropha, ricin et autres) poussent sur des sols qui sont absolument impropres à toute culture alimentaire. Donc c'est un gain, et si l'Inde a le plus grand programme au monde de production de l'huile de jatropha à partir de laquelle on produit, par estérification, du biodiesel qui lui fait marcher des véhicules et des tracteurs. Ce n'est pas la même chose que quand on utilise du maïs, cultivé aux USA avec des inputs considérables en matière d'engrais, de pesticides et d'eau, et qui a donc une empreinte écologique importante. Mais, les américains vous répondent : d'abord, ça ne vous regarde pas; secundo, ce maïs est enlevé de l'alimentation animale.

Je m'acharne à dire que les agro-carburants n'ont pas pesé, ne pèsent pas et ne pèseront pas dans le futur sur la crise alimentaire. Il faut chercher les causes ailleurs, comme les

a signalées le Pr. Mohamed Ait Kadi, c'est qu'on ne fait pas assez de recherche pour produire.

Le Brésil a choisi la bonne plante, la canne à sucre produit du saccharose qui est fermentable tout de suite en glucose et en alcool, et il se trouve que la canne à sucre est beaucoup plus efficace (8 fois) sur le plan photosynthétique que le maïs.

Enfin, c'est une question de politique et de souveraineté. Les brésiliens ont décidé le programme pro-alcool en 1973 quand il y a eu le choc pétrolier. C'était une décision d'une dictature militaire mais une décision politique pour réduire la facture pétrolière. Ils sont les meilleurs sélectionneurs du monde et de la génétique de la canne à sucre. 75% des voitures brésiliennes fonctionnent avec du bioéthanol.

Voilà un bel exemple, comment à un moment donné, une politique scientifique décidée souverainement a pu permettre la maîtrise technologique de toute la chaîne. Non seulement la canne à sucre est efficace mais aussi la bagasse, ce qui reste après avoir extrait le jus, sert de carburant à l'usine même. Aujourd'hui, les sucriers vendent de l'électricité au réseau général. L'impact sur l'environnement a été considérablement diminué, tout ce qui reste des fermentations est recyclé.

En conclusion : **i-** Il ne faut pas exagérer le poids des agro-carburants dans la crise alimentaire actuelle et future. **ii-** Cas par cas, ce n'est pas la même chose que parler du maïs, de la canne à sucre ou du ricin. **iii-** Décision politique puisqu'il s'agit de technologies à maîtriser.

Il faut considérer que c'est une dimension d'une dépendance moins grande par rapport au pétrole. C'est ça notre objectif, le pétrole est une ressource limitée

**Pr. Mostapha Bousmina** (Chancelier)

Je voudrais d'abord remercier et féliciter l'ensemble des intervenants qui nous ont dressé un tableau assez complexe de cette crise alimentaire régionale, internationale. Pr. Albert Sasson nous a étayé l'exemple du Brésil. Pr. Mark Rosegrant nous a présentés quelques pistes de solution. Il me semble que ce matin, nous nous sommes focalisés sur la crise alimentaire comme étant le résultat seulement les produits de la terre. Or il y a les produits de la pêche. Ma question s'adresse au Pr. Mohamed Ait Kadi et au Pr. Rosegrant : comment les chiffres des ressources alimentaires halieutiques changent les données concernant cette crise?

**Pr. Mark Rosegrant** (IPGRI)

That's extremely good point. In fact, we are also doing some work there; unfortunately I did not present it. How fisheries turn out would be absolutely crucial to the overall balances. As you know, Ocean fishery has virtually no growth left in it and, in fact, may well decline over the next decades. The big alternative is of course the various types of aquaculture: both land based and coastal and even now in Deep Oceans. Those aquaculture industries have been doing extremely fast, and one of the key questions is whether those industries are sustainable without first of all taking a lot of water and harming the quality of the water that is used along the ocean areas; and plus there's a lot of other risks of other types of environmental degradation due to runoff of chemicals, fertilizers and so forth. So, whether or not that industry can be sustainable to grow rapidly is going to be

one of the key determinants of overall meat and fish prices as well and therefore probably another determinant key of food security in the future. Thank you.

**Pr. Mohamed Ait Kadi (CSTETM):**

Vous êtes intéressés ce matin à la crise alimentaire comme elle s'est manifestée par cette envolée des prix qui a touché essentiellement les denrées agricoles. Il est certain, Monsieur le Chancelier a tout à fait raison, que le bilan alimentaire est fait en prenant en considération le stock halieutique. Nous avons eu, la fois dernière, pour ce qui est du Maroc, une présentation sur le stock halieutique marocain et ses évolutions, donc je n'y reviendrais pas. Je voudrais juste souligner que dans les chiffres que j'ai présentés tout à l'heure, de la balance agricole et alimentaire, la pêche est incluse. Nous étions excédentaires jusqu'à 2006 et 2007, la balance est devenue déficitaire y compris avec la pêche.

Je suis d'accord avec mon collègue Mark Rosegrant parce que l'aquaculture a été, à la fin des années 80 - début des années 90, présentée comme une panacée pour justement combler les déficits en protéines que ce soit en Asie ou en Afrique. Mais, de plus en plus, pour utiliser les termes du Pr. Albert Sasson, on a constaté que l'empreinte écologique de l'aquaculture est aussi importante, notamment par rapport à l'eau et aux pollutions. Actuellement, la Thaïlande souffre beaucoup des pollutions d'eau.



**ALIMENTATION, NUTRITION & SANTÉ**



## LES ENJEUX NUTRITIONNELS DE LA CRISE

*Dr. Francis DELPEUCH*

*Directeur de Recherche  
UMR 204 Nutripass 'Prévention des malnutritions'  
IRD, Institut de Recherche pour le Développement  
Montpellier, France & Rabat, Maroc*



### Retour sur la crise et quelques glissements sémantiques

En 2008 la flambée des prix alimentaires a marqué les esprits et suscité le grand retour de la sécurité alimentaire et de l'agriculture sur le devant de la scène mondiale. Beaucoup se sont rapidement demandés si cette flambée des prix ne signalait pas le début d'un renversement de tendance pour des gouvernements et des consommateurs qui s'étaient habitués à une baisse continue du prix des produits alimentaires au cours des dernières décennies; et la fin de l'ère de la nourriture bon marché, ce qui serait un événement d'une portée historique considérable [Barling et al, 2008]. Pourtant, une telle hausse des prix alimentaires, pour brutale, généralisée et peu anticipée qu'elle ait été, n'est pas un phénomène inédit. Ainsi, en 2008 le pic des prix des produits alimentaires est resté inférieur à celui qui avait été observé en 1973 lors du premier «choc pétrolier», et ceci à la différence du prix de l'énergie, des minerais et des engrais. Les premiers débats sur la nature et sur les causes de la crise se sont vite transformés en champ de bataille idéologique entre ceux qui estimaient que la crise était due à une insuffisance de libéralisation et d'ouverture des marchés, et ceux pour lesquels l'idéologie «marché», dominante dans les institutions internationales et nationales, constituait le problème. En réalité, on sait maintenant que la flambée des prix alimentaires a résulté de la combinaison d'un grand nombre de causes, parfois indépendantes, parmi lesquelles on peut citer principalement : - des récoltes compromises à cause du changement climatique (par exemple en Australie); - des stocks de céréales très bas (succession de mauvaises récoltes); - l'accroissement de la population mondiale (donc de la demande); - l'augmentation de la consommation de viande (donc de la demande de grains, maïs et soja notamment); - l'augmentation du prix du pétrole (donc, par exemple du prix des transports) : - l'essor de la production d'agrocarburants (à la place de productions alimentaires, maïs notamment); - des distorsions des marchés (par exemple subventions à l'agriculture); - la spéculation financière à la hausse sur les matières premières (qui a contribué à amplifier la hausse des prix). Au-delà de ces causes immédiates, c'est la négligence des politiques publiques et des bailleurs internationaux de l'aide au développement à l'égard de l'agriculture qui constitue la toile de fond de la crise,

et qui a été unanimement dénoncée. *«Les gouvernements ont sous-évalué la nécessité d'investir dans l'agriculture»* déclarait par exemple le Secrétaire Général des Nations Unies en juin 2008 lors du sommet de Rome sur la crise alimentaire. Cette négligence n'est pas récente; elle remonte au début des années 1980 avec la crise de la dette, et les politiques qui ont été mises en œuvre à l'échelle mondiale à partir de cette période.

Aujourd'hui tout le monde s'accorde cependant pour dire qu'en 2008 il n'y a eu ni rupture majeure de l'offre alimentaire, ni pénurie généralisée d'aliments. La crise a été avant tout une crise d'accès économique à l'alimentation pour de nombreuses populations ; elle a surtout révélé la grande vulnérabilité de la sécurité alimentaire de nombreux pays et leur dépendance vis-à-vis des importations alimentaires. Mais le passage de la crise à l'arène médiatique internationale s'est traduit par deux glissements sémantiques majeurs : (i) Les nombreuses manifestations de 2007-2008, très visibles car situées au cœur des grandes villes, ont été très vite qualifiées «d'émeutes de la faim», comme si la faim en constituait la causalité unique, alors qu'elles étaient d'abord des protestations contre la vie chère et un pouvoir d'achat devenu insuffisant. Il convient d'ailleurs de rappeler qu'elles intervenaient après plus d'une décennie de stagnation puis d'augmentation du nombre de personnes sous-alimentées dans le monde en développement [FAO, 2006]. (ii) Alors que le problème était un problème d'accès économique aux aliments, l'accent a surtout été mis sur le risque de manque de denrées alimentaires et sur le spectre d'une famine à l'échelle mondiale, comme si le manque de production avait été la cause principale de la flambée des prix. De fait, les débats ont été largement centrés sur le rapport entre la production agricole et le nombre de bouches à nourrir, question récurrente depuis Malthus jusqu'à nos jours, alors que ce n'était pas la question immédiate qui se posait. L'impact potentiel de la crise a surtout été évoqué en termes de nombre de personnes sous-alimentées globalement ; en l'occurrence il s'agit de la sous-alimentation chronique en énergie (calories alimentaires) estimée chaque année par la FAO sur la base des bilans nationaux des disponibilités alimentaires, et que les médias qualifient en général de «Faim dans le Monde». La FAO a ainsi considéré que les prix élevés des aliments ont contribué à augmenter de 75 millions le nombre de personnes sous-alimentées dans le monde (dont 40 millions en Afrique) entre 2003-2005 et 2007. Mais curieusement, les conséquences nutritionnelles ont été peu évoquées alors qu'elles constituent un des tout premiers risques en termes de développement humain, y compris pour les générations futures. Les glissements sémantiques analysés précédemment ne sont pas étrangers à la relative invisibilité de ces conséquences au cours de la crise.

### **Une dégradation nutritionnelle annoncée**

La crise s'est particulièrement fait ressentir dans les pays dont la sécurité alimentaire est très dépendante des importations ; ce sont le plus souvent des pays à faible revenu et à déficit vivrier (44 en Afrique, 25 en Asie et 13 dans le reste du monde), et dans ces pays les groupes de population constitués par les urbains pauvres et les ruraux acheteurs d'aliments sont les plus touchés. En effet, il faut rappeler que si dans les sociétés riches les dépenses consacrées à l'alimentation ne représentent que 10 à 20 pour cent du budget des ménages, elles peuvent s'élever jusqu'à 50 pour cent, et parfois plus, dans les sociétés pauvres. On comprend dès lors que la moindre variation de prix peut y entraîner des conséquences dramatiques. C'est le cas s'agissant de la nutrition et de la santé des groupes biologiquement les plus vulnérables, c'est-à-dire les femmes et les jeunes enfants. Les

leçons des crises économiques passées, et des programmes d'ajustement structurels qui y ont été associés, montrent que la dégradation de l'alimentation des femmes et des jeunes enfants et l'augmentation des malnutritions chez ces groupes constituent le risque principal : cela a été le cas lors de la crise économique et du premier programme d'ajustement structurel au Congo entre 1986 et 1991 [Delpeuch et al, 1994; Cornu et al, 1995]; après la dévaluation monétaire du franc CFA en 1994 dans plusieurs pays africains [Delpeuch et al, 1996, Martin-Prével et al, 2000, Fouéré et al, 2000]; pendant la crise financière de 1997-1998 en Indonésie [Block et al, 2004], au cours de la flambée des prix du maïs en Zambie en 2001-2002 [Gitau et al, 2005]. Pourtant, peu de voix se sont élevées en 2008 pour dire que les enjeux nutritionnels avaient été insuffisamment pris en compte, et en général c'est seulement la malnutrition aiguë sévère qui a été mise en avant [Danel et al, 2008]. Or, si cette forme de malnutrition (une fonte de la masse musculaire et de la masse grasse se traduisant par un faible poids par rapport à la taille) est très visible (maigreurs souvent extrêmes) et la plus connue, car très fréquente dans les situations d'urgence relayées par les grands médias, ce n'est pas la seule concernée : l'augmentation de la pauvreté conduit aussi à une augmentation des retards de croissance (caractérisés par une faible taille par rapport à l'âge) qui sont moins connus mais constituent la première forme de malnutrition dans le monde en développement avec 178 millions d'enfants touchés [Black et al, 2008]. Ainsi, la prévalence des retards de croissance avait fortement augmenté dans les années 1980-1990 en Côte d'Ivoire, en parallèle de l'augmentation de la pauvreté alors que la prévalence des malnutritions aiguës était restée stable.

### **Des conséquences à court et moyen termes mais aussi pour les générations futures**

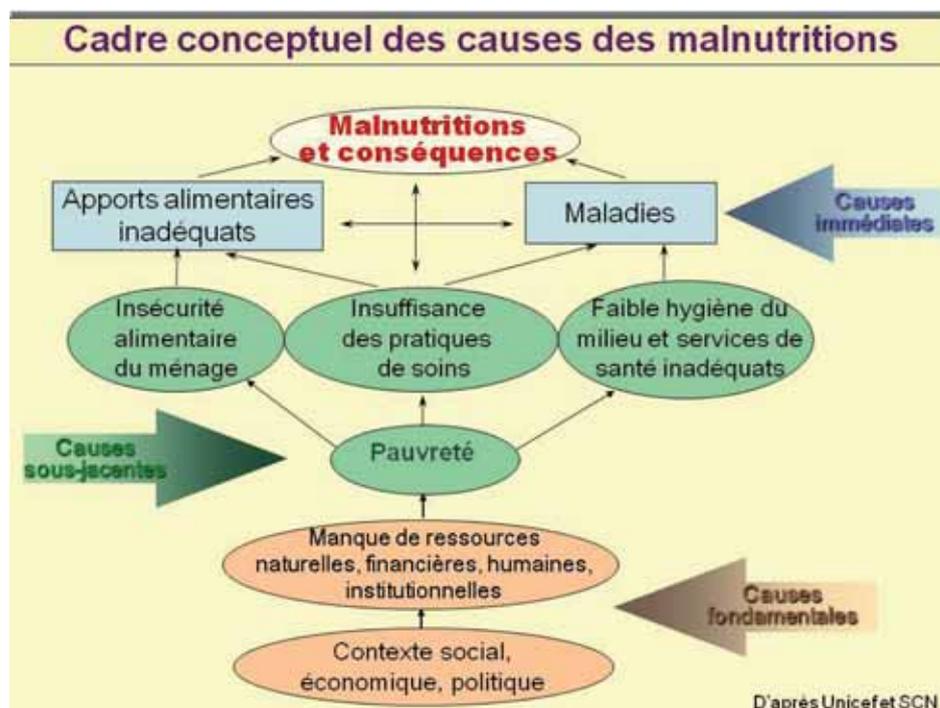
Les conséquences des malnutritions chez les jeunes enfants sont graves [Victora et al, 2008] : à court terme toutes les formes de malnutrition tuent; selon les analyses elles sont à l'origine de 35 à 55% des 9,7 millions de décès annuels d'enfants de moins de 5 ans dans le monde. Les survivants subissent des effets qui sont irréversibles après l'âge de 2 ans, et qui ont un coût humain, social et économique énorme ; par exemple à moyen terme une diminution des capacités physiques, un développement cognitif amoindri et des capacités d'apprentissage altérées. A plus long terme, les malnutritions entraînent à l'âge adulte une productivité plus faible et une susceptibilité accrue à l'obésité et aux maladies chroniques associées ; elles ont également des effets d'une génération à l'autre. Cela représente une perte considérable de capital humain et économique (10% des gains sur une vie, et 1 à 3% de perte de PIB pour un pays). Ainsi, on considère aujourd'hui que la taille à 2 ans est le meilleur prédicteur du capital humain.

### **Les mécanismes de l'impact nutritionnel de la crise**

La causalité des malnutritions est complexe (Figure 1) : ce n'est pas seulement un manque ou un excès de nourriture, mais une intrication de causes alimentaires et non-alimentaires. Ce ne sont pas seulement des causes immédiates comme une alimentation inadéquate et/ou une maladie infectieuse, mais aussi des causes sous-jacentes et fondamentales dans la société ; c'est l'environnement au sens le plus large qui est concerné, avec un ensemble de facteurs économiques, sociaux et culturels souvent liés à la pauvreté. Cependant, une des causes principales des malnutritions, et en particulier des retards de croissance, est

une alimentation de qualité nutritionnelle insuffisante (notamment une faible densité en divers micronutriments) chez les femmes en âge de procréer et chez les jeunes enfants. Or la qualité nutritionnelle de l'alimentation dépend étroitement du niveau économique des ménages, notamment à travers la diversité des aliments consommés [Black et al, 2008].

Figure 1



En 2008, la montée des prix a contraint de nombreux ménages, et surtout les plus pauvres, non seulement à restreindre globalement leur alimentation (par exemple diminution des repas et/ou des quantités consommées), mais encore à acheter des aliments de moins bonne qualité nutritionnelle (Figure 2). Ainsi, au Burkina Faso la diversité alimentaire en milieu urbain a diminué avec la crise alimentaire [Becquey & Martin-Prével, 2008]; en une année (entre juin 2007 et juillet 2008), le pourcentage de consommateurs a baissé de 25% pour les viandes et volailles, 32% pour les légumes riches en vitamine A, 31% pour les fruits, 21% pour les produits laitiers, 15% pour les oléagineux, alors qu'il est resté stable pour les céréales qui sont les aliments de base, et qu'il a augmenté pour les racines et tubercules. La qualité de l'alimentation s'est nettement dégradée; or on sait que même de faibles variations de cette qualité peuvent conduire à une augmentation des malnutritions de toute nature, ceci bien avant qu'il y ait pénurie alimentaire, et que les dégâts sont irréversibles quand ces malnutritions se situent pendant la vie fœtale et/ou avant 2 ans.

Ajoutons que la diminution du pouvoir d'achat peut également conduire à une dégradation de la situation nutritionnelle des jeunes enfants en touchant d'autres déterminants sous-jacents des malnutritions, par exemple à travers la diminution de la fréquentation des centres de santé [Martin-Prével et al, 2001].

Figure 2



### La crise dans un contexte de double charge de malnutritions

Selon la Banque mondiale, la flambée des prix aurait accru de 44 millions le nombre d'enfants ayant des dommages physiques et cognitifs définitifs dus aux malnutritions [The World Bank, 2009]. Pour autant, les malnutritions de toute nature sont présentes massivement en «situation ordinaire», et avant la crise près d'une personne sur deux dans le monde était atteinte d'une malnutrition qu'elle soit par carence ou par excès. La réalité nutritionnelle mondiale est caractérisée de fait par la coexistence de problèmes nutritionnel de type carenciel, persistants malgré les efforts et certains progrès (malnutritions maternelle et du jeune enfant, carences en micronutriments) et de problèmes nutritionnels par excès, en augmentation rapide et touchant des âges de plus en plus précoces (surpoids/obésité et maladies chroniques associées tels que le diabète de type 2, des maladies cérébro- et cardio-vasculaires et certains cancers) (Figure 3). Ainsi, deux générations avant il n'y avait quasiment pas d'obésité dans les pays en développement (PED), mais en 2005, 200 millions d'adultes étaient obèses dans ces pays, soit autant que d'adultes en insuffisance pondérale, et au total ce sont 800 millions de personnes qui sont aujourd'hui en surpoids dans les PED. Ce n'est donc plus seulement une maladie de pays riches, ni même de riches dans les PED. Si les tendances actuelles se poursuivent, le monde en développement comptera 2,6 milliards de personnes en surpoids et/ou obèses en 2030, soit près de 80% des cas au niveau mondial [Kelly, 2008]. Cette double charge de malnutritions est en lien direct avec des changements dans l'alimentation et les modes de vie qui sont connus sous le nom de transition alimentaire et nutritionnelle. Elle se rencontre aussi dans la même famille avec, par exemple, un enfant souffrant d'un retard de croissance et sa mère d'un

surpoids ; le pourcentage de ménages dans cette situation varie selon les pays, mais il peut être très élevé, comme en Egypte où 50 % des enfants de moins de 5 ans retardés en taille ont une mère en surpoids. La double charge peut toucher enfin une même personne avec, par exemple, la coexistence d'une carence en fer et d'une obésité. La question se pose de savoir si la crise alimentaire et la crise économique qui s'est rajoutée depuis 2008 sont de nature à infléchir la transition alimentaire. Paradoxalement, la crise pourrait, dans certaines situations, augmenter en même temps la prévalence de surpoids / obésités (par exemple avec l'augmentation de l'alimentation rapide qui fournit des aliments à haute densité énergétique peu chers) et les prévalences de carences en micronutriments et de retards de croissance chez les jeunes enfants (avec la diminution de la consommation d'aliments riches en micronutriments, en général plus chers). De plus, il est peu probable que le contexte dans lequel se développe la transition alimentaire change de manière majeure dans un terme prévisible; car aucun des grands éléments de ce contexte ne semble pour l'instant remis en cause : - Urbanisation marquée (changement social : modification des habitudes alimentaires, essor de la consommation hors domicile); - Industrialisation de l'alimentation (changements techniques : produits manufacturés riches en gras, sucres et sel, qui répondent à une attirance séculaire pour ces ingrédients) ; - Essor de la grande distribution dans les PED; - Marketing des firmes mondiales (transfert de goûts; la transition est aussi culturelle). Tous les maillons de la chaîne alimentaire sont touchés, de la production jusqu'à la consommation.

Figure 3

<b>La réalité nutritionnelle mondiale avant la crise</b>	
<b>Des problèmes persistants malgré les efforts et les progrès</b>	
Sous-nutrition maternelle (faible IMC)	10 – 40%
Retard de croissance intra-utérin (Petit Poids de Naissance)	13 millions/an
Retard de croissance (0-5 ans) (faible taille pour l'âge)	178 millions (1 sur 3)
Emaciation / maigreur (0-5 ans) (faible poids pour taille)	55 millions (10%) dont formes sévères 19 millions
Anémie due à une carence en fer (0-5 ans, femmes)	40-50%
Autres carences en micronutriments (Vit. A, Zn,...)	
<b>Des problèmes en augmentation rapide, de + en + précoces</b>	
Surpoids/Obésité	1,3 milliard (1 adulte sur 3) dont 400 millions d'obèses (et maladies chroniques associées) plus seulement un problème de pays riches

Source: Lancet series 2008 – Kelly et al 2008

## Que faire ?

Au cours de la crise alimentaire de 2008, l'accent a surtout été mis sur la nécessité de relancer la production agricole ; mais aujourd'hui le monde est confronté à une crise économique de grande ampleur, et la Banque Mondiale a d'ores et déjà estimé que 1,4 à 2,8 millions de décès d'enfants de moins de 5 ans pourraient s'ajouter d'ici 2015 ; et c'est sans compter sur le fait que la mortalité n'est pas le seul danger. Des centaines de millions d'enfants pourraient être touchés par les conséquences irréversibles des malnutritions qui ont été décrites plus haut. Le monde risque de s'éloigner encore un peu plus du premier 'Objectif du Millénaire pour le Développement' qui était précisément de réduire de moitié la malnutrition d'ici 2015. Protéger les femmes et les enfants de la malnutrition permettrait d'éviter des handicaps physiques et intellectuels chez les générations futures. Plus globalement encore, l'enjeu en termes de développement durable est de réduire à court terme la sous-alimentation et les malnutritions carencielles, tout en limitant dès maintenant la montée du surpoids, de l'obésité et des maladies chroniques associées; ceci du fait de la plus grande sensibilité des populations des pays pauvres à ces maladies. De ce point de vue, on ne peut se contenter de produire plus d'aliments. La Banque Mondiale elle-même reconnaissait en 2007 que «l'augmentation de la production agricole ne peut à elle seule résoudre les problèmes de malnutrition, ni même de sous-alimentation» [The World Bank, 2007].

S'agissant des femmes et des jeunes enfants, la plupart des malnutritions ne viennent d'ailleurs pas d'une pénurie absolue d'aliments, mais d'un manque de moyens pour se procurer des aliments, en particulier des aliments de bonne qualité nutritionnelle (par exemple un peu de produits d'origine animale pour la croissance des jeunes enfants). Aider les familles à diversifier l'alimentation des femmes et de leurs enfants constitue probablement une des meilleures réponses possibles; l'aide sociale sous forme de transferts conditionnels en espèces a ainsi connu un succès certain pour faire reculer le retard de croissance dans plusieurs pays d'Amérique Latine, en particulier lorsqu'elle a été dirigée vers les femmes. Ces transferts ont également des effets positifs sur l'accès aux services d'éducation et de santé. Dans les pays à faible revenu, la question des moyens pour mettre à l'échelle nationale ce type de programmes reste néanmoins posée [Harper et al, 2009]. Plus généralement, l'amélioration de la nutrition des femmes et des jeunes enfants devrait être une priorité en raison de son rôle central dans le développement humain, social et économique. Il faut réaffirmer ici qu'il n'y a pas de solution miracle ni de «balle magique» (les «armes miracles» contre la faim sont d'ailleurs une partie du problème, pas une partie de la solution). En revanche, nous disposons d'interventions spécifiques dont l'efficacité a été prouvée; elles devraient être menées à grande échelle [Bhutta et al, 2008]. Certaines ont un grand potentiel pour réduire la charge de morbidité et de mortalité et prévenir les retards de croissance : - Conseils en allaitement maternel; - Supplé-mentation et enrichissement en Vitamine A, zinc et fer; - Amélioration de l'alimentation de complément à travers du conseil nutritionnel et des programmes de transferts conditionnels en espèces, complétés par de l'aide alimentaire pour les populations en insécurité alimentaire. La fenêtre d'opportunité va de la période de la grossesse jusqu'à l'âge de 2 ans. Cela suppose néanmoins un effort financier considérable. Pour ne prendre que l'exemple des programmes de nutrition, ceux-ci ne reçoivent annuellement que 300 millions de dollars pour l'ensemble des 20 pays qui rassemblent 80% des enfants souffrant d'un retard de croissance dans le monde. Ce chiffre a été comparé aux 5,7 milliards de dollars qui

représentent la contribution des donateurs pour les fonds VIH/SIDA dans les mêmes pays [The Lancet, 2008]. On estime qu'il faudrait 1 à 1,5 milliards de dollars d'investissement annuel en nutrition de base au lieu des 300 millions actuels.

Il est également indispensable de rappeler que les problèmes nutritionnels étant multifactoriels, les réponses ne peuvent être que multisectorielles. En plus des actions spécifiques de nutrition, l'élimination du retard de taille sur le long terme nécessite des investissements et des politiques au niveau des déterminants sous-jacents et fondamentaux des malnutritions (Figure1) : - Renforcement de la sécurité alimentaire; - Amélioration de l'éducation et du statut des femmes; - Accès à des soins de santé primaires de qualité; - Réduction de la pauvreté. Les interventions spécifiques évoquées plus haut n'ont d'ailleurs de sens que dans la durée, et si elles sont combinées à des actions sur ces causes sous-jacentes et fondamentales. Des paquets intégrés devraient être privilégiés [Ruel, 2008]. En particulier, dans les difficultés économiques actuelles, tout ce qui peut prévenir ou atténuer la précarité des conditions de vie et des moyens d'existence des ménages dans les pays les plus fragiles est une nécessité absolue pour prévenir une nouvelle crise mais aussi pour le succès des actions directes de nutrition.

### **Vers des politiques de nutrition publique**

Tout indique aujourd'hui que le système alimentaire mondial est à un carrefour [Delpuch, 2007]. Ce n'est pas seulement d'une nouvelle révolution agricole dont le monde a besoin, même s'il faudra produire plus pour nourrir les 50% de bouches supplémentaires qui s'annoncent à l'horizon 2050, en particulier en Afrique. Dans le domaine de la sécurité alimentaire, la priorité affichée en 2008, à la fois par l'IAASTD (Evaluation internationale des connaissances, des sciences et des technologies agricoles pour le développement) et par la «*Task force*» des Nations Unies sur la crise alimentaire, est de réinvestir dans l'agriculture vivrière de subsistance, de soutenir les petits producteurs, et de promouvoir des politiques agricoles basées sur la biodiversité locale. Il s'agit tout à la fois de réduire la dépendance; d'assurer la qualité de l'alimentation (par la diversité), de limiter la dérive des habitudes alimentaires (comme cela a été fait, par exemple, au Japon et en Corée du Sud), et de construire une résilience à long terme des systèmes alimentaires. Toutefois, s'agissant des problèmes nutritionnels, un premier défi est que le «Partenariat Mondial sur l'alimentation et l'agriculture» issu de la crise de 2008 prenne en compte la sécurité nutritionnelle et pas seulement la sécurité alimentaire. Le deuxième défi concerne les gouvernements, et porte sur la mise en œuvre de politiques nutritionnelles intégrées qui combinent des actions sur les causes directes des malnutritions et des actions sur les causes sous-jacentes qui soient appropriées aux conditions locales et aux besoins des populations. Elles doivent concilier la promotion de la sécurité alimentaire et la prévention des malnutritions de toute nature (par carences comme par excès) avec la durabilité des systèmes alimentaires, en replaçant l'accès à l'alimentation, le bien être nutritionnel et la protection de l'environnement au centre des modes de vie, de production et de consommation.

Des stratégies et politiques publiques de nutrition efficaces, et finalement assez peu coûteuses au regard des enjeux, sont possibles [le Bihan et al, 2002]. Leur mise en œuvre est aussi un impératif moral qui s'inscrit dans le respect du droit à une alimentation adéquate [Le Bihan et Delpuch 2005] et de la convention des Nations Unies sur les droits de l'enfant dont 2009 marque le 20<sup>ème</sup> anniversaire.

## Bibliographie

- Barling D., Lang T., Sharpe R., (2008), The root of the problem, *RSA Journal*, Spring issue, 24-29.
- Becquey E., Martin-Prével Y., (2008), *Mesure de la vulnérabilité alimentaire en milieu sahélien : résultats de l'étude de Ouagadougou*, CILSS, Ouagadougou.
- Bhutta ZA., Ahmed T., Black RE., Cousens S., Dewey K., Giugliani E., Haider BA., Kirkwood B., Morris SS., Sachdev HP., Shekar M., Maternal and Child Undernutrition Study Group, (2008), What works Interventions for maternal and child undernutrition and survival. *The Lancet*, 371(9610):417-440.
- Black RE., Allen LH., Bhutta ZA., Caulfield LE., de Onis M., Ezzati M., Mathers C., Rivera J., Maternal and Child Undernutrition Study Group, (2008), Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences, *The Lancet*, 371(9608):243-260.
- Block SA., Kiess L., Webb P., Kosen S., Moench-Pfanner R., Bloem MW., Timmer CP., (2004), Macro shocks and micro outcomes: child nutrition during Indonesia's crisis, *Economics and human biology*, 2(1):21-44.
- Cornu A., Massamba JP., Traissac P., Simondon F., Villeneuve P., Delpeuch F., (1995), Nutritional change and economic crisis in an urban Congolese community, *International Journal of Epidemiology*, 24(1):155-164.
- Danel F., Huet Y., Levêque P., (2008), Eradiquer la malnutrition, *Le Monde*, 24 septembre 2008:17.
- Delpeuch F., Cornu A., Massamba JP., Traissac P., Maire B., (1994), Is body mass index sensitively related to socio-economic status and to economic adjustment? A case study from the Congo, *European Journal of Clinical Nutrition*, 48(suppl 3):S141-147.
- Delpeuch F., Martin-Prével Y., Fouere T., Traissac P., Mbemba F., Ly C., Sy A., Trèche S., Maire B., (1996), Complementary nutrition for the young child following the devaluation of the CFA franc (African Financial Community): 2 case studies in the Congo and Senegal urban environment, *Bulletin of the World Health Organization*, 74(1):67-75.
- Delpeuch F., (2007), Le système alimentaire mondial à un carrefour, *Cahiers Agricultures*, 17(3), 1-3.
- FAO, (2006), *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde en 2006 : Eradiquer la faim dans le monde - Bilan 10 ans après le Sommet mondial de l'alimentation*, FAO, Rome.
- Fouere T., Maire B., Delpeuch F., Martin-Prével Y., Tchibindat F., Adoua-Oyila G., (2000), Dietary changes in African urban households in response to currency devaluation: foreseeable risks for health and nutrition, *Public Health Nutrition*, 3(3): 293-301.
- Gitau R., Makasa M., Kasonka L., Sinkala M., Chintu C., Tomkins A., Filteau S., (2005), Maternal micronutrient status and decreased growth of Zambian infants born during and after the maize price increases resulting from the southern African drought of 2001-2002, *Public Health Nutrition*, 8(7):837-843.
- Harper C., Jones N., McKay A., Espey J., (2009), *Children in times of economic crisis: Past lessons, future policies*, Overseas Development Institute, London.
- Kelly T., Yang W, Chen CS, Reynolds K, He J., (2008), Global burden of obesity in 2005 and projections to 2030, *International Journal of Obesity*, 32(9):1431-1437.
- Le Bihan G., Delpeuch F., Maire B., (2002), *Nutrition et politiques publiques : propositions pour une nouvelle approche des enjeux alimentaires*, Ed Charles Léopold Mayer, Paris.

- Le Bihan G., Delpeuch F., (2005), Assurer le droit à se nourrir pour tous. In : G. Ghersi éd., *Nourrir 9 milliards d'hommes*, ADPF, Paris, pp 128-131.
- Martin-Prevel Y., Delpeuch F., Traissac P., Massamba JP., Adoua-Oyila G., Coudert K., Trèche S., (2000), Deterioration in the nutritional status of young children and their mothers in Brazzaville (Congo) following the devaluation of the CFA franc, *Bulletin of the World Health Organization*, 78(1):108-118.
- Martin-Prevel Y., Traissac P., Delpeuch F., Maire B., (2001), Decreased attendance at routine health activities mediates deterioration in nutritional status of young African children under worsening socioeconomic conditions, *International Journal of Epidemiology*, 30:493-500.
- Ruel MT., (2008), Addressing the underlying determinants of undernutrition: examples of successful integration of nutrition in poverty-reduction and agriculture strategies, *SCN News* 2008, 36:21-29.
- The Lancet, (2008), *Series on maternal and child undernutrition, Executive summary*, <http://www.globalnutritionseries.org>
- The World Bank, (2007), *From Agriculture to Nutrition. Pathways, Synergies and Outcomes*. The World Bank, Washington, DC.
- The World Bank, (2009), *Global Economic Prospects*, The World Bank, Washington, DC.
- Victora CG., Adair L., Fall C., Hallal PC., Martorell R., Richter L., Sachdev HS., Maternal and Child Undernutrition Study Group, (2008), Maternal and child undernutrition: consequences for adult health and human capital, *The Lancet*, 371(9609):340-357.

## NUTRITION ET SANTÉ AU MAROC : DE LA COMPLEXITÉ DE LA SITUATION À LA PLURALITÉ DE L'ACTION

*Sabah BENJELLOUN, PH.D.*

*Consultante en nutrition humaine*



### Introduction

La crise alimentaire actuelle dans le monde se greffe, dans les pays en voie de développement comme le Maroc, sur une transition alimentaire et nutritionnelle en cours depuis quelques décennies. En effet, de profondes mutations dans le comportement alimentaire et le style de vie de la population marocaine ont été observées. Ces mutations, elles-mêmes le résultat des transitions démographique et économique que connaît le pays, engendrent à leur tour une transition sur le plan nutritionnel et épidémiologique. Il en résulte une nouvelle carte de la situation alimentaire, nutritionnelle et sanitaire où le surpoids, l'obésité, le diabète et les maladies cardiovasculaires viennent s'ajouter aux maladies de carence.

Face à ces mutations, la caractérisation de la situation alimentaire et nutritionnelle au Maroc s'avère indispensable pour tracer les lignes d'une politique agricole et alimentaire qui répondrait aux impératifs de la sécurité alimentaire tant dans ses dimensions quantitatives que dans ses dimensions qualitatives. L'élargissement de cette politique aux autres secteurs de l'économie permettrait de faire face à l'impératif du redressement de la situation nutritionnelle et épidémiologique.

Cette caractérisation se fera à travers l'examen de l'évolution des divers indicateurs disponibles, particulièrement ceux issus des enquêtes de dépense et de consommation des ménages effectuées par le Haut Commissariat au Plan. Elle sera étayée par l'analyse de l'évolution de l'offre alimentaire industrielle et des commerces alimentaires avant d'être complétée par l'évolution du statut anthropométrique de la population, des prévalences des carences en micronutriments et de l'émergence des maladies de pléthore.

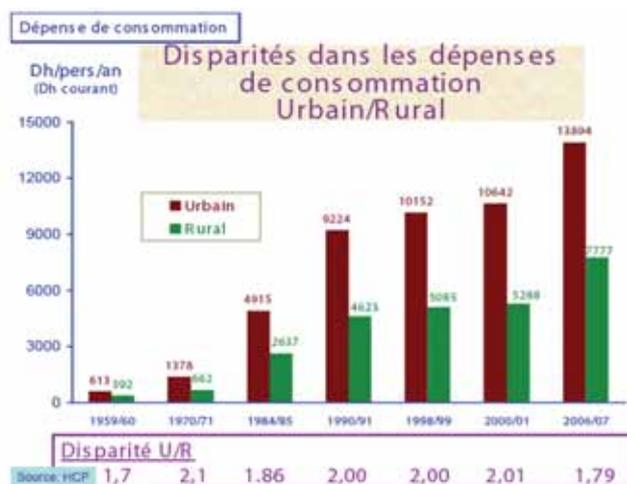
## Alimentation

### Les dépenses de consommation

Les dépenses de consommation ont augmenté en termes constants de 3 812 Dirhams en 1959 à 8 280 Dirhams en 2001. En 2007, elles se situent à 10 034 Dirhams (dirham 2001), soit un accroissement annuel moyen de 3,2%. Ces figures masquent d'énormes disparités entre les urbains et les ruraux et parmi les classes économiques. En effet, en milieu rural, elles sont seulement de 3 284 Dirhams en 1959 et 7 777 Dirhams en 2007 (Graphique 1).

La disparité urbain/rural (rapport des dépenses urbaines sur dépenses rurales) était de 2,1 en 1970, 1,9 en 1985, 2 en 2001 et 1,8 en 2007<sup>(1)</sup>. Cette disparité est le résultat d'une politique de développement nationale inégale qui a favorisé les populations urbaines au dépens des rurales et a engendré des inégalités à tous les niveaux de la vie et en particulier ceux de l'alimentation et de la nutrition<sup>(1)</sup>.

Graphique 1. Evolution de la dépense de consommation par milieu de résidence



Source : Direction de la Statistique, 1959-2007 (2-8)

Par classe de dépense, l'intensité des disparités entre les 10 % les plus riches et les 10 % les plus pauvres a diminué de 31 fois en 1970 et 16 fois en 1985 à 12 fois en 2001 (Graphique 2).

Le taux de pauvreté (% avec moins de 2 dollars par jour) a diminué de 16,6 % en 1990 à 7,4 % en 2001 alors que la disparité urbain/rural a augmenté (le taux rural est trois fois celui en milieu urbain); ce chiffre était de 2 fois en 1985, 1,6 en 1971 et 1,4 fois en 1959.

Graphique 2. Evolution des disparités sociales

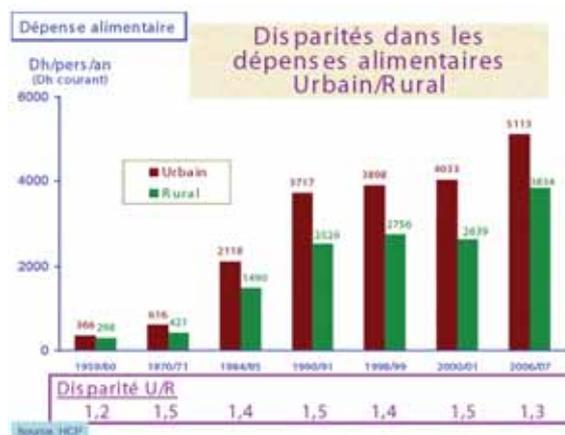


Source : Direction de la Statistique, 2007 (7)

### Les dépenses alimentaires

Les dépenses alimentaires ont également augmenté à travers les enquêtes et révèlent une disparité moins importante par milieu de résidence, autour d'une fois et demie (Graphique 3).

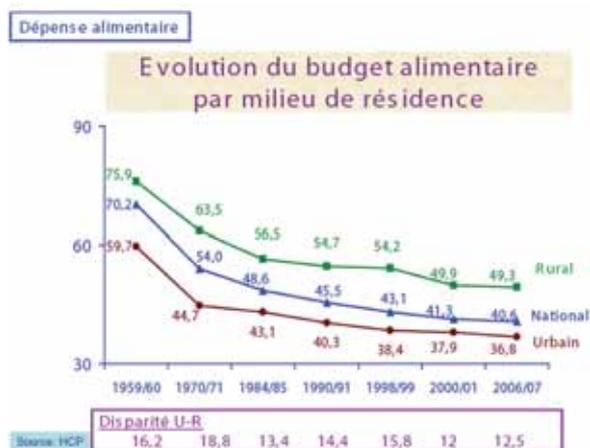
Graphique 3. Evolution de la dépense alimentaire par milieu de résidence



Source : Direction de la Statistique, 1959-2007 (2-8)

Par ailleurs, l'examen des coefficients budgétaires, utilisés généralement comme indicateurs de niveau de vie, montre qu'à l'échelle nationale, le budget réservé à l'alimentation n'est plus que de 41 % en 2007, ce qui représente une baisse sensible par rapport à ses niveaux de 70 % en 1959 et 49 % en 1984 (Graphique 4). Mais les ruraux continuent à réserver la moitié de leurs dépenses de consommation à l'alimentation, comparé à 37 % pour les urbains, soit 13 points de différence, ce qui atteste une fois de plus de la pauvreté prononcée des ruraux.

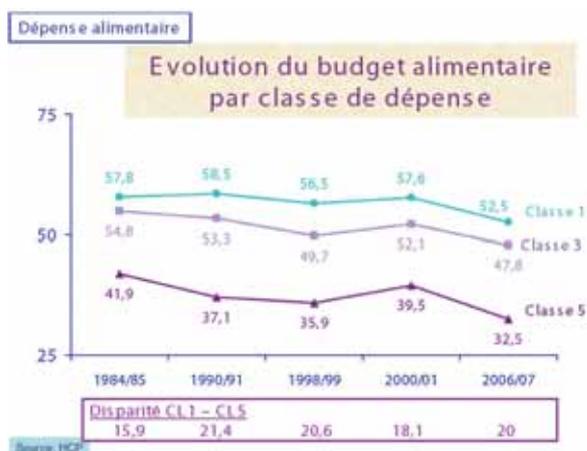
Graphique 4. Evolution du budget alimentaire par milieu de résidence



Source : Direction de la Statistique, 1959-2007 (2-8)

Par classe de dépense, le coefficient de budget alimentaire est évidemment le plus élevé chez les 20 % les moins aisés (53 %); il n'est que de 33 % chez les 20 % les plus aisés (Graphique 5). Ces disparités laissent penser que l'évolution de la demande alimentaire subit leurs effets. Les couches moyennes et aisées de la population urbaine adopteraient un comportement alimentaire qui ferait plus appel aux structures de vente moderne (grandes surfaces) alors que les couches pauvres feraient plus appel aux structures traditionnelles et aux nouvelles structures offrant une alimentation bon marché comme la vente de trottoir, les boulangeries, pâtisseries, rôtisseries, snacks et mahlabas de quartier.

Graphique 5. Evolution du budget alimentaire par classe de dépense



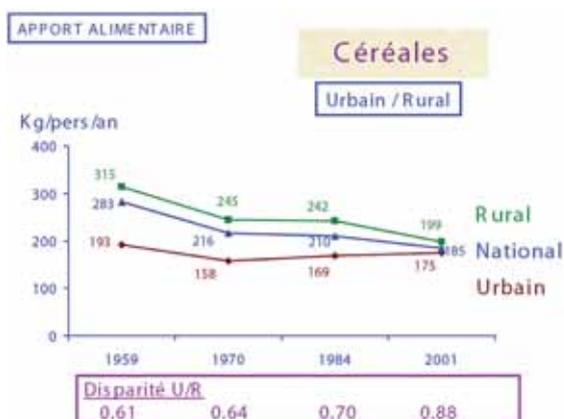
Source : Direction de la Statistique, 1959-2007 (4-8)

## La consommation alimentaire

### Les céréales

L'examen des données des enquêtes nationales de consommation et des dépenses montre que la consommation moyenne des céréales a diminué à l'échelle nationale et en milieu rural alors qu'elle a augmenté en milieu urbain (Graphique 6).

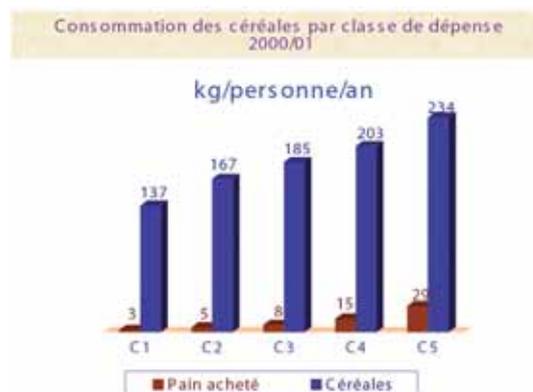
Graphique 6. Evolution du budget alimentaire par classe de dépense



Source : Direction de la Statistique, 1959-2001 (2-4,7)

Ceci paraît en contradiction avec le niveau économique généralement plus élevé en milieu urbain mais confirme la place importante qu'occupent les céréales dans les habitudes alimentaires des Marocains. D'ailleurs, en 2001, la consommation des céréales augmente avec la classe de dépense comme le montre le Graphique 7. Les plus riches achètent dix fois plus de pain que les plus pauvres. Ceci peut être expliqué par le fait que lorsque le revenu augmente, les ménages consomment plus de viande et de légumes ; comme ces produits sont préparés en tagine comprenant une sauce, leur consommation induit une consommation plus importante de pain.

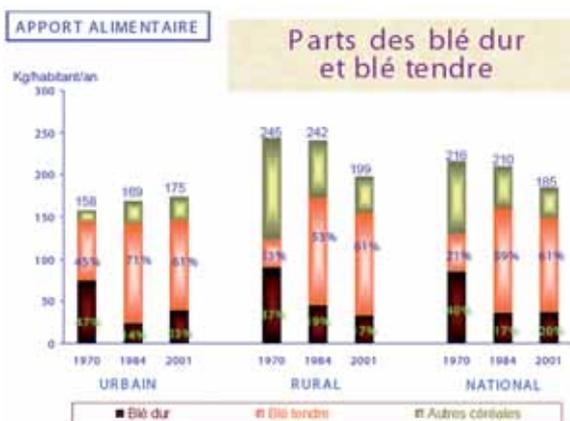
Graphique 7. Consommation des céréales par classe de dépense



Source : Direction de la Statistique, 2007 (7)

Par ailleurs, il est important d'observer les évolutions respectives des parts du blé dur et du blé tendre dans la consommation des céréales. Cette importance découle de la valeur nutritive du blé dur supérieure à plusieurs égards à celle du blé tendre(9), en particulier, sa teneur plus élevée en protéines (13,68 contre 10,69 g par 100 g de partie comestible), en lipides (2,47 contre 1,99 g par 100 g de partie comestible) et en certains sels minéraux (1,78 contre 1,54 g par 100 g de partie comestible). Ainsi, en milieu urbain, la part du blé dur dans la consommation totale des céréales a d'abord fortement diminué pour passer de 47 % en 1970 à 14 % en 1984 puis a repris pour atteindre 23 % en 2001 (Graphique 8). Par contre, celle du blé tendre a fortement augmenté entre 1970 et 1984 (passant de 45 % à 71 %) pour s'établir à 61 % en 2001. En milieu rural, le blé tendre a progressivement pris la place et de l'orge et du blé dur, passant de 13 % de la consommation totale de céréales en 1970 à 53 % en 1984 puis à 61 % en 2001. Le blé dur, lui, est passé de 37 % en 1970 à 19 % en 1984 puis 17 % en 2001. L'orge a dégringolé de 38 % en 1970 (92 kg) à 20 % en 1984 (48 kg). Cette part a probablement diminué encore en 2001 mais cette enquête ne rapporte pas de chiffres pour l'orge; l'ensemble des autres céréales (incluant l'orge) étant passé à 22 % (43 kg), la quantité d'orge consommée ne peut être que plus faible.

Graphique 8. Parts des blé dur et blé tendre dans la consommation des céréales



Source : Direction de la Statistique, 1970-2001 (3,4,7)

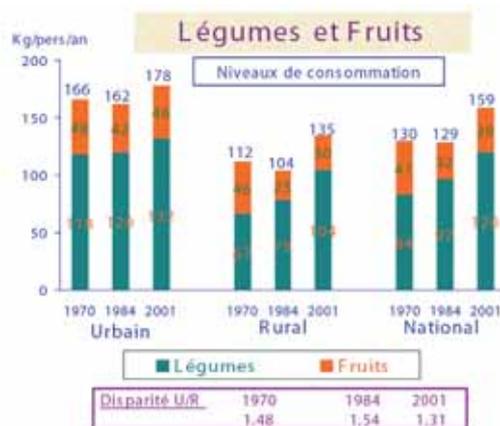
Ces changements dans les places relatives des différentes céréales qui reflètent le changement des habitudes alimentaires résultent aussi de la politique agricole pratiquée pendant des décennies. Ainsi, le fait que ça soit la farine nationale de blé tendre qui soit subventionnée par l'Etat et non le blé dur a favorisé la substitution du blé dur par le blé tendre. De même, l'orge qui entraînait traditionnellement, surtout chez les ruraux, dans la constitution du pain et du couscous a été progressivement remplacée par le blé comme résultat de l'évolution générale du niveau de vie, l'orge devenant réservée à l'alimentation du bétail.

#### Les légumes et les fruits

A l'échelle nationale, la quantité moyenne de légumes consommée est passée de 84 kg/personne/an en 1970 à 120 kg/personne/an en 2001, soit une augmentation d'une fois et demie (Graphique 9). A noter également la disparité urbain/rural pour les trois enquêtes. En moyenne, les urbains consommaient 1,8 fois plus de légumes en 1970, 1,5 fois en

1984 et 1,3 fois plus en 2001. A cette disparité s'ajoute celle relative aux classes de dépense. En 1984, les 10 % les plus riches consommaient deux fois plus de légumes que les 10 % les plus pauvres. En 2001, les 20 % les plus riches consommaient 2,7 fois plus que les 20 % les moins riches, ce qui montre l'élargissement des disparités.

Graphique 9. Consommation des légumes et fruits par milieu de résidence



Source : Direction de la Statistique, 1970-2001 (3,4,7)

Par contre les quantités consommées de fruits ont fortement diminué à travers les enquêtes dans les deux milieux avec une diminution plus importante en milieu rural. En effet, ce dernier, a vu sa consommation chuter de 45,8 à 30 kg/personne/an soit d'un tiers. La forte diminution étant observée pour les fruits à pépins, l'augmentation des prix de ces fruits peut être à l'origine de cette chute. Cette augmentation décourage les ménages à faible pouvoir d'achat et encourage les ruraux producteurs à vendre leur production diminuant ainsi leur autoconsommation.

La disparité par milieu de résidence s'est accrue puisqu'elle est passée d'une équivalence à une supériorité chez les urbains, d'une fois et demie. Par classe de dépense, la disparité entre les 10 % les plus riches et les 10 % les plus pauvres est passée de cinq à dix fois entre 1984 et 2001.

#### Les légumineuses

Le niveau de consommation est passée de 5 à 5,6 kg kg/personne/an entre 1970 et 2001, soit à peine 12 % d'augmentation (Tableau 1). Les disparités par milieu de résidence et par classes de dépense sont également observées quoique plus atténuées que pour les légumes.

Tableau 1. Evolution de la consommation des légumineuses  
kg/personne/an

Année	Urbain	Rural	Ensemble
1970	5,5	4,7	5
1984	6,1	5,5	5,8
2001	6,1	5	5,6

Source : Direction de la Statistique, 1970-2001 (3,4,7)

### Le sucre

Le disponible à la consommation humaine est passé de 27 kg/personne/an en 1966/68 à 34 kg/personne/an en 2001/03, soit une augmentation de 26 % (10). Au niveau des ménages, les quantités consommées ont plutôt diminué dans les deux milieux de résidence. Vu le niveau jugé élevé de point de vue nutritionnel, cette diminution est considérée positive même si elle est encore limitée (Tableau 2). La discordance entre les deux sources de données (disponibilités et consommation ménage) peut être due au fait que les enquêtes budget-consommation ne tiennent pas compte du sucre consommé hors domicile dont les quantités ont probablement augmenté à travers les décennies, comme ceci sera discuté plus loin.

Tableau 2. Evolution de la consommation du sucre  
kg/personne/an

Année	Urbain	Rural	Ensemble
1970	26,5	31,2	29,7
1984	25,1	28,5	27
2001	22,8	25,7	24,1

Source : Direction de la Statistique, 1970-2001 (3,4,7)

La disparité par milieu de résidence est favorable aux ruraux vu leur consommation connue plus élevée en thé sucré. Cependant, l'ampleur de la disparité n'est pas très grande, les ruraux consommant à peine entre 13 et 18 % de plus que les urbains. D'ailleurs, la disparité par classe de dépense confirme cette limitation puisque les 10 % les plus riches consommaient en 1984 une fois et demie plus que les 10 % les plus pauvres et deux fois en 2001. Les classes aisées tendent à consommer plus de gâteaux et de boissons sucrées. Il est important de noter que ces chiffres n'englobent pas les quantités de sucre consommées hors domicile et qui ne seraient pas négligeables si l'on considère la fréquentation croissante des cafés, restaurants et divers types de commerces alimentaires dans lesquels les aliments et boissons sucrés occupent une place de choix. Quelques indicateurs de l'évolution de ces commerces seront discutés plus loin dans ce papier.

### Les huiles et les corps gras

Les enquêtes ménages révèlent une augmentation du niveau de consommation du total des huiles et corps gras à l'échelle nationale et dans les deux milieux. Cependant, l'huile d'olive et les huiles de graine n'ont pas connu la même tendance (Tableau 3). Ainsi, la consommation d'huile d'olive a diminué à l'échelle nationale de 5 à 3 kg/personne/an entre 1970 et 2001 lorsque celle des autres huiles a augmenté de 5,3 à 12 kg/personne/an. L'évolution n'est pas la même dans les deux milieux de résidence puisque l'huile d'olive a vu sa consommation augmenter parmi les citadins, même si c'est seulement légèrement alors qu'elle a sensiblement diminué parmi les ruraux qui ont vu leur consommation d'huiles de graine fortement augmenter de son faible niveau en 1970 (à peine 3,2 kg/personne/an) à 8,6 kg/personne/an en 1984 et 10,8 kg/personne/an en 2001. Les huiles de graine consommées au Maroc sont à 80% importées sous forme d'huiles brutes de soja. Cette évolution reflète, en partie, les distorsions résultant des politiques de subvention appliquées aux huiles de graines pendant ces décennies au détriment du produit national qu'était l'huile d'olive. En effet, alors que le prix de l'huile d'olive suit l'évolution du prix du marché, celui de l'huile de graine a pratiquement stagné en raison de la subvention du

prix à la consommation. Le prix de vente au consommateur était d'environ 8,4 dirhams alors que le prix de revient était de 13 à 14 dirhams. Ainsi, comme le montre le Graphique 10, la part de l'huile d'olive dans le total des huiles consommées est passée de la moitié en 1970 à à peine le cinquième en 2001 à l'échelle nationale et de deux-tiers à un quart en milieu rural.

Tableau 3. Evolution de la consommation des huiles et corps gras  
kg/personne/an

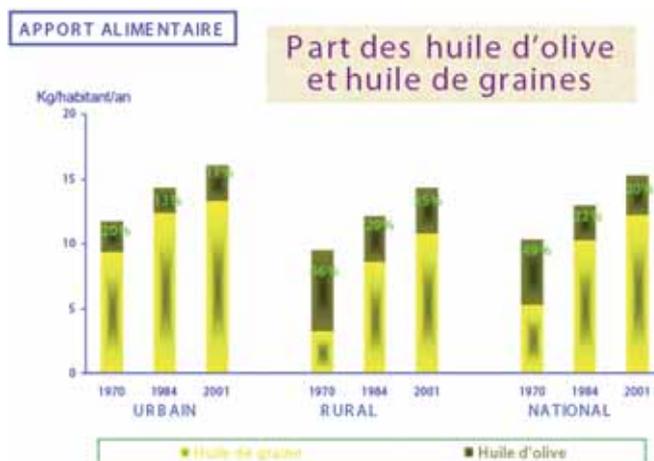
	Année	Huiles de graines	Huile d'olive	Total huile	Beurre	Margarine	Autres cors gras	TOTAL huiles et cors gras
Urbain	1970	9,4	2,3	11,7	4,13	-	0,08	15,91
	1984	12,4	1,9	14,3	1,96	-	0,06	16,32
	2001	13,3	2,8	16,1	2,16	0,92	0,09	19,36
Rural	1970	3,2	6,3	9,5	1,70	-	0,5	11,7
	1984	8,6	3,5	12,1	1,00	-	0,2	13,3
	2001	10,75	3,6	14,3	1,37	0,44	0,1	16,22
Ensemble	1970	5,3	5	10,3	2,50	-	0,3	13,1
	1984	10,2	2,8	13	1,41	-	0,14	14,55
	2001	12,2	3,1	15,3	1,81	0,71	0,1	17,93

Source : Direction de la Statistique, 1970-2001 <sup>(3,4,7)</sup>

Cette distorsion a touché l'ensemble des classes de dépense dont la consommation d'huile d'olive est bien inférieure à celle des huiles de graines et ce même parmi les classes aisées malgré leur pouvoir d'achat plus important. Ainsi, dans le quintile supérieur, on consomme en moyenne, 21 litres/personne/an d'huile de graine et seulement moins de six litres d'huile d'olive. Evidemment, globalement les classes de dépense plus aisées ont une consommation plus élevée de toutes les huiles que les classes les moins aisées, étant donné que ces huiles entrent dans les préparations des légumes et des viandes dont la consommation suit la même tendance. En effet, on consomme 2,7 fois plus d'huile de graines et 3,2 fois plus d'huile d'olive parmi les 20% les plus riches que parmi les 20% les plus pauvres.

La consommation du beurre a chuté à l'échelle nationale, de 2,5 kg/personne/an en 1970 à 1,8 kg/personne/an en 2001 après une forte diminution en 1984 (1,4 kg). La même tendance a été observée dans les deux milieux avec une consommation des citadins doublant presque celle des ruraux. Le prix élevé du beurre peut être à l'origine de cette tendance. La comparaison avec les niveaux de consommation de la margarine qui pourrait être utilisée par le consommateur comme aliment de substitution du beurre vu son utilisation similaire dans la cuisine et les repas, n'est pas sans intérêt. En effet, l'enquête de 2001, la seule à avoir rapporté des chiffres (la margarine était faiblement présente sur le marché lors des enquêtes précédentes) donne une consommation moyenne de margarine de 0,71 kg/personne/an à l'échelle nationale (0,92kg en milieu urbain et 0,44kg en milieu rural). Ainsi, ce qu'on observe est une substitution d'une partie du beurre par de la margarine qui est moins chère et ce, dans les deux milieux.

Graphique 10. Parts de l'huile d'olive et des huiles de graines dans la consommation des huiles



Source : Direction de la Statistique, 1970-2001 <sup>(3,4,7)</sup>

#### Le lait et dérivés

Le disponible à la consommation de lait a augmenté de manière soutenue reflétant le développement important qu'a connu le secteur de l'élevage et celui des unités laitières. Cependant, ce développement s'est répercuté de manière inverse sur les populations urbaine et rurale comme montré par les enquêtes ménages successives (Tableau 4).

En effet, alors que la consommation moyenne des urbains est passée de 30,5 kg/personne/an en 1970 à 43,5 et 53,1 kg/personne/an en 1984 et 2001 respectivement, celle des ruraux a dégringolé de 27,3 à 20 et 18 kg/personne/an pour les mêmes années. Ces périodes ayant coïncidé avec l'installation des centres de collecte de lait en milieu rural, les producteurs, surtout les petits, ont commencé à vendre l'ensemble de leur production, n'en laissant ni pour la consommation en lait frais, ni pour la transformation en produits dérivés traditionnels. Ainsi, le petit lait, principal produit dérivé traditionnel, a vu sa consommation chuter de 18 litres (en équivalent lait frais) en 1970 à 7 litres en 1984 et moins de 3 litres en 2001. L'analyse de ces données, plus celles d'autres études nationales et régionales, montre que la population rurale a été affectée négativement par la commercialisation du lait et son acheminement vers les unités industrielles(11-15). Cette situation est aggravée par le fait que le lait pasteurisé n'est pas distribué en milieu rural en raison de sa périssabilité et de l'insuffisance de l'infrastructure en milieu rural (routes, électricité).

En fait, la consommation moyenne de lait pasteurisé par les ruraux atteint en 2001 à peine 2 litres par personne et par an (comparé à 30 litres pour les citadins). Si l'on ajoute les autres formes de lait, cette quantité atteint les 15 litres soit à peine 42 millilitres de lait par jour. Les urbains en consomment 124 millilitres, soit trois fois plus.

Tableau 4. Evolution de la consommation du lait et produits laitiers  
kg/personne/an

		Lait frais non traité	Lait Pasteurisé	Autres laits	Petit lait	Fromage	Total
URBAIN	1970	10,78	9	5,9	1,94	2,9	30,52
	1984	2,99	24,75	9,13	2,9	3,68	43,45
	2001	5,35	30,45	9,31	3,18	4,78	53,07
RURAL	1970	8,37	0,03	1,24	17,65	0	27,29
	1984	8,94	0,88	2,76	7,02	0,64	20,24
	2001	11,24	2,1	1,9	2,83	0,28	18,35
National	1970	9,17	3,01	2,76	12,44	0,96	28,34
	1984	6,37	11,21	5,52	5,24	1,92	30,26
	2001	7,94	17,94	6,05	3,02	2,8	37,75

Source : Direction de la Statistique, 1970-2001 <sup>(3,4,7)</sup>

Par ailleurs, il faut noter que la consommation du lait et ses dérivés demeure encore dominée par celles du lait frais qui en constitue 70,5 % (69,4 % en milieu urbain et 74,7 % en milieu rural). En d'autres termes, les dérivés du lait ne trouvent pas encore leur chemin vers les ménages marocains, hormis et à des niveaux très limités les autres formes de lait (lait stérilisé, concentré ou en poudre) chez les urbains et le petit lait chez les ruraux. Les fromages et yaourts ne semblent pas encore à la portée.

De plus, le niveau moyen de consommation de lait et dérivés est considéré encore insuffisant même à l'échelle urbaine si l'on compare à des pays méditerranéens comme l'Espagne ou la Tunisie. La demande en lait et dérivés est appelée à croître dans le futur si l'on prend en considération l'amélioration des infrastructures rurales qui permettront un meilleur accès des ruraux à ces produits.

Il faut rappeler également que les chiffres rapportés ici sont ceux relatifs à 2001. Il est évident que la consommation des dérivés de lait serait plus importante actuellement et sera appelée à augmenter encore plus, eu égard à leur forte disponibilité sur le marché (surtout urbain) et aux nombreuses campagnes publicitaires assez agressives menées par les diverses sociétés de production. En plus, l'enquête n'ayant pas tenu compte des quantités consommées hors domicile, ses chiffres sous-estiment probablement sensiblement les quantités effectivement consommées, surtout dans les cafés et les mahlabas, notamment par les citadins. Par ailleurs, l'instauration de l'horaire continu dans les lieux de travail et dans les écoles peut entraîner l'augmentation de la demande de ces produits dont la nature les rend convenables à cette forme de consommation.

#### Les œufs

Leur disponibilité a progressé sensiblement pendant toute la période considérée. Là aussi, le développement du secteur avicole industriel est responsable de ce progrès. Mais à l'instar de la situation du secteur laitier, cet essor a bénéficié plus aux urbains qui ont vu leur consommation passer de 36 unités/personne/an en 1970 à 60 et 90 unités en 1984 et 2001 respectivement. Les ruraux ont eux d'abord amélioré leur apport en passant de 14 unités en 1970 à 41 unités en 1984 puis leur consommation a chuté à 34 unités en 2001 (Tableau 5). Cette diminution est probablement le résultat de la commercialisation accrue des œufs produits en milieu rural en relation avec les besoins en argent des ménages et leur pouvoir d'achat limité.

Tableau 5. Evolution de la consommation des œufs  
kg/personne/an

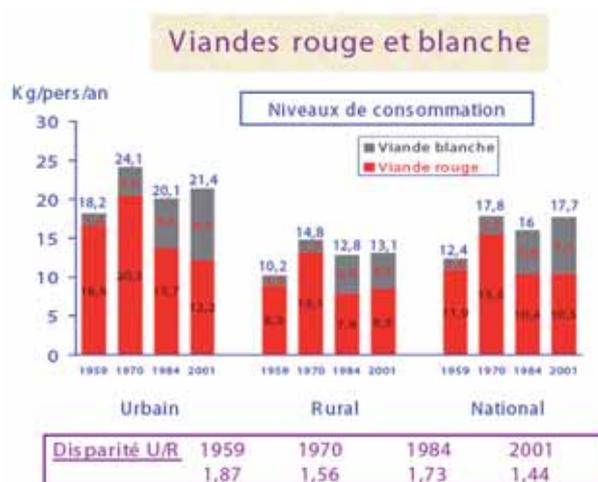
	Année	kg	Unité
Urbain	1970	2,16	36
	1984	3,6	60
	2001	5,4	90
Rural	1970	0,84	14
	1984	2,44	41
	2001	2,04	34
National	1970	1,26	21
	1984	2,9	49
	2001	3,9	65

Source : Direction de la Statistique, 1970-2001 (3,4,7)

Les viandes rouges et les viandes blanches

Les données des enquêtes ménages rapportent une tendance à la baisse de la consommation des viandes rouges à l'échelle nationale et dans les deux milieux de résidence. Ainsi, la consommation annuelle par personne est passée de 15,5 kg en 1970 à 10,4 kg en 1984 et 10,5 kg en 2001 (Graphique 11). Cette baisse peut être expliquée par la hausse du prix de la viande rouge et l'augmentation de l'offre de viande blanche relativement moins chère. En effet, pendant la même période, la quantité consommée de poulet est passée de 2,3 kg en 1970 à 5,6 kg et 7,2 kg en 1984 et 2001 respectivement. Cette augmentation est observée dans les deux milieux même si les urbains consomment plus que les ruraux des deux types de viande.

Graphique 11. Consommation des viandes rouge et blanche

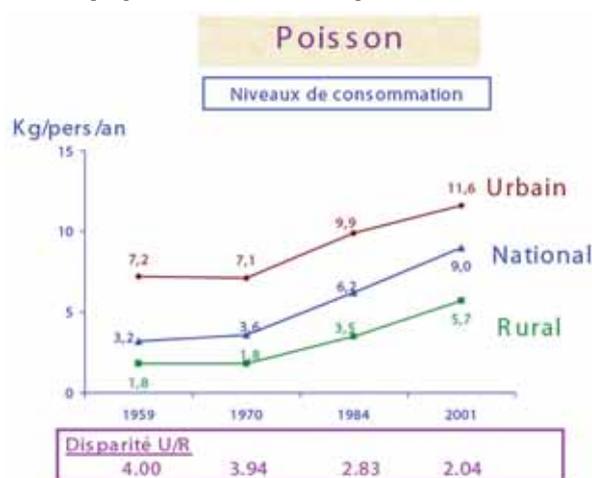


Source : Direction de la Statistique, 1959-2001 (2,4,7)

### Les poissons et fruits de mer

Les enquêtes ménages rapportent des niveaux de consommation qui ne dépassent pas encore 10 kg/personne/an à l'échelle nationale en 2001, moins de 12 kg parmi les urbains et moins de 6 kg parmi les ruraux (Graphique 12). Entre 1970 et 2001, ces niveaux ont augmenté sensiblement : 94 % dans l'ensemble (58 % parmi les citadins et 205 % parmi les ruraux). Malgré cela, les niveaux de consommation dans les deux milieux restent très limités et ne reflètent nullement les niveaux de production du pays. En plus, la consommation est fortement dominée par l'espèce la moins chère, à savoir les sardines. En effet, en 2001, elles ont constitué 63 % du total consommé (58 % pour les urbains et 74 % pour les ruraux).

Graphique 12. Consommation du poisson et fruits de mer



Source : Direction de la Statistique, 1959-2001 <sup>(2-4,7)</sup>

Parmi les facteurs qui limitent cette consommation, on peut en noter trois : le faible pouvoir d'achat, l'accès réduit à ces produits hautement périssables particulièrement en milieu rural qui manque encore grandement d'infrastructure appropriée, mais aussi, les habitudes alimentaires des ruraux qui demeurent réfractaires à ces aliments hautement nutritifs. En effet, une étude réalisée dans la région du Tadla, Beni Mellal et Azilal en 1994 avait montré que les ruraux des régions de montagne ont des attitudes très négatives vis-à-vis du poisson(16). Ces attitudes sont soutenues par de fausses croyances ainsi que par l'état putréfié dans lequel ces produits arrivent souvent dans les souks de montagne en raison de leur transport dans des camions non réfrigérés.

### Récapitulatif

Les données présentées et discutées ci-dessus appellent un certain nombre de constats concernant l'évolution du profil alimentaire de la population marocaine. A l'échelle nationale, ce profil demeure basé sur les céréales malgré une certaine diminution de leur consommation. Une diminution soutenue est notée également pour le sucre mais les données étant basées uniquement sur la consommation sans tenir compte de la consommation en dehors du foyer, cette diminution est à prendre avec beaucoup de réserve. En effet, les données des bilans alimentaires(10) montrent que le disponible à

la consommation humaine à l'échelle nationale a plutôt augmenté à travers les décennies laissant penser que probablement la prise en compte de la consommation de sucre hors domicile mènerait à un niveau moyen de consommation plus élevé que celui rapporté par les enquêtes budget - consommation.

La consommation des fruits a d'abord diminué entre 1970 et 1984 pour augmenter en 2001 mais sans atteindre leur niveau de 1970. Par contre, celle des légumes a connu une augmentation soutenue à travers les enquêtes. Une augmentation similaire est observée pour les autres groupes de produits alimentaires, à savoir les huiles et corps gras, le lait et produits laitiers, et les viandes, volaille et poisson.

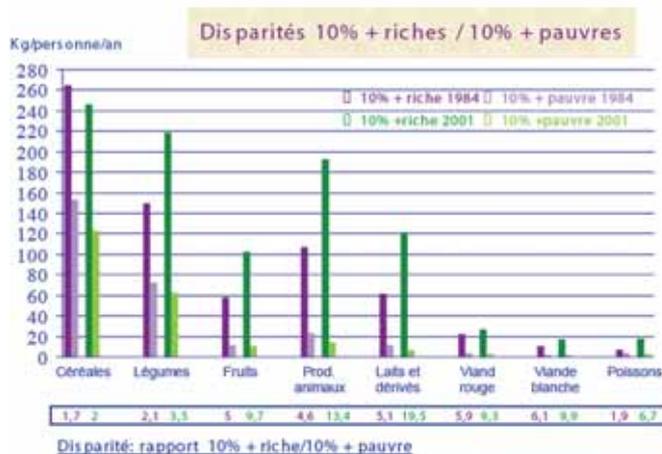
En plus de ce constat d'évolution du profil alimentaire à l'échelle nationale, un autre constat a été fait concernant de profondes disparités (aussi bien dans les niveaux que dans l'évolution) entre milieux de résidence et entre classes de dépense. En effet, un important contraste peut être observé en comparant les deux milieux. A travers les enquêtes, ce contraste a été en faveur des urbains. Le cas le plus manifeste est celui des produits laitiers dont la consommation a simultanément augmenté parmi les citadins et diminué parmi les ruraux. La disparité est exprimée par le rapport du niveau de consommation en milieu urbain sur celui en milieu rural. Ce rapport n'est en faveur des ruraux que pour le sucre, l'huile d'olive et les céréales. Pour ces dernières, le rapport est passé de 0,6 en 1970 à 0,7 en 1984 et 0,9 en 2001, montrant la convergence entre les deux milieux pour ces produits. Par contre, pour tous les autres groupes alimentaires, le rapport est supérieur à 1 reflétant le niveau socio-économique supérieur des urbains par rapport à celui des ruraux. A noter, cependant, que ces disparités semblent s'atténuer à travers les enquêtes, sauf pour les produits laitiers, les œufs et la volaille.

Ces disparités entre les deux milieux pourraient être expliquées, en partie par les disparités des niveaux socio-économiques des populations urbaine et rurale et en partie par le manque d'infrastructure en milieu rural qui rend l'accès difficile à certains produits alimentaires.

Ainsi, les ménages ruraux vendent les produits alimentaires qu'ils produisent et n'ont pas toujours les moyens économiques ni physiques pour leur substituer d'autres produits alimentaires. Le cas du lait et ses dérivés est éloquent et a été discuté plus haut.

Les disparités entre classes de dépense se sont accentuées en ce qui concerne les niveaux de consommation des divers groupes de produits alimentaires. Ainsi, comme il est clair sur le Graphique 13, cette disparité est passée entre 1984 et 2001 de 5 à 10 fois pour les fruits, de 2 à 7 fois pour le poisson et de 4 à 20 fois pour les produits laitiers et de 5 à 13 fois pour l'ensemble des produits animaux.

Graphique 13. Disparités dans la consommation alimentaire entre classes de dépense

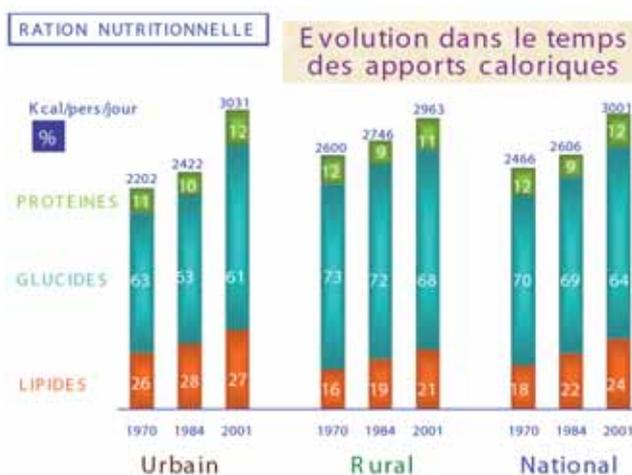


Source : Direction de la Statistique, ENCDM 1984/85, 2000/01 <sup>(4,7)</sup>

### Evolution de la ration nutritionnelle

Le Graphique 14 montre l'évolution des apports caloriques à travers les enquêtes nationales. L'analyse nutritionnelle des données de la dernière enquête (2000/01) n'ayant pas été réalisée, les chiffres fournis ici constituent une approximation obtenue à travers l'application de la table de composition des aliments utilisée en 1984/85 aux apports en aliments rapportés dans le rapport sur la consommation alimentaire du Haut Commissariat au Plan et téléchargé à partir de son site web<sup>(7)</sup>.

Graphique 14 Evolution des apports caloriques par milieu de résidence



Source : Direction de la Statistique, 1970-2001 <sup>(3,4,7)</sup>

L'apport calorique total a augmenté de 2466 kcal/personne/jour en 1970 à 3001 kcal/personne/jour en 2001. Des différences significatives se notent entre les deux milieux de résidence. En 1970, les ruraux consommaient plus de calories que les urbains (2600 et 2202 kcal respectivement). En 1984, l'écart se maintient dans le même sens (2746 et 2422 kcal respectivement). En 2001, l'écart s'inverse en faveur des urbains (3031 et 2963 kcal respectivement).

La part des lipides dans l'apport énergétique est considérée comme un indicateur de transition nutritionnelle(17). A l'échelle nationale, elle est passée de 18 % en 1970 à 22 % en 1984 et 24 % en 2001. Ces figures diffèrent par milieu (26 %, 28 % et 27 % pour les citadins et 16 %, 19 % et 21 % pour les ruraux). Ainsi, l'écart entre les deux milieux concernant la structure de l'apport énergétique s'atténue et donne lieu à une certaine convergence. Par exemple, l'écart pour la part des lipides qui était de 10 points de pourcentage en 1970 et 9 points en 1984 n'est plus que de 6 points en 2001. Cette convergence s'explique par la plus grande stagnation observée en milieu urbain, expliquée en partie par la persistance des niveaux de consommation des céréales qui, comme notés plus haut, augmentent d'une enquête à l'autre pour les citadins alors qu'ils diminuent pour les ruraux.

En 2001, l'ensemble des produits animaux ne fournit que 8 % de l'apport énergétique à l'échelle nationale et à peine 5 % en milieu rural (Graphique 15).

Graphique 15. Origine des apports caloriques par milieu de résidence<sup>1</sup>



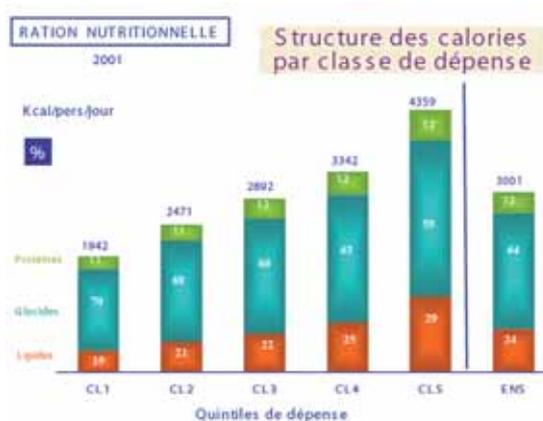
Source : Direction de la Statistique, ENCDM 2000/01 <sup>(7)</sup>

Par classe de dépense, les disparités sont évidemment plus prononcées (Graphique 16). En moyenne, un individu du quintile le plus élevé consomme 4359 kcal par jour, comparé à 1424 kcal pour celui du quintile le plus bas (soit 3,1 fois plus). La part des lipides dans cet apport calorique est de 29 % chez le premier et 19 % chez le dernier.

<sup>1</sup> Les données pour 2000/01 approximatives sont basées sur une analyse nutritionnelle sommaire des données effectuée par l'auteur.

De même, la part des céréales est plus basse chez le premier (44 %) que chez le dernier (59 %). La part des produits animaux atteint 12 % chez le premier et à peine 4 % chez le dernier (Graphique 17)

Graphique 16. Structure de la ration calorique par classe de dépense



Source : Direction de la Statistique, ENCDM 2000/01 <sup>(7)</sup>

Graphique 17. Origine des apports caloriques par classe de dépense en 2000/01



Source : Direction de la Statistique, ENCDM 2000/01 <sup>(7)</sup>

Par ailleurs, il n'est pas sans intérêt de comparer la structure calorique au Maroc avec celle des pays en voie de développement et des pays développés. Le Tableau 6 et le Graphique 18 comparent l'importance des diverses sources de l'énergie alimentaire pour le Maroc et pour les pays développés et les pays en voie de développement. Les chiffres utilisés ont été calculés à partir des données des bilans de disponibilités alimentaires (moyennes des années 2001, 2002 et 2003).

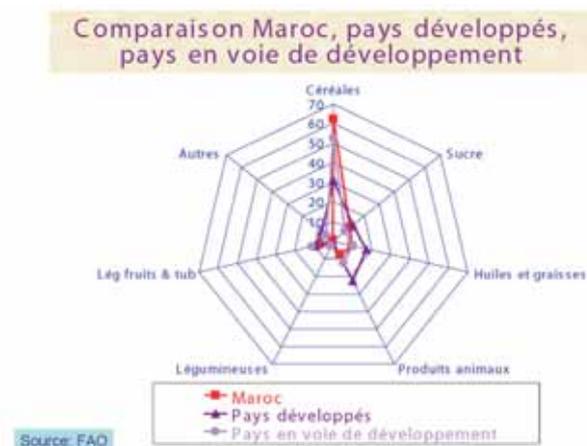
Tableau 6 Origine des disponibilités énergétiques au Maroc, dans les pays développés et dans les pays en voie de développement

**Comparaison Maroc, pays développés, pays en voie de développement**

Groupes de produits alimentaires	Origine des calories disponibles		
	Moyenne 2001-2003 (%)		
	Maroc	PD	PVD
Céréales	62	31	52
Sucre	11	13	7
Huiles et graisses	10	17	10
Produits animaux	7	22	12
Légumineuses	2	1	2
Lég. fruits et tubercules	7	9	11
Autres	1	7	5
Source: FAO	100	100	100

Source : Bilans de disponibilités alimentaires (FAOSTAT, 2007) <sup>(18)</sup>

Graphique 18 Comparaison entre le Maroc et les groupes des pays développés et des pays en voie de développement



Source : Bilans de disponibilités alimentaires (FAOSTAT, 2007) <sup>(18)</sup>

Cette comparaison fait ressortir la place de lion qu'occupent les céréales dans les disponibilités énergétiques au Maroc (62%, comparée à 31% pour les pays développés et 52% pour les pays en voie de développement). Cette hégémonie des céréales relègue l'ensemble des autres groupes alimentaires à des taux assez bas. Ainsi, le sucre et les légumineuses ont une contribution (11% et 2%) se situant entre celle dans les pays développés (13% et 1%) et celle dans les pays en voie de développement (7% et 2%); par contre, les produits animaux et le groupe «légumes, fruits et racines et tubercules» ont des contributions bien plus basses que celles dans les pays en voie de développement. Comme discuté plus haut, la consommation des céréales au Maroc, défiant la théorie économique, augmente avec le niveau socio-économique. On peut dire que la spécificité des habitudes culinaires au Maroc qui font que le pain accompagne les tagines en jouant le rôle de la fourchette, constitue un facteur important dans la résistance au changement de son profil alimentaire.

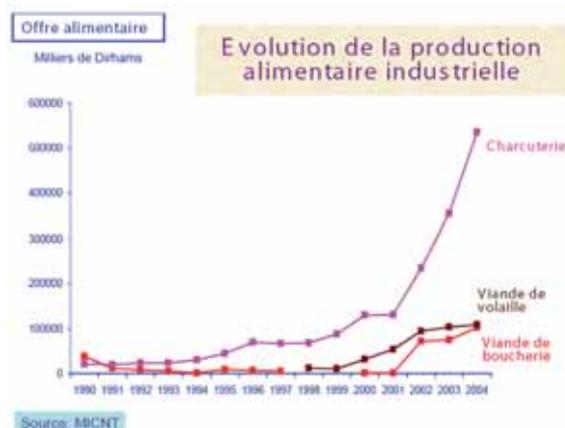
### Evolution de l'offre alimentaire industrielle

Les données analysées plus haut concernant les niveaux de consommation des différents produits alimentaires ne sont pas suffisantes à elles seules pour caractériser la demande alimentaire. D'une part, ces données ne représentent que les quantités consommées à domicile; or plusieurs indicateurs laissent penser que la consommation hors domicile commence à prendre de l'ampleur. A titre indicatif, la part des dépenses réservées à la consommation hors domicile est passée de 3,7 % en 1984 (4,2 % pour les urbains et 2,1 % pour les ruraux) à 4,7 % en 2001 (5,2 % urbain et 3,7 % rural)(4,7).

D'autre part, ces données se rapportant à l'année 2001, peuvent être regardées comme dépassées surtout si l'on considère la progression rapide que connaissent les circuits de distribution alimentaire dans le pays. Ainsi, et afin de compléter le tableau de la situation alimentaire, un examen de l'évolution de l'offre alimentaire s'avère nécessaire.

Les niveaux de production des viandes de boucherie et de volaille ont tous les deux connu des augmentations importantes (Graphique 19). Celui de la viande de boucherie est passé d'une valeur de 38 395 milliers de Dirhams en 1990 à 101 962 milliers de Dirhams en 2004, soit 2,7 fois. Celui de la volaille est passé de 11 539 milliers de Dirhams en 1998 à 108 170 milliers de Dirhams en 2004, soit une augmentation de presque dix fois.

Graphique 19 Evolution de la production industrielle des viandes et volailles



Source : Ministère du Commerce, de l'Industrie et de Mise à Niveau de l'Economie, 2006 <sup>(19)</sup>

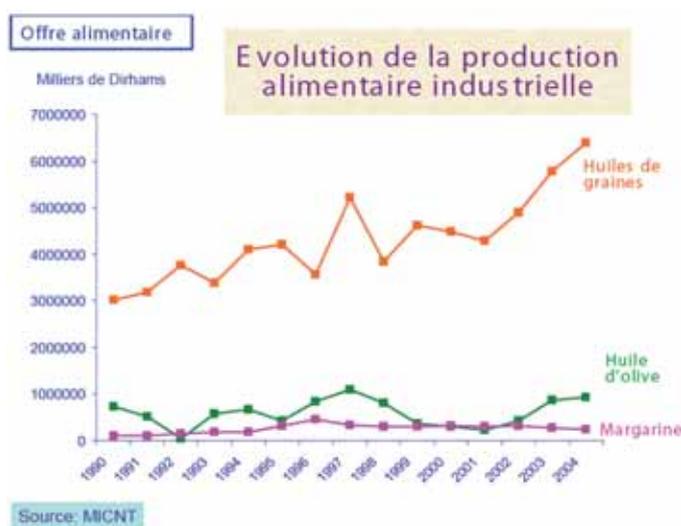
Le développement le plus spectaculaire est celui qu'a connu la production de la charcuterie. En effet, la valeur totale de la production du secteur est passée de 21 281 milliers de Dirhams en 1990 à 535 231 milliers de Dirhams en 2004 soit une augmentation de 25 fois.

Il est à noter que le vrai décollage qu'a connu la production de ces trois produits animaux a été observé à partir de 2001. Ces produits n'étant pas exportés, l'augmentation de leur production serait absorbée par la consommation intérieure, ce qui laisse prédire que d'une part, les niveaux de consommation rapportés par l'enquête ménages de 2001 sous-estimeraient les niveaux actuels et que d'autre part, leur effet sur l'état nutritionnel de la population (surpoids et obésité) est à prévoir.

Les corps gras ont également connu une croissance importante (Graphique 20). En particulier, la production des huiles de graine à partir essentiellement d'huile brute de soja importée (80% de la production totale), est passée de 3 024 091 milliers de Dirhams en 1990 à 6 396 916 milliers de Dirhams en 2004 (soit plus du double).

Il est intéressant de noter combien ces huiles l'emportent largement sur l'huile d'olive dont le coût est normalement plus élevé. La valeur de la production de la margarine a d'abord augmenté d'une manière vertigineuse jusqu'en 1996 puis elle a commencé à chuter.

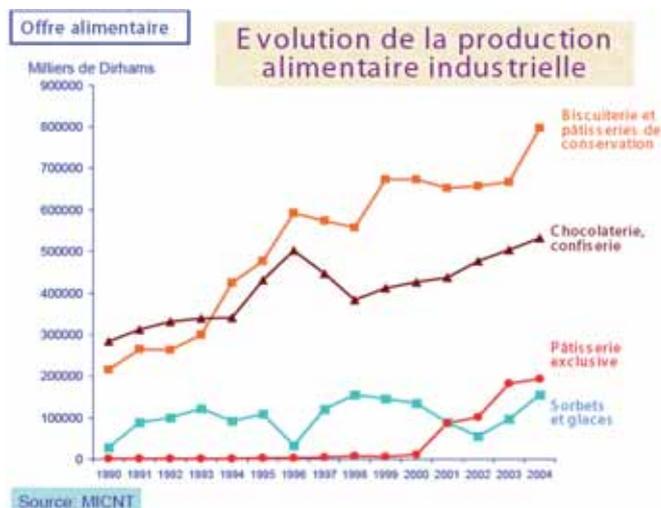
Graphique 20 Evolution de la production industrielle des corps gras



Source : Ministère du Commerce, de l'Industrie et de Mise à Niveau de l'Economie, 2006 <sup>(19)</sup>

Un formidable essor est observé pour la production d'un ensemble de produits sucrés considérés des produits de luxe (Graphique 21) : la production des glaces et sorbets est passée de 29 279 milliers de Dirhams en 1990 à 155 944 milliers de Dirhams en 2004 (soit une croissance de plus de cinq fois), celle de la confiserie et chocolaterie est passée de 283 869 milliers de Dirhams en 1990 à 532 662 milliers de Dirhams en 2004 (presque deux fois); celle de la biscuiterie est passée de 215.374 milliers de Dirhams en 1990 à 796 413 milliers de Dirhams en 2004 (presque quatre fois); celle des limonades est passée de 605 718 milliers de Dirhams en 1990 à 2 170 252 milliers de Dirhams en 2004 (plus de trois fois et demie).

Graphique 21 Evolution de la production industrielle des produits sucrés



Source : Ministère du Commerce, de l'Industrie et de Mise à Niveau de l'Economie, 2006 <sup>(19)</sup>

Un essor encore plus important est observé pour la production des boissons dites rafraîchissantes (boissons gazeuses, jus et sirops). Leur production a vu sa valeur se multiplier par plus de trois et demi entre 1990 et 2004 (Graphique 22).

Graphique 22 Evolution de la production industrielle des boissons non alcoolisées



Source : Ministère du Commerce, de l'Industrie et de Mise à Niveau de l'Economie, 2006 <sup>(19)</sup>

Il est évident que le développement important rapporté ci-dessus de l'offre en certains produits alimentaires ne reflète qu'une partie de l'offre totale puisqu'elle n'inclue pas les produits de contrebande, dont la quantité n'est pas négligeable, surtout pour les produits sucrés et les boissons. Ainsi, il est permis de penser que la consommation des produits dits «pro-obésité» (aliments qui favorisent la prise de poids) connaît en réalité une

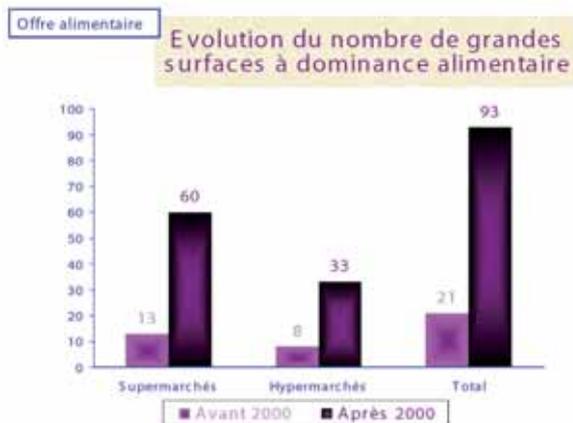
augmentation bien plus importante que celle reflétée par les enquêtes nationales du Haut Commissariat au Plan. Une autre considération est le fait qu'une partie de la production alimentaire industrielle serait absorbée par la consommation touristique étrangère qui est également en augmentation ces dernières années.

Ainsi, on peut dire que, malheureusement, les données disponibles à l'analyse, ne permettent pas de dresser un tableau clair, complet et à jour de la consommation alimentaire actuelle de la population marocaine. Seules des enquêtes approfondies auprès des consommateurs seraient en mesure d'approcher la situation réelle à cet égard. Les données que fourniraient ces enquêtes sont indispensables et pour le diagnostic de la situation actuelle et pour l'évaluation d'éventuels programmes visant son amélioration.

### Evolution des circuits de distribution

L'évolution de la demande alimentaire peut être approchée également à travers l'évolution des circuits de distribution des produits alimentaires. Ainsi, on peut noter la progression des grandes surfaces comme point de vente de plus en plus utilisé par les diverses couches de la population. De 32 unités avant 1998, elles sont passées à 45 en 1998 et 70 en 2001(20). La surface de vente cumulée est ainsi passée de 61 753 m<sup>2</sup> avant 1998 à 107 929 m<sup>2</sup> en 2001, soit un taux de croissance de 75 % en quatre ans. Sur les 70 unités, 33 sont des grandes surfaces alimentaires. En 2000, plus de la moitié (54 %) du chiffre d'affaire de l'ensemble de ces surfaces provient de la vente des produits alimentaires. Le Graphique 23 compare les effectifs des grandes surfaces à dominance alimentaire avant et après l'année 2000.

Graphique 23 Les grandes surfaces avant et après 2000



Source : Ministère du Commerce, de l'Industrie et de Mise à Niveau de l'Economie, 2009 <sup>(21)</sup>

Aujourd'hui, on constate que les supermarchés s'implantent même dans les quartiers populaires offrant une proximité du consommateur dont ne bénéficiaient pas les premières unités qui étaient fréquentées surtout par les classes riches et moyennes. Ainsi, ce système s'impose avec force à la culture marocaine tout en coexistant avec le système commercial traditionnel.

En parallèle, les circuits de distribution classique se sont également accrus (Graphique 24). Ainsi, les mahlabas se sont multipliées à un grand rythme à partir de 1975(22). En effet, de 444 mahlabas en 1974-76, on est passé à 1 190 en 1990 et 3 777 en 2004-06. Le rythme annuel d'augmentation est passé de 21 mahlabas pendant la décennie soixante-dix à 47 puis 124 les deux décennies suivantes et se situe à 221 nouvelles mahlabas chaque année depuis 2000. Les boulangeries-pâtisseries sont passées de 58 en 1974-76 à 1 136 en 2004-06 aux rythmes annuels d'augmentation de 3 nouvelles boulangeries-pâtisseries pour la décennie 70, puis 16, 38 et 86 pour les décennies suivantes.

Graphique 24 Evolution de certains commerces alimentaires



Source : Registre du Commerce <sup>(22)</sup>

Le secteur des cafés connaît son plus grand essor depuis le début de la décennie actuelle puisque le rythme d'augmentation est passé de 4, 15 et 59 nouveaux cafés par an pour les décennies 70, 80 et 90 à 245 nouveaux cafés par an depuis 2000. La même explosion est observée pour les secteurs de la restauration simplifiée, la restauration complète et les traiteurs - organisateurs de fêtes.

L'énorme essor que connaît le système de distribution alimentaire peut avoir des retombées positives et d'autres négatives pour le consommateur. D'une part, la plus grande disponibilité et diversité de l'offre de produits alimentaires pourrait entraîner la baisse des prix et donc une meilleure accessibilité des couches démunies, aux aliments. D'autre part, en l'absence d'une éducation nutritionnelle, le consommateur pourrait être «noyé» dans la panoplie de produits qui ne sont pas nécessairement sains sur le plan nutritionnel : aliments et boissons riches en sucre et/ou en matière grasse. Ceci va inévitablement entraîner une prise de poids chez des couches encore plus larges de la population donnant lieu à des prévalences toujours plus élevées de surpoids, d'obésité, de diabète, de maladies cardio-vasculaires et même de cancer. Ceci est d'autant plus vrai que la sédentarité de la population ne fait que s'accroître aggravant le phénomène de l'augmentation de l'apport énergétique.

S'il est vrai que cette transition vers la société de consommation a été déjà vécue par les populations des pays industrialisés durant le siècle dernier et a engendré les mêmes

problèmes, la gravité de la transition en cours dans les pays en voie de développement comme le Maroc, résulte d'une part, de sa vitesse beaucoup plus élevée comme il a été démontré pour des pays similaires par les spécialistes de la transition(36,37) et d'autre part, du manque d'éducation nutritionnelle et sanitaire de nos populations, voire de l'analphabétisme, qui fait qu'elles sont totalement désarmées pour faire un choix de comportement alimentaire correct et raisonné.

En effet, la liste des facteurs qui engendrent une consommation alimentaire plus grande mais pas nécessairement nutritionnellement correcte est assez longue. On peut citer :

- L'ouverture proche des marchés qui multiplierait encore plus la diversité des produits offerts sur le marché, au-delà des capacités de choix raisonné du consommateur,
- Le développement rapide de nombreux restaurants qui diversifient les possibilités d'acquisition de plats prêts à la consommation : formule à emporter (au même prix que sur place) et livraison à domicile,
- La publicité agressive subie par le consommateur par divers moyens de media (radio, télévision, affiches, dépliants de supermarchés, etc.) ne fait qu'augmenter sa confusion,
- Le développement du système de crédit à la consommation qui inclue la consommation alimentaire (achat de mouton pour la fête et même les acquisitions régulières d'aliments), ce qui encourage le consommateur à des achats alimentaires plus importants mais pas forcément raisonnés économiquement ni nutritionnellement.

Cette appréhension est d'autant plus justifiée que le niveau d'alphabétisation et d'instruction est encore assez bas parmi la population marocaine, surtout celle vivant en milieu rural et dans les couches défavorisées ; le niveau de connaissance en nutrition et santé est jugé assez faible parmi l'ensemble de la population.

### **Nutrition et santé**

L'état nutritionnel de la population sera évalué à travers l'examen des données sur le statut anthropométrique, le statut en micronutriments et la prévalence des maladies liées à la nutrition. Malheureusement, ces données ne sont pas abondantes pour tous ces aspects ni pour l'ensemble des catégories de la population. Ainsi, on ne dispose de données anthropométriques que pour les enfants de moins de cinq ans et pour les adultes. On ne peut donc rien dire pour les adolescents dont les données anthropométriques n'ont été publiées que lors de l'enquête réalisée par la Direction de la Statistique en 1984/85. Mais la manière dont ces données ont été rapportées dans les publications concernées ne permet pas d'évaluer de manière appropriée le statut anthropométrique de cette catégorie. De plus, le fait que ces données aient plus de vingt ans les rend obsolètes.

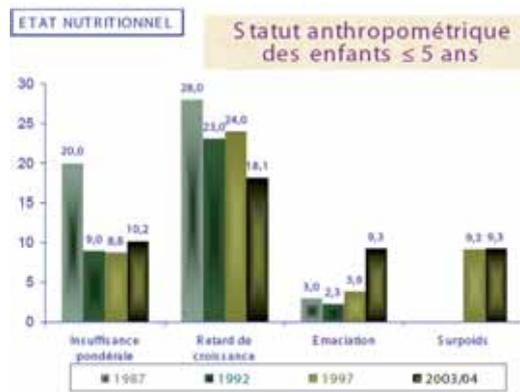
### **Statut anthropométrique des enfants**

Le Ministère de la Santé a conduit, entre 1987 et 2003/04, en collaboration avec divers organismes internationaux, quatre grandes enquêtes anthropométriques nationales parmi les enfants de moins de cinq ans. Ces enquêtes ont permis de générer trois indices qui sont : poids-pour-âge, taille-pour-âge et poids-pour-taille. La comparaison de ces indices avec ceux observés dans la population de référence (CDC/NCHA/OMS) permet de caractériser le statut anthropométrique des enfants. On calcule le pourcentage d'enfants

dont l'indice en question se situe à plus de 2 déviations standards en dessous de la médiane de la population de référence. L'indice poids-pour-âge permet de déterminer la prévalence de l'insuffisance pondérale, la taille-pour-âge celle du retard de croissance alors que le poids-pour-taille est utilisé pour déterminer la prévalence de l'émaciation et celle du surpoids.

Ces enquêtes montrent qu'alors que le retard de croissance a diminué (28 % en 1987 et 18,1 % en 2003), l'insuffisance pondérale et l'émaciation ont augmenté significativement en 2003 (Graphique 25). L'émaciation est passée de 3 % en 1987, 2,3 % en 1992 et 3,9 % en 1997 à 9,3 % en 2003. Le surpoids n'a été rapporté que par les deux dernières enquêtes et se situe à un peu plus de 9%(25).

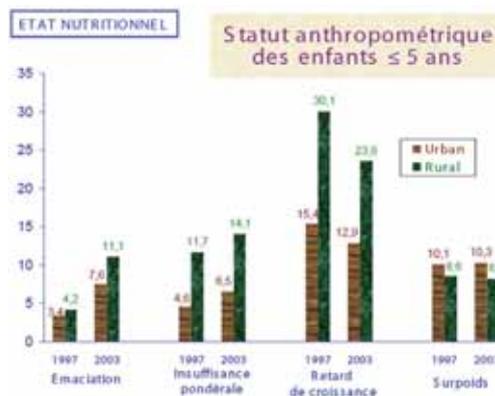
Graphique 25 du statut anthropométrique des enfants de moins de cinq ans



Source : Ministère de la Santé, 2004 <sup>(25)</sup>

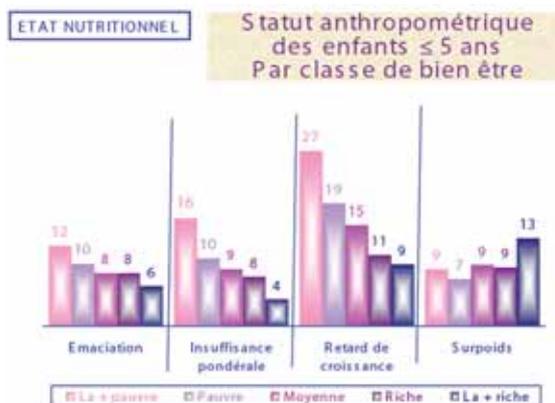
Alors que le retard de croissance, l'insuffisance pondérale et l'émaciation affectent plus les ruraux et les couches pauvres, le surpoids touche plus les urbains et les couches sociales les plus riches (Graphiques 26 et 27).

Graphique 26 Statut anthropométrique des enfants ≤ 5 ans



Source : Ministère de la Santé, 2004 <sup>(25)</sup>

Graphique 27 Statut anthropométrique des enfants ≤ 5 ans par classe de bien-être (2003-04)



Source : Ministère de la Santé, 2004 <sup>(25)</sup>

Ainsi, le statut anthropométrique des enfants est caractérisé encore par la prédominance des problèmes liés à la sous-alimentation (retard de croissance, insuffisance pondérale et dans une moindre mesure l'émaciation) mais les problèmes dus à la suralimentation et à la sédentarité (surpoids et obésité) commencent à prendre de l'ampleur.

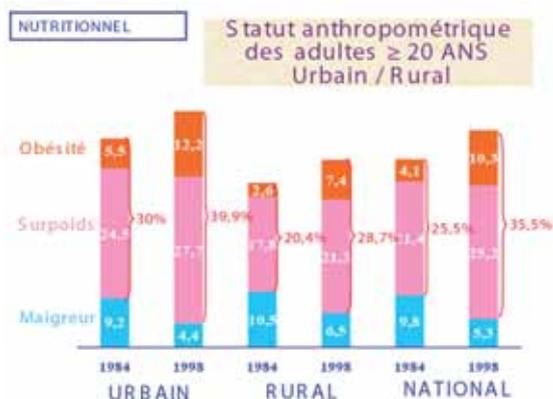
#### Statut anthropométrique des adultes

Le statut anthropométrique des adultes est mesuré grâce à l'indice de masse corporelle (IMC), dit aussi indice de Quételet, qui est le rapport entre le poids de l'individu (en kg) et le carré de sa taille (en m<sup>2</sup>). Ainsi, la maigreur est définie par un IMC inférieur ou égal à 18,5, le surpoids par un IMC compris entre 25 et 29,99 et l'obésité par un IMC supérieur ou égal à 30.

La comparaison des données issues des enquêtes nationales réalisées par la Direction de la Statistique en 1984/85 et 1998/992 montre que la transition est observée à l'échelle nationale, pour les deux genres, les deux milieux de résidence et pour l'ensemble des classes de dépense (Graphiques 28 et 29)(16, 17, 18, 19, 20). La maigreur diminue alors que le surpoids et l'obésité augmentent. Le surpoids a augmenté de 10 points entre les deux périodes (25,5 % en 1984 et 35,5 % en 1998).

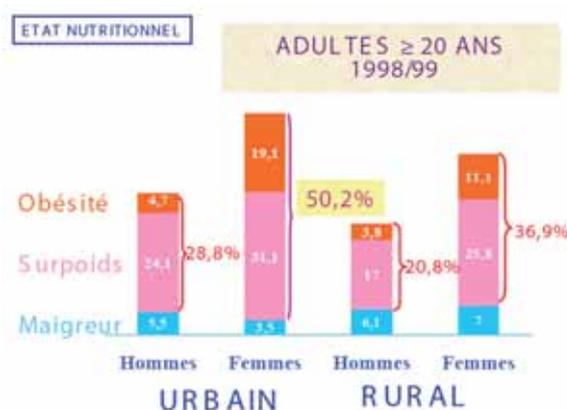
<sup>2</sup> L'enquête de 1984/85 est une enquête budget consommation effectuée auprès de 15000 ménages. Elle a donné lieu à un échantillon d'adultes de 20 ans et plus avec des mesures anthropométriques de 41526 personnes. Celle de 1998/99 est une enquête niveau de vie effectuée sur 5000 ménages. Elle a donné lieu à un échantillon d'adultes de 20 ans et plus avec des mesures anthropométriques de 14028 personnes. A l'origine, l'enquête de 1984/85 a considéré comme population adulte les personnes de 20 ans et plus ; par contre, celle de 1998/99 a considéré les personnes de 18 ans et plus. Afin de permettre la comparaison entre les deux enquêtes, nous avons utilisé les données brutes de cette dernière et nous avons extrait l'échantillon des 20 ans et plus. Malheureusement, il n'a pas été possible de revenir aux données brutes de l'enquête 1984/85 car elles ne sont pas techniquement disponibles, d'après le Haut Commissariat au Plan.

Graphique 28 Evolution du statut anthropométrique des adultes ≥ 20 ans



Source : Direction de la Statistique, ENCDM, 1984/85 <sup>(26)</sup>  
 Direction de la statistique, ENMNV, 1998/99 <sup>(27)</sup>

Graphique 29 Statut anthropométrique des adultes ≥ 20 ans 1998/99



Source : Direction de la Statistique, ENCDM, 1984/85 <sup>(26)</sup>  
 Direction de la statistique, ENMNV, 1998/99 <sup>(27)</sup>

Ainsi, en 1998/99, un adulte sur quatre (25,2%) avait un surpoids et un sur dix (10,3%) était obèse. Ces figures sont plus élevées parmi les urbains que parmi les ruraux et parmi les femmes que parmi les hommes. Il résulte que la prévalence la plus élevée de surpoids et d'obésité est observée parmi les citadines (50,2 %, soit une femme sur deux); il en est de même pour l'obésité (19,1%, soit presque une femme sur cinq).

Par région, la même enquête montre que les régions de Laayoune-Boujdour et Oued-Ed-Dahab Lagouira enregistrent les taux les plus élevés de surpoids (48% et 47% respectivement) alors que la région Marrakech-Tensift Al Haouz affiche le taux le plus bas (28 %). Les taux élevés dans les régions sahariennes seraient liés à des raisons culturelles puisque l'obésité des femmes est considérée un critère important de beauté dans la société Saharienne(28,29). D'ailleurs, la prévalence du surpoids parmi les femmes de Laâyoune-Boujdour atteint 69,3 % (31 % de surpoids et 39 % d'obésité) contre 24 % parmi les

hommes. Les femmes à Oued-Ed-Dahab Lagouira sont à 62 % en surpoids (26 % en surpoids et 36 % obèses). Ainsi, dans ces régions, la prévalence de l'obésité dépasse même celle du surpoids.

En outre, à l'échelle nationale, même les classes de dépense les plus démunies sont touchées. En effet, un quart des adultes du quintile le plus bas a un surpoids (33,1 % des femmes et 16,5 % des hommes). Cette prévalence atteint 39,5 % des femmes urbaines (soit deux femmes sur cinq). Ainsi, on ne peut plus prétendre que le problème du surpoids et de l'obésité soit cantonné aux riches. C'est bel et bien un problème de santé publique qui ne cesse de s'étendre et qui risque même de basculer ses prévalences élevées vers les couches pauvres si l'on considère l'évolution observée dans les pays développés qui nous y ont précédés.

### **Carences en micronutriments**

Elles sont encore largement répandues parmi la population marocaine comme reflété par les diverses enquêtes nationales réalisées entre 1994 et 1996(30,31). L'anémie ferriprive affectait 45 % des femmes enceintes (soit presque une femme sur deux), 30 % des femmes en âge de procréation, 34 % des enfants de moins de cinq ans et 10% des hommes. Le goitre touchait 22 % des enfants d'âge scolaire. L'avitaminose A (taux de rétinol dans le plasma  $\leq 200 \mu\text{g/l}$ ) affectait 41 % des enfants âgés de six mois à six ans (35% des urbains et 46% des ruraux), ce qui, d'après les critères de l'OMS, place le Maroc parmi les pays où la carence en vitamine A est un problème subclinique sévère.

La carence en vitamine D constitue aussi un problème de santé publique au Maroc(32) : parmi les enfants de deux ans et moins, 2,5% souffrent de rachitisme radiologique, 10,7% en ont un signe clinique, 2,5% en ont deux signes et 2,1% en ont 3 signes (forme sévère). Si ces chiffres sont plus bas que ceux rapportés en 1970, c'est grâce au programme de supplémentation des enfants en vitamine D conduit par le Ministère de la Santé depuis très longtemps.

Les prévalences actuelles des carences en micronutriments ne sont pas connues mais vus les programmes de lutte en cours (fortification des aliments en iode, vitamine A et fer et supplémentation ciblée des couches de population les plus touchées), elles devraient être en diminution.

### **Maladies non transmissibles liées à la nutrition**

L'enquête sur les facteurs de risque des maladies cardiovasculaires réalisée par le Ministère de la Santé en 2000 a rapporté des chiffres alarmants quant à leur incidence parmi la population de plus de 20 ans(33). Ainsi, l'hypertension artérielle qui affecte le tiers de cette population, est plus répandue parmi les femmes (37 %) que les hommes (30 %) et touche aussi bien les citadins (32,6 %) que les ruraux (34,3 %). Le diabète affecte également les hommes et les femmes (6,6 %) mais plus les urbains (9 %) que les ruraux (4,4 %). L'hypercholestérolémie atteint 29 % de la population totale, plus fréquente chez les femmes (32 %) que chez les hommes (26 %) et plus en milieu urbain (37 %) qu'en milieu rural (21 %). Quant au style de vie, l'enquête a considéré le tabac qui est fumé par 32 % des hommes (34 % des urbains et 30 % des ruraux). Le chiffre très bas rapporté pour les femmes (0,6 %) serait probablement sous-estimé en raison du manque de déclaration par les femmes enquêtées.

Plus récemment, le système d'information du Ministère de la Santé qui recueille les données de l'ensemble des établissements des soins de santé de base (secteur public) montre une augmentation soutenue du nombre de cas de diabétiques depuis 2002. Ainsi, comme le montre le Graphique 30, ce chiffre a augmenté depuis son niveau de 140 000 cas au second semestre de 2002 jusqu'à 300 000 cas au second semestre de 2008, soit plus du double (en moyenne, 27 000 nouveaux cas chaque année). Les nombres totaux de cas dans la population devraient dépasser de loin ces chiffres puisque les cas fréquentant le secteur privé de santé ne sont pas pris en compte dans ce système d'information, sans parler des diabétiques qui ne sont pas traités du tout. Il est important aussi de noter sur le graphique que les deux-tiers des cas rapportés sont des diabètes non insulino-traités et donc qui auraient pu être prévenus par une amélioration du régime alimentaire et de l'activité physique.

Graphique 30 Evolution du nombre de cas de diabète (secteur public)



Source : Ministère de la Santé, 2009 <sup>(34)</sup>

Des estimations rapportées par l'Organisation Mondiale de la Santé pour 2002 indiquent qu'au Maroc, le cancer est la quatrième cause de mortalité dans le pays (7,8% de tous les décès) après les maladies cardiovasculaires (40%), les maladies contagieuses, maternelles et de déficiences nutritionnelles (23%) et les autres maladies chroniques (15%) (35).

Ainsi, plus des deux-tiers (69%) des maladies sont des maladies chroniques non transmissibles, maladies pour lesquelles l'alimentation et l'activité physique constituent la meilleure méthode de prévention.

Pour les cancers, cinquante mille nouveaux cas sont enregistrés chaque année(36). Cependant, cette figure ne peut être considérée comme exacte vu que le recueil des données relatives au registre officiel du cancer est encore à ses débuts au Maroc.

## **Plaidoyer pour l'amélioration de la situation nutritionnelle**

### **Nécessité d'une stratégie alimentaire et nutritionnelle**

#### Nécessité pour le développement

Le rôle de la nutrition dans le développement national a été reconnu depuis longtemps. Plus récemment, l'importance de ce rôle a été soulignée lors de l'établissement en 2000 des objectifs du millénaire (ODM) jusqu'en 2015 par le Programme des Nations Unies pour le Développement puisque la nutrition contribue aux huit objectifs(37).

Dans l'évaluation de la réalisation des ODMs, une étude de la Banque Mondiale publiée en 2006 a classé les pays par degré de progrès en direction de la cible relative à la pauvreté non monétaire. Le critère de classement était basé sur les données tendanciennes 1990-2002 provenant de la Base de données mondiales de l'OMS sur la croissance et la malnutrition chez les enfants (en date d'avril 2005). Dans ce classement, le Maroc a été classé parmi les pays qui ont réalisé «une certaine amélioration mais pas sur la bonne voie»(38). Il est important de noter que nos voisins l'Algérie et la Tunisie sont classés parmi le groupe de pays «sur la bonne voie». C'est dire l'ampleur du travail qui reste à faire en matière de lutte contre la malnutrition des enfants.

Par ailleurs, un grand cumul d'évidences scientifiques indique que les maladies non transmissibles (maladies cardiovasculaires, ostéoporose, diabète et cancers) sont causées par une forte consommation d'aliments très caloriques, mais pauvres en nutriments et riches en graisses, en sucres et en sel, une diminution de l'exercice physique et la consommation de tabac(39).

#### Ampleurs des problèmes

Les données analysées ci-dessus et qui sont issues d'enquêtes plus ou moins récentes illustrent une transition vers un modèle de consommation alimentaire caractérisé par l'augmentation de l'apport calorique total et l'augmentation des parts des sucres et des matières grasses dans cet apport. A l'échelle internationale, l'examen des bilans alimentaires de plus de 100 pays entre 1962 et 2000 montre une augmentation journalière par habitant de l'apport calorique fourni par le sucre ajouté (sodas, glaces, biscuits, etc.) à 74 kilocalories puisque le disponible en sucre à l'échelle mondiale (exprimé en kcal/habitant/jour) est passé de 232 à 306 kcal/habitant/jour(40). Cette même étude a montré que l'urbanisation et l'accroissement des revenus expliqueraient à eux seuls 82% de cette augmentation. Etant donné l'importance de ces deux facteurs au Maroc, on ne peut qu'anticiper une augmentation similaire.

La considération de la situation des pays industrialisés qui nous ont précédés aux maladies de pléthore laisse penser que le plus probable est que, si rien n'est fait, nous leur emboîtons le pas, c'est-à-dire que les prévalences de ces maladies iront en augmentant surtout que les mêmes facteurs qui ont déterminé cette évolution chez eux sont observés chez nous comme discuté plus haut. Il a même été observé que l'évolution est bien plus rapide aujourd'hui dans les pays en développement qu'elle ne l'a été au début du siècle dernier dans les pays industrialisés(41). La situation au Maroc est compliquée davantage par la persistance des maladies de carence qui ont été pratiquement éradiquées chez eux.

### Coûts économiques

Enfin, peut-être que l'argument le plus fort en faveur du plaidoyer pour la stratégie alimentaire et nutritionnelle est un argument économique qui découle du coût public des maladies de pléthore corollaires à l'obésité. Si aucune évaluation chiffrée n'a encore été faite pour le Maroc, les estimations faites pour d'autres pays peuvent servir d'indication. A l'échelle mondiale, les coûts humains et financiers de l'obésité sont en augmentation. L'indice de masse corporelle élevé est responsable de 16% du fardeau global des maladies, exprimé en pourcentage du nombre d'années de vie corrigées de l'incapacité (DALY)(42). Dans l'ensemble des pays développés, 2 à 7% des dépenses de santé sont attribuées à l'obésité. Aux Etats-Unis, les coûts combinés directs et indirects de l'obésité ont été évalués à 121 milliards de \$US en 2001. En France, les seuls chiffres disponibles remontent à une évaluation réalisée sur des données de 1991-92 et qui a estimé le coût direct attribué à l'obésité (IMC supérieur à 30kg/m<sup>2</sup>) entre 4,2 et 8,7 milliards de Francs Français soit entre 0,7 et 1,5% des dépenses totales de santé(43). En Australie, une étude détaillée publiée en 2006 estime le coût financier de l'obésité à 3,767 milliards de \$AU(44). Ce coût inclut le coût de productivité (1,7 milliards \$AU), le coût relatif aux dépenses de santé (873 millions \$AU), le coût relatif aux donneurs des soins (804 millions \$AU), le coût relatif aux taxes perdues (358 millions \$AU), et autres coût indirects (40 millions \$AU). En plus, le coût net relatif à la perte du bien-être a été estimé à 17,2 milliards \$AU. Ainsi, le coût total de l'obésité en Australie en 2006 a été évalué à 21 milliards \$AU.

Plus récemment, une étude rigoureuse et très sérieuse a été réalisée pour la Chine considérée un des pays en développement les plus en avance en transition nutritionnelle et épidémiologique(45). Les importants résultats de cette étude puisent leur légitimité dans l'approche exhaustive qui a examiné les effets complets de chaque composant (modèles inadéquats de régime alimentaire et d'activité physique et obésité) sur la morbidité, la mortalité et la productivité parmi la population chinoise et ce en 2000 et 2025. Cette étude a considéré les coûts directs et indirects des facteurs liés à la nutrition en relation avec les maladies non transmissibles. Les coûts directs concernent les coûts des soins médicaux de ces maladies. Les coûts indirects concernent les effets du surpoids et de l'obésité sur la mortalité, l'incapacité et les indispositions et maladies se produisant pendant la vie active de chaque adulte. L'étude a montré que les coûts indirects sont souvent plus importants que les coûts directs des soins médicaux. Ainsi, alors que les coûts directs sont de l'ordre de 0,48% et 0,50% du produit intérieur brut de la Chine en 2005 et 2025 respectivement, les coûts indirects, eux, atteignent 3,58% et 8,73% respectivement.

Il est clair que si l'on applique ces mêmes ordres de grandeur au cas marocain, le manque à gagner en appliquant une stratégie visant l'amélioration de la situation alimentaire et nutritionnelle du pays devient évident et ne peut qu'inciter l'ensemble des acteurs (gouvernement, secteur privé et société civile) à redoubler d'efforts pour la mise en œuvre de cette stratégie ; il en va de la santé économique de la nation.

### Eléments d'une stratégie d'amélioration de la situation alimentaire et nutritionnelle

La caractérisation de la situation alimentaire et nutritionnelle du Maroc comme une situation de « double fardeau » incluant les deux types de problèmes devrait interpeller les responsables de tous les secteurs et les amener à revoir leurs stratégies en engageant des politiques alimentaire, nutritionnelle et de santé équilibrées qui seraient à même d'attaquer

l'ensemble de ces problèmes et surtout d'en prévenir l'aggravation. En particulier, le secteur de l'agriculture devrait revoir ses orientations en matière de produits agricoles à promouvoir pour le marché intérieur. En effet, dans la lutte contre l'obésité et les maladies cardiovasculaires, les populations urbaine et rurale seront amenées à changer les pratiques alimentaires néfastes pour s'orienter vers une ration plus équilibrée qui s'inspire du régime alimentaire méditerranéen dont les vertus pour la santé ne sont plus à démontrer. En effet, en plus de son rôle dans la prévention des maladies cardiovasculaires et de certains types de cancer, le style de vie méditerranéen (alimentation et activité physique) permet également de pallier aux carences en micronutriments vue sa richesse en légumes et fruits.

Ainsi, la demande de produits alimentaires comme les fruits et légumes, l'huile d'olive et les poissons considérés comme les piliers du régime méditerranéen se verra augmentée (Graphique 31).

Graphique 31 Pyramide du style de vie Méditerranéen



Source: adapté de : Supreme Scientific Health Council 1999 <sup>(46)</sup>

Afin de répondre à cette demande, l'agriculture marocaine devrait assurer une plus grande production de ces denrées. Comme ces produits constituent la plus grande partie de l'exportation, l'agriculture devrait garantir que les deux marchés intérieur et extérieur soient approvisionnés. Les céréales restent évidemment le produit de base de l'alimentation et continueront à occuper les plus grandes surfaces des terres agricoles.

Dans la même optique, et afin de contrecarrer la concurrence des d'aliments nutritifs par ceux qui le sont moins et qui sont souvent importés (dans le cadre du libre échange), il serait judicieux de taxer les aliments importés. Une politique de taxation favorable à la bonne nutrition est donc à envisager.

Par ailleurs, l'adoption par l'ensemble de la population d'un style de vie actif suppose un aménagement urbain favorable et des structures de sport et d'éducation en la matière

adaptées. L'importance de la nutrition et de l'activité physique dans la prévention et le traitement des maladies cardio-vasculaires et de nombreux cancers n'est plus à démontrer. En effet, le second rapport du Fonds Mondial de la Recherche sur le Cancer (novembre 2007) a sorti ses recommandations au grand public comme suit(47) :

1. Soyez aussi mince que possible tout en évitant l'insuffisance pondérale.
2. Pratiquez une activité physique au moins trente minutes par jour.
3. Évitez les boissons sucrées. Limitez la consommation d'aliments à forte densité calorique (en particulier les produits à teneur élevée en sucres ajoutés, ou faibles en fibre, ou riches en matières grasses).
4. Augmentez et variez la consommation de légumes, fruits, céréales complètes et légumes secs.
5. Limitez la consommation de viande rouge (comme le bœuf, le porc ou l'agneau) et évitez la charcuterie.
6. En cas de consommation d'alcool, se limiter à une boisson par jour pour les femmes et à deux pour les hommes.
7. Limitez la consommation d'aliments salés et de produits contenant du sel ajouté (sodium).
8. Ne prenez pas de compléments alimentaires pour vous protéger du cancer.
9. De préférence, les mères devraient exclusivement allaiter pendant les six premiers mois puis introduire d'autres liquides et aliments.
10. Après le traitement, les personnes diagnostiquées d'un cancer devraient suivre l'ensemble des recommandations pour la prévention du cancer

On note donc que les deux premières recommandations de cet important et respectable organisme sont liées à l'activité physique, c'est dire la pertinence et la nécessité d'inclure des éléments dans la stratégie qui sont à même d'amener le grand public à rester actif. Dans sa résolution (WHA55.23, 2002)(39), l'Organisation mondiale de la Santé a établi une Stratégie Mondiale pour l'alimentation, l'exercice physique et la santé basée sur le postulat suivant : « Une alimentation saine et l'exercice physique, conjugués à la lutte antitabac, sont une bonne stratégie pour contenir la menace croissante que représentent les maladies non transmissibles ».

Dans la même résolution, l'OMS recommande que chaque pays dispose d'un plan d'action national destiné à améliorer l'alimentation et à développer l'exercice physique : « Les ministères de la santé ont une responsabilité essentielle dans la coordination des contributions d'autres ministères et services gouvernementaux. Il s'agit en particulier des ministères et organismes publics chargés des politiques dans les domaines suivants: alimentation, agriculture, jeunesse, loisirs, sports, éducation, commerce et industrie, finances, transports, médias et communication, affaires sociales, aménagement du territoire et urbanisme ». (39)

### **Composantes de la stratégie**

L'expérience mondiale en planification nutritionnelle montre que les interventions nutritionnelles explicites seules n'ont pas réussi à éradiquer les désordres nutritionnels(48). La raison principale de cet échec réside dans le fait que ces interventions sont de nature directe qui peut « guérir » le problème mais sans en prévenir le retour. Or comme discuté

plus haut, les problèmes nutritionnels ont des causes multifactorielles et dans l'absence d'action sur l'ensemble de ces facteurs, les désordres nutritionnels et les maladies qui s'ensuivent ne peuvent être éradiqués. La nouvelle approche est une stratégie globale, multisectorielle qui met l'accent aussi bien sur les programmes nutritionnels explicites (supplémentation des populations carencées en micronutriments, fortification d'aliments en nutriments, éducation nutritionnelle et éducation sanitaire) que sur les mesures non nutritionnelles ou indirectes. Les programmes nutritionnels explicites sont importants mais demeurent insuffisants à eux seuls. En particulier, la supplémentation est une action à court terme et coûteuse. Elle n'est indiquée que pour des tranches particulières de la population (femmes enceintes et enfants en bas âge). La fortification des aliments en micronutriments est une action à moyen terme qui n'est pertinente que contre certaines carences comme celles en iode ou en fer que l'alimentation peut difficilement corriger.

Ainsi, la stratégie à adopter devrait toucher l'ensemble des secteurs qui affectent directement ou indirectement la nutrition. Dans chacun d'eux, l'action proposée devrait conduire vers un meilleur comportement du consommateur aussi bien en matière de consommation alimentaire qu'en matière de style de vie. Les secteurs considérés sont les suivants : la production agricole et alimentaire, les circuits de distribution alimentaire, les finances, l'éducation, la communication, la législation, l'aménagement urbain et les sports. Ci-dessous, les recommandations relatives à chaque secteur.

#### Production : Promouvoir la production des aliments sains

- Encourager la production des légumes et fruits,
- Résoudre les problèmes techniques liés à la production des légumineuses,
- Résoudre les problèmes techniques liés à la production agricole des olives et ceux relatifs à leur transformation en huile d'olive,
- Promouvoir la production et la protection des produits de terroir,
- Assister les petits pêcheurs.

#### Distribution : Augmenter la disponibilité des aliments sains sur tous les marchés

- Créer une alliance nationale pour réaliser la campagne de promotion de consommation des fruits et légumes ("5 par jour")<sup>3</sup> impliquant les producteurs, transporteurs, publicitaires et société civile,
- Encourager l'introduction de recettes marocaines populaires à base de légumineuses dans la majorité des menus des restaurants (fèves, lentilles, haricots blancs, etc.),
- Arrêter de subventionner les huiles autres que l'huile d'olive pour éliminer la différence artificielle des prix,
- Améliorer la disponibilité et l'accès au poisson dans tous les marchés, spécialement les marchés urbains de quartier et les souks ruraux.

#### Finances : Instaurer une politique de taxation favorable à la santé

- Baisser ou éliminer les taxes sur les aliments sains et taxer ceux qui le sont moins,
- Encourager la commercialisation équitable des produits de terroir pro- santé (huiles

<sup>3</sup> Le programme «5 par jour» (lire cinq légumes et fruits par jour) est recommandé par les organisations des Nations Unies. Il a donné lieu à des campagnes adaptées dans chaque pays du monde. Au Maroc, cette campagne reste à concevoir.

- d'olive, huile d'argan, légumes et fruits à spécificités régionales),
- Promouvoir des cafeterias « bon marché » offrant la version marocaine de la diète méditerranéenne en baissant leurs taxes et en augmentant ceux des restaurants genre “fast food”, surtout ceux offrant les repas induisant l'obésité,
  - Promouvoir les petits restaurants offrant du poisson « bon marché » (sur place et à emporter), particulièrement ceux où les fonctionnaires prennent leur déjeuner.

Education : Intégrer les messages de nutrition dans tous les curriculums du système d'éducation

- Rénover la forme et le contenu de tous les cours de nutrition dans le système d'éducation : du primaire à l'universitaire,
- Incorporer les messages de nutrition dans diverses disciplines de l'enseignement (sciences naturelles, éducation physique, affiches murales scolaires, activités parallèles comme le théâtre, les chansons, etc.),
- Introduire des messages implicites de nutrition dans les programmes des écoles maternelles (chansons, pièces théâtrales, etc.). Quand l'école dispose d'une cantine, elle doit offrir des aliments sains,
- Intégrer les recettes des plats traditionnels marocains dans les curriculums des écoles d'art culinaire.

Communication : Promouvoir le manger sain et interdire la publicité anti-nutrition

- Revitaliser la cuisine marocaine basée sur une large utilisation des céréales, légumes, légumineuses et huile d'olive à travers les médias : émissions culinaires à la radio et télévision, cinéma, théâtre et autres activités artistiques,
- Promouvoir l'image du poisson dans les médias, spécialement parmi la population rurale pour corriger son attitude négative,
- Interdire la publicité à la télévision des aliments anti-santé, notamment durant les moments à forte audience d'enfants.

Législation : Contrôler les messages créant la confusion chez la population, spécialement les enfants

- Surveiller étroitement les menus offerts dans les cantines scolaires,
- Instaurer des lois qui interdisent la vente d'aliments non-sains dans et aux portes des écoles,
- Instaurer des lois qui interdisent la publicité des aliments non-sains dans et aux alentours des écoles.

Aménagement du territoire : Promouvoir un aménagement pro-activité physique

- Introduire des cours de nutrition et de santé dans le système éducatif de toutes les écoles concernées par l'aménagement du territoire (architecture, génie civil, génie rural, topographie, aménagement urbain, etc.),
- Plaidoyer pour un aménagement pro-activité physique parmi l'ensemble des responsables : agences urbaines des grandes villes, conseils des communes urbaines, conseils des communes rurales, Ministère de l'Intérieur, parlement, promoteurs immobiliers, etc.,

- Inclure les aspects suivants dans le plaidoyer : plus de parcs dans les villes, circuits appropriés pour vélos, larges trottoirs, rues piétonnes, terrains de sports dans les quartiers et complexes d'habitation dans les villes et dans les campagnes, circuits balisés de randonnées pédestres,
- Taxer la circulation des voitures dans les centres des villes,
- Améliorer la sécurité des piétons : sécurité routière et sécurité contre les agressions criminelles, particulièrement celles contre les femmes.

#### Sports : Encourager les sports dans le système éducatif et pour le public

- Multiplier l'organisation de tournois sportifs : élèves, étudiants, employés des usines, fonctionnaires, écoles et universités, associations de quartiers, autres associations de société civile avec une attention spéciale pour celles travaillant avec les femmes, villages ruraux, etc.
- Promouvoir les activités sportives pour les personnes âgées : leur réserver des horaires appropriés dans les clubs et les terrains de sport, désigner des moniteurs spécialisés pour ces personnes,
- Baisser les taxes des clubs de sport pour encourager les inscriptions en général et appliquer des tarifs préférentiels pour les femmes au foyer afin de les inciter à participer,
- Multiplier les circuits de randonnées en montagnes et dans les plaines,
- Promouvoir les sports dans les médias, avec une attention spéciale envers la cible féminine.

## CONCLUSIONS

Les diverses données rapportées et analysées dans le présent papier concernant la situation alimentaire et nutritionnelle au Maroc démontrent que la problématique de la nutrition et de la santé au Maroc n'est plus uniquement celle résultant de la pauvreté et de la sous-alimentation mais bel et bien celle relevant du double fardeau : d'une part la sous-alimentation et ses corollaires (retard de croissance et insuffisance pondérale chez les enfants et maigreur chez les adultes) et d'autre part, la suralimentation et ses conséquences (obésité chez les adultes, surpoids en progression chez les enfants). A cet égard, la gravité de ces maladies ne se limite pas à leurs prévalences actuelles élevées mais réside surtout dans leur propagation rapide à l'ensemble des groupes de population (enfants et adultes, hommes et femmes, milieu urbain et milieu rural, pauvres et riches). Sur ces problèmes, se greffent des carences en micronutriments résultant, entre autres, du déséquilibre de la ration alimentaire et ayant des effets néfastes sur l'état de santé de la population.

L'approche proposée pour faire face à ces problèmes est basée sur la responsabilisation de plusieurs secteurs dont l'application des mesures proposées devrait favoriser l'adoption par l'ensemble de la population marocaine d'un style de vie sain associant l'alimentation équilibrée et l'activité physique. Cette responsabilisation concerne aussi bien le secteur privé que le secteur public, la société civile et l'ensemble de la population.

Ces mesures sont pertinentes car elles agissent directement sur les causes révélées par le diagnostic tout en étant complémentaires aux programmes de nutrition et de santé conduits par le Ministère de la Santé comme le programme de lutte contre les carences

en micronutriments, le programme de la santé de la mère et de l'enfant ainsi que les programmes de lutte contre les maladies non transmissibles.

Il est important de souligner que ces mesures ne sauraient se substituer à la stratégie alimentaire globale qui devrait tenir compte aussi bien des impératifs économiques et territoriaux que culturels et environnementaux du Maroc. Cependant, aucune des mesures présentées n'est en contradiction avec ces impératifs ; tout au contraire, elles versent dans le même sens. Ainsi, par exemple, le plaidoyer pour le retour à l'alimentation marocaine traditionnelle, surtout ses aspects conformes à l'alimentation dite méditerranéenne reconnue pour ses vertus de santé, va dans le même sens de l'ensemble de ces impératifs. En effet, les modes de production et de consommation alimentaires méditerranéens sont économiques puisqu'ils engendrent un meilleur état de santé des populations et évitent ainsi les coûts supplémentaires de santé. De plus, ils sont respectueux de l'environnement, affermissent les spécificités territoriales et culturelles de chaque pays, voire de chaque territoire. Entre autres, la promotion d'une alimentation saine devrait augmenter la demande d'aliments produits de manière biologique par les petits producteurs ruraux qui verront leurs conditions économiques s'améliorer. De même, le développement du tourisme rural écologique se traduirait par une revalorisation de l'alimentation traditionnelle saine parmi les consommateurs en même temps que cela engendrerait un essor économique des zones rurales défavorisées.

## Références

1. Benjelloun Sabah 2006. Las disparidades entre el medio urbano y el medio rural en Marruecos: una realidad a tener en cuenta. In : IEMED. La agricultura y la asociacion Euromediterranea : retos y oportunidades. Monografias Mediterraneas 4. Institut Europeu de la Mediterrania, Barcelone, Espagne.
2. Service Central des Statistiques 1961. La consommation et les dépenses des ménages Marocains Musulmans (résultats de l'enquête 1959-60. Ministère de l'Economie Nationale, Rabat.
3. Direction de la Statistique 1973. Consommation et dépenses des ménages 1970/71 : Volume IV, Alimentation et Nutrition. Secrétariat d'Etat au Plan et au développement Régional, Rabat.
4. Direction de la Statistique, 1992. Consommation et dépenses des ménages 1984/85. Volumes 1, 5, 6, 7 et 10. Ministère chargé de la Population, Rabat.
5. Direction de la statistique 1993. Enquête nationale sur les niveaux de vie des ménages 1990/91. Niveaux de vie des ménages 1990/91. Vol 2 : Répartition des niveaux de vie. Ministère Chargé de l'Incitation de l'Economie, Rabat.
6. Direction de la statistique 2000. Enquête nationale sur les niveaux de vie des ménages 1998/99. Premiers résultats. Ministère chargé de la Population, Rabat.
7. Haut Commissariat au Plan 2007. Enquête nationale sur la consommation et les dépenses des ménages 2000/01 : rapport de synthèse. Téléchargé du site [www.hcp.ma](http://www.hcp.ma)
8. Haut Commissariat au Plan 2009. Enquête nationale sur le niveau de vie des ménages. Présentation de quelques résultats concernant la dépense des ménages. Fichier reçu par email le 03/02/2009 de la Direction de la Statistique.
9. USDA 2007. Agricultural Research Services. Nutrient Data Laboratory. Consultation de la table de composition nutritive sur : <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/> , accédé le 10 octobre 2007.

10. FAO 2006. Données sur les bilans alimentaires extraites de la base de données statistiques de la FAO. Disponibles sur <http://faostat.fao.org/>. Accédé entre octobre et décembre 2006.
11. Kortbi, A. 1988. Impact de l'installation des centres de collecte de lait sur l'autoconsommation du lait et produits laitiers dans le Gharb. Mémoire de 2ème cycle : Technologie Alimentaire. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat.
12. Benjelloun Sabah et Mustapha Berrada, 1989. Production et consommation de lait et produits laitiers en milieu rural marocain. Section de Technologie Alimentaire. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat.
13. Benjelloun Sabah, Beatrice L. Rogers and Mustapha Berrada 1998. Income and consumption effects of milk commercialisation in the Lukkos area of Morocco. Ecology of Food and Nutrition. Vol 37, pp 269-296.
14. Bahsine Bouchra et Tilila Ouaziz 2001. Comportement du consommateur envers les produits laitiers et les biscuits dans les régions de Casablanca, Rabat-Salé et Kénitra. Mémoire de troisième cycle : Industries agricoles et alimentaires. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat.
15. Benjelloun Sabah, 2005. Consommation de lait et produits laitiers au Maroc : niveaux et disparités. Elevage Bovin. Revue de l'Association Nationale de l'Elevage Bovin, Rabat. N°5 Novembre 2005.
16. Benjelloun Sabah 1994. Consommation et comportement alimentaires dans trois régions rurales marocaines. A propos d'une enquête auprès de 300 ménages. Etude de diagnostic du projet « Introduction de la nutrition et du contrôle alimentaire dans la vulgarisation agricole ». Project TCP/MOR/2353. MAMVA, Rabat.
17. Swinburn et al. 2004. Diet, nutrition and the prevention of excess gain and obesity. Public Health Nutrition 7(1A), 123-146.
18. FAO 2007. "FAO statistical databases. Archives ». Données sur les bilans alimentaires reçu du « Nutrient requirements and assessment group » de la FAO le 26 novembre 2007.
19. Ministère de l'Industrie, du Commerce, de l'Energie et des Mines, 2006. Données fournies sous forme électronique en novembre 2006 par le Département du Commerce et de l'Industrie.
20. Ministère de l'Industrie, du Commerce, de l'Energie et des Mines, 2002. Etude sur les grands magasins. Département du Commerce et de l'Industrie, Rabat.
21. Ministère de l'Industrie, du Commerce, de l'Energie et des Mines, 2002. Données fournies sous forme électronique en février 2009 par le Département du Commerce et de l'Industrie.
22. Registre de Commerce, 2006. Données fournies sous forme électronique par le Registre de Commerce de Casablanca en novembre 2006.
23. Popkin Barry, 1994. The nutrition transition in low income countries : an emerging crisis. Nutrition Reviews 1994; 52(9): 285-98.
24. Popkin, Barry 2002. An overview of the nutrition transition and its implications : the Bellagio meeting. Public Health Nutrition 5(1A), 93-103.
25. Ministère de la Santé 2004. Enquête sur la population et la santé familiale EPSF 2003-04. Ministère de la Santé, Rabat.
26. Direction de la statistique 1992 Etat nutritionnel de la population Marocaine. Ministère chargé de la Population, Rabat.
27. Benjelloun Sabah, 2002. Nutrition transition in Morocco. Public Health Nutrition 5(1A): 135-140.
28. Mokhtar N et al. 2001. Diet, culture and obesity in Northern Africa. J. Nutr 2001 131: 887S-892S.

29. Rguibi M et Belahsen Rekia 2004. Obesity and overweight among urban sahraoui women of south Morocco. *Ethnicity and Disease* 2004 14: 542-547.
30. Ministère de la Santé. 1995. Enquête nationale sur la carence en fer et en iode, INAS, Rabat.
31. Ministère de la Santé 1999. Enquête régionale sur la carence en vitamine A, Direction de la population, Rabat.
32. Ministère de la Santé 2003. Programme National de lutte contre les Troubles dus aux Carences en Micronutriments. XXIème Conférence IVACG, journée nationale. 2-7 février 2003, Marrakech.
33. Tazi MA, Abir-Khalil S, Chaouki N, Cherqaoui S, Lahmouz F, Srairi JE, Mahjou J. 2003. Prevalence of the main cardiovascular risk factors in Morocco : results of a national survey, 2000. *Journal of Hypertension* 2003; 21: 897-903.
34. Service des maladies cardio-vasculaires et néoplasiques 2009. Données communiquées par la cellule de diabète, Ministère de la Santé, Rabat.
35. Organisation Mondiale de la Santé 2007. The impact of chronic disease in Morocco. Rapport disponible sur [http://www.who.int/chp/chronic\\_disease\\_report/media/impact/morocco.pdf](http://www.who.int/chp/chronic_disease_report/media/impact/morocco.pdf). Accédé le 9 avril 2007.
36. Service des maladies cardio-vasculaires et néoplasiques 2007. Réalisations de l'année 2005- 2006. Direction de l'Epidémiologie, Ministère de la Santé, Rabat.
37. Scrimshaw N.S. The SCN and the Millenium Development Goals. Keynote address. Standing Committee on Nutrition News, N28, July 2004.
38. Sarbib J.L. 2006. Nutrition : a renewed opportunity in development. Standing Committee on Nutrition News, N32 mid 2006.
39. Organisation Mondiale de la Santé 2004. Stratégie mondiale pour l'alimentation, l'exercice physique et la santé. Genève.
40. Popkin B.M. and Samara Joy Nielsen 2003. The sweetening of the world's diet. *Obesity Research* Vol 11 Num 11 Nov 2003.
41. Popkin B. 1994. The nutrition transition in low-income countries : an emerging crisis. *Nutrition Reviews* 1994; 52(9): 285-98.
42. Hossain P. et al. 2007. Obesity and diabetes in the developing world: a growing challenge. *N ENGL J MED* 356; 3. Accédé sur [www.nejm.org](http://www.nejm.org) le 14 juin 2007.
43. Detournay B. et al. 2000. Obesity morbidity and health care in France: an analysis of the 1991-92 medical care household survey. *International Journal of Obesity* Vol 24, N2: 151-155.
44. Diabetes Australia 2006. The economic costs of obesity. Report by Access Economics Pty Limited. October 2006.
45. Popkin B.M., S. Kim, E.R. Rusev, S. Du et C. Zizza 2006. Measuring the full economic costs of diet, physical activity and obesity related chronic diseases. *Obesity Reviews* (2006) 7: 271-293.
46. Supreme Scientific Health Council 1999. Dietary guidelines for adults in Greece. Ministry Of Health and Welfare, Athens, Greece.
47. World Cancer Research Fund/ American Institute for Cancer Research 2007. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective. Washington DC.
48. Geoffrey Cannon and Claus Leitzmann 2005. The new nutrition science project. *Public Health Nutrition*, 8, pp 673-694.

## DISCUSSION

### **Pr. Rajae El Aouad (CSTV)**

Moi, je voudrais juste remercier les orateurs d'avoir partagé avec nous ces expériences et de nous avoir fait passer, nous gens de la santé, des aspects économiques qui sont certes intéressants, et de nous avoir projetés dans l'impact de la crise alimentaire actuelle sur la santé des populations. Je voudrais partager avec vous l'exemple d'un pays nordique, comme la Finlande, qui après avoir fait le diagnostic comme ça vient d'être souligné de quelques imperfections et surtout de dysfonctionnements et de disnutrition par l'exagération de la consommation en sel, en produits gras, presque de l'absence de l'exercice physique et de l'obésité conséquente, ils ont fait ce diagnostic dans les années 70 et l'action s'est limitée initialement à une région du nord, avec je pourrais dire la déclinaison de tous les volets qui viennent d'être cités, carrément le plan d'action qui vient d'être cité et qui est plurisectoriel. Et ça, je pense que nous l'avons retenu, dès qu'on s'attaque à cet aspect là, le Département de la Santé ne peut pas régler le problème. Chemin faisant, le plan a été adopté par d'autres régions jusqu'à arriver, au bout de 30 ans de pratique d'un plan d'action similaire, à une réduction de 75% des maladies cardio-vasculaires. C'est une question de génération et de temps, et si on fait aujourd'hui le constat pour le Maroc de ces dysfonctionnements, il est urgent qu'on engage notre lutte et notre démarche pour réduire tous les impacts de ces disnutritions. Non seulement je m'interpelle en tant que professionnel de la santé, mais j'interpelle l'Académie pour porter avec nous ce message. Une des preuves est que l'Académie ait soutenu et soutient aujourd'hui un projet de recherche qui va venir conforter le Ministère de la Santé dans la connaissance des situations épidémiologiques des risques cardio-vasculaires. Des pays nous ont devancé dans la prise en main de cette problématique, elle n'est pas inaccessible, mais elle demande du temps demande une intervention plurisectorielle, et nous sommes interpellés aujourd'hui à ce titre là. Merci.

### **Pr. Mohamed Besri (CSTV)**

Je crois que nous avons entendu un excellent exposé de Madame Sabah Benjelloun, très complet, décrivant la consommation de nombreuses denrées alimentaires en milieu urbain et en milieu rural, comparant ces consommations et également nous donnant une liste de recommandations que j'ai trouvée extrêmement longue. J'aurais souhaité que, parmi cette liste de recommandations que j'ai trouvées parfois extrêmement théoriques, vous puissiez dégager des priorités qui peuvent être présentées à nos décideurs pour leur dire voilà la problématique de la malnutrition et voilà les actions prioritaires. Vous avez insisté à plusieurs reprises sur l'agriculture biologique, le Maroc produit de plus en plus des produits biologiques certifiés qui sont exportés. Il s'agit plutôt de niches. Il faut seulement insister sur la production de produits sains tout simplement par l'agriculture conventionnelle raisonnée avec des pesticides et des engrais.

### **Pr. Sabah Benjelloun (Consultante en nutrition)**

Merci beaucoup Pr. Besri. Ce que vous appelez des recommandations ce sont des mesures multisectorielles et en les regardant de plus près, elles sont plutôt faisables. Je vais revenir à l'agriculture biologique qui est un cas plus complexe. Quand je dis par exemple qu'on peut encourager des zones pour piétons, c'est tout simplement une conception de l'espace sans coûts supplémentaires. Je suis d'accord avec sur la question des priorités.

Concernant l'agriculture biologique, la terminologie pose problème, au niveau des instances internationales qui s'intéressent à l'alimentaire, par ses pré-requis. Les aspects de niches et de labellisation risquent d'aggraver les problèmes alimentaires par la tendance exagérée à la vente et à l'exportation de produits alimentaires.

**Pr. Albert Sasson (CSTV)**

Moi-même je l'ai colporté pendant un certain moment; maintenant en tant que scientifique, je ne le fais plus, c'est que tout ce qui est traditionnel est bon. Ça transparait dans le second exposé : mangez les tagines, mangez la tradition, et vous serez très bien. Ce n'est pas vrai parce que déjà adolescent moi-même dans une famille bourgeoise, donc ayant les moyens de manger les poissons tous les deux jours, déjà nous mangions gras, déjà nous mangions salé et déjà nous mangions mal. C'est quand je suis devenu adulte et que je suis devenu un scientifique que je me suis détaché de ces habitudes alimentaires. Je les ai abolies, et je l'ai enseigné à mes enfants et à mes petits enfants. C'est vrai que la tradition nous enseigne parfois de très bonnes choses. Et enfin le fast food, je n'en suis pas un défenseur, mais les gens de Mac Donald sont très intelligents et qui évoluent vite. Allez maintenant dans un Mc Donald français, c'est le chiffre d'affaires le plus élevé en période de crise aujourd'hui. Deuxièmement, ils ont changé, vous avez des menus en matière de légumes et de fruits où on vous fait les cinq «servings per day», donc ce sont des gens qui suivent l'état des lieux et qui savent s'adapter. Mais, il ne faut pas non plus faire croire que les produits de grande consommation d'origine industrielle sont par définition mauvais parce qu'il faut savoir que la majorité de la population est pauvre. L'aliment qu'on doit donner à cette population doit être évidemment sain, il ne doit pas être toxique, si possible savoureux, mais ce n'est pas une obligation. On ne doit pas donc laisser croire, parce que c'est industriel, c'est mauvais.

Actuellement, la recherche en matière d'amélioration nutritionnelle c'est par exemple de nous sélectionner une patate douce orange, c'est nous donner un riz doré qui dans quelques années sera commercialisé, etc. A ce moment là, on essaiera de la qualité, produire plus et mieux. C'est de ça qu'on parlera demain. Avec toute la force que met l'Union Européenne, l'agriculture biologique représentera en 2030 en France pas moins de la surface cultivée. Là aussi, il ne faut pas croire qu'avec l'agriculture biologique on va nourrir bien l'humanité, il faut la nourrir avec l'agriculture raisonnée.

**Pr. Nouredine El Aoufi (CESDE)**

J'ai deux observations par rapport à ces deux interventions à la fois riches et pertinentes. On nous a montré que les plus frappés par la crise alimentaire, en général, ce sont les pays en voie de développement, ensuite les habitants du monde rural, les pauvres, les femmes, les jeunes et les enfants. On a expliqué aussi toutes les régressions qu'on peut faire sur le plan économétrique.

Au plan international, c'est la réalité des inégalités qui renvoie au système de répartition. Il y a effectivement une asymétrie en termes de répartition des ressources, de richesses, de captation aussi de richesse.

Sur le plan national, il y a des choses à réfléchir sur le système des inégalités. Dans le cas du Maroc, il y a un certain nombre des mesures ponctuelles très fortes de lutte contre la

pauvreté. Aux yeux des économistes, il faut repenser le système des inégalités qui ne sont plus seulement économiques mais concernent l'accès à l'éducation et à la santé, et les problèmes nutritionnelles viennent se greffer là-dessus.

Par rapport à l'intervention particulière de Madame Sabah Benjelloune, je suis très content que vous ayez rappelé toutes les données du Haut Commissariat au Plan, mais à mon avis il faut aller un peu plus loin que les données générales parce que les moyennes peuvent comporter des biais. Il y a d'autres indicateurs (la médiane, etc.) qu'il faut interroger, comme il y a des notions qui ont beaucoup évolué.

**STRATÉGIE EN  
RECHERCHE AGRONOMIQUE NATIONALE**



## ACQUIS DE L'INRA EN MATIÈRE DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE POUR L'AMÉLIORATION DE LA PRODUCTION AGRICOLE AU MAROC

*Pr. Mohamed BADRAOUI,  
Dr. Rachid DAHAN & Dr. Riad BALAGHI*

**Institut National de la Recherche Agronomique  
(Rabat - Maroc)**



La mise en œuvre de la nouvelle stratégie de développement agricole du Maroc, dénommée «**Plan Maroc Vert**», demande un effort d'accompagnement technologique et scientifique des producteurs pour atteindre les objectifs d'amélioration de la productivité et de la compétitivité des principales cultures. Pour répondre à ce besoin, la recherche agronomique doit mettre à la disposition des pouvoirs publics et des producteurs privés les acquis scientifiques et technologiques à même de répondre aux impératifs du développement agricole durable.

Les orientations et objectifs généraux des programmes de recherche agronomique à l'INRA s'articulent autour de cinq volets : i) l'amélioration de la productivité des cultures et de la qualité des produits agricoles, notamment le développement et la valorisation des produits de terroir, ii) la gestion durable des systèmes de production et des ressources naturelles, notamment l'eau, le sol et la biodiversité, iii) l'étude et le suivi de l'impact des changements climatiques sur la production agricole, iv) les études du milieu socio-économique et institutionnel et de l'impact des politiques agricoles et, enfin v) le renforcement des activités de recherche-développement à travers la valorisation des acquis par l'assistance technique, le renforcement des capacités des producteurs et le transfert de technologies.

Notre contribution a pour objectif de présenter les acquis de l'INRA en matière d'amélioration durable de la production agricole au Maroc. Ces acquis s'articulent autour du programme stratégique d'obtentions variétales, pour lequel l'INRA est le leader national, ainsi que d'autres aspects à caractère horizontal tels que la réalisation des cartes de vocation agricole des terres qui ont déjà couvert 5 millions d'hectares dans les zones d'agriculture pluviale, la mise en place d'un système opérationnel marocain de prévision des récoltes des céréales, l'évaluation des impacts des changements climatiques sur l'agriculture marocaine d'ici à la fin du 21<sup>ème</sup> siècle, la conservation des ressources phyto-génétiques à travers la mise en place d'une banque de gènes disposant de plus de 22 000 accessions, les techniques d'aridoculture et le machinisme agricole.

## 1. Introduction

L'agriculture occupe une place importante dans l'économie nationale et une position centrale dans le développement du monde rural. Actuellement, elle est confrontée à des défis dus à de nombreux changements internes et externes. Parmi ces défis, figurent la mondialisation de l'économie, les mutations socio-économiques que connaît la société marocaine, les dimensions de la qualité de la vie et la protection de l'environnement et des ressources naturelles couplées aux changements climatiques au niveau planétaire et l'encherissement, jamais connu, de l'énergie. Dans ces conditions, la stratégie de développement agricole doit intégrer les impératifs de l'environnement national et international et les contraintes spécifiques à l'agriculture marocaine.

L'acquisition de la connaissance à travers la recherche scientifique et sa traduction en technologies innovantes se situe à l'amont de la création des richesses des nations. **L'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)** est un organisme dont les missions et les attributions sont d'une importance stratégique pour le développement agricole du Maroc (Loi de création 40-80). Dans cette loi de création, l'INRA a, entre autres, des missions stratégiques visant la conduite de recherches scientifiques, techniques, économiques et sociales, l'élaboration de procédés agroalimentaires et la valorisation des produits, la commercialisation des résultats de recherche, les études et travaux, et la diffusion de l'information et conseils pour vulgarisateurs, agriculteurs et professionnels.

Parmi les axes stratégiques de l'INRA figurent la caractérisation et la conservation des ressources naturelles: eau, sol et agro-biodiversité, la création variétale et l'amélioration des races animales, le développement de paquets technologiques pour une meilleure productivité des filières et la qualité des produits, la valorisation des produits agricoles, les études socioéconomiques et d'impact, et la recherche-développement et le transfert de technologies.

De plus, L'INRA a une **organisation déconcentrée** qui lui permet d'assurer une couverture nationale pour une recherche de proximité à travers ses dix Centres Régionaux de la Recherche Agronomique, des Conseil Régionaux Consultatifs d'Orientation de la Recherche, de 23 Domaines Expérimentaux couvrant les différents agro-éco-systèmes du pays, de 10 Services de Recherche-Développement servant d'interface entre les chercheurs et les partenaires, de 26 Unités de Recherche en charge des activités de recherche, le tout géré au niveau central par la Direction et le Secrétariat Général, l'Inspection Générale, trois Divisions et 11 Départements.

Les organes de gouvernance et de concertation de l'INRA consistent en un Conseil d'Administration, un Comité Technique, un Conseil National d'Orientation de la Recherche, en plus des 10 Conseil Régionaux d'Orientation de la Recherche.

Les acquis de recherches prédisposent l'INRA à assurer un rôle d'accompagnement et de production d'informations et de technologies pour **la mise en œuvre du Plan Maroc Vert** dans ses dimensions régionale et nationale ainsi que pour les projets de développement inscrits dans le cadre des deux piliers de ce plan.

Cette contribution a pour objectif de partager les principaux acquis de recherche sur l'amélioration de la production végétale au Maroc.

## **2. Acquis de l'INRA en matière de recherche scientifique dans le domaine de la production agricole**

### **A. Caractérisation et conservation des ressources naturelles**

#### **1. Les cartes de longueur de la période de croissance**

La Longueur de la Période de Croissance (LPC) est définie comme étant la période de l'année durant laquelle les conditions climatiques sont favorables à la croissance et au développement des cultures. Elle se calcule en additionnant les jours durant lesquels l'humidité disponible (somme des précipitations et de la réserve en eau du sol) est supérieure à la moitié de l'évapotranspiration potentielle<sup>1</sup> et durant lesquels la température est supérieure au zéro de croissance<sup>2</sup>. La réserve utile des sols a été estimée à partir de la carte mondiale des sols réalisée par la FAO-Unesco à l'échelle 1:5000000.

Les cartes de LPC délimitent des zones homogènes dans lesquelles les conditions climatiques de pluviométrie et de température sont favorables à un certain nombre de cultures. Des cartes de LPC ont été réalisées pour différents niveaux de probabilité d'occurrence de la LPC afin de tenir compte de la forte variabilité interannuelle de la pluviométrie qui caractérise notre pays. Le zonage peut alors être utilisé comme base méthodologique pour l'évaluation et l'utilisation des ressources en terres. Dans la figure 1 est présentée la carte de la LPC en année moyenne, c'est-à-dire pour une probabilité d'occurrence de la LPC d'une année sur deux, calculée sur la série d'observations de 1971 à 2000. A l'échelles du pays, on remarque que les zones favorables sont concentrées essentiellement dans les parties nord et côtière du pays, selon le gradient d'humidité et de température. On démontre que la LPC est fortement corrélée aux rendements céréaliers au Maroc. Les zones où la LPC est importante sont aussi les zones où l'on peut s'attendre à des rendements céréaliers élevés. On considère, par exemple, que les zones dans lesquelles la LPC moyenne est inférieure à 60 jours sont inaptes à l'agriculture. La LPC sert ainsi de base à la réalisation des cartes de vocation agricole des terres (CVAT).

#### **2. Les Cartes de Vocation Agricole des Terres**

Les Cartes de Vocation Agricole des Terres (CVAT) sont des outils d'aide à la décision pour la gestion optimale des ressources naturelles (eau et sol) du pays. En particulier, les CVAT peuvent servir de base pour l'identification des bassins de production, la réalisation des cartes de fertilité des sols et pour l'orientation des politiques publiques d'appui/subventions. La vocation agricole des terres pluviales a été déterminée sur la base de critères climatiques et pédologiques selon la méthodologie standard publiée en 1976 par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Cette méthodologie consiste à établir, pour chaque culture, des classes d'aptitude des terres à l'agriculture selon le double critère climatique et pédologique. Le programme de Cartes de Vocation Agricole des Terres (CVAT) est réalisé par l'INRA depuis 1998. Actuellement, le programme a réalisé près de 5.5 millions d'hectares dans les zones pluviales. Par exemple, d'après ces cartes, la région Taza - Tahla peut convenir à la

<sup>1</sup> Somme de l'eau évaporée par le sol et transpirée par les plantes.

<sup>2</sup> Le zéro de croissance est la température la plus basse au dessus de laquelle la croissance est positive et en dessous de laquelle la croissance est nulle. Ce zéro de croissance est assez variable selon les espèces végétales. (Par exemple, 0°C pour le blé).

céréaliculture puisque 67% de ses terres sont fortement ou moyennement aptes à la culture de blé (figure 2). Autre exemple, dans la région Taounate – Ghafsai 84% des terres sont fortement ou moyennement aptes à la culture de l'olivier (figure 3). Les CVAT délimitent donc à une échelle fine les zones d'adaptation d'un large éventail de cultures pluviales selon les conditions pédoclimatiques régionales.

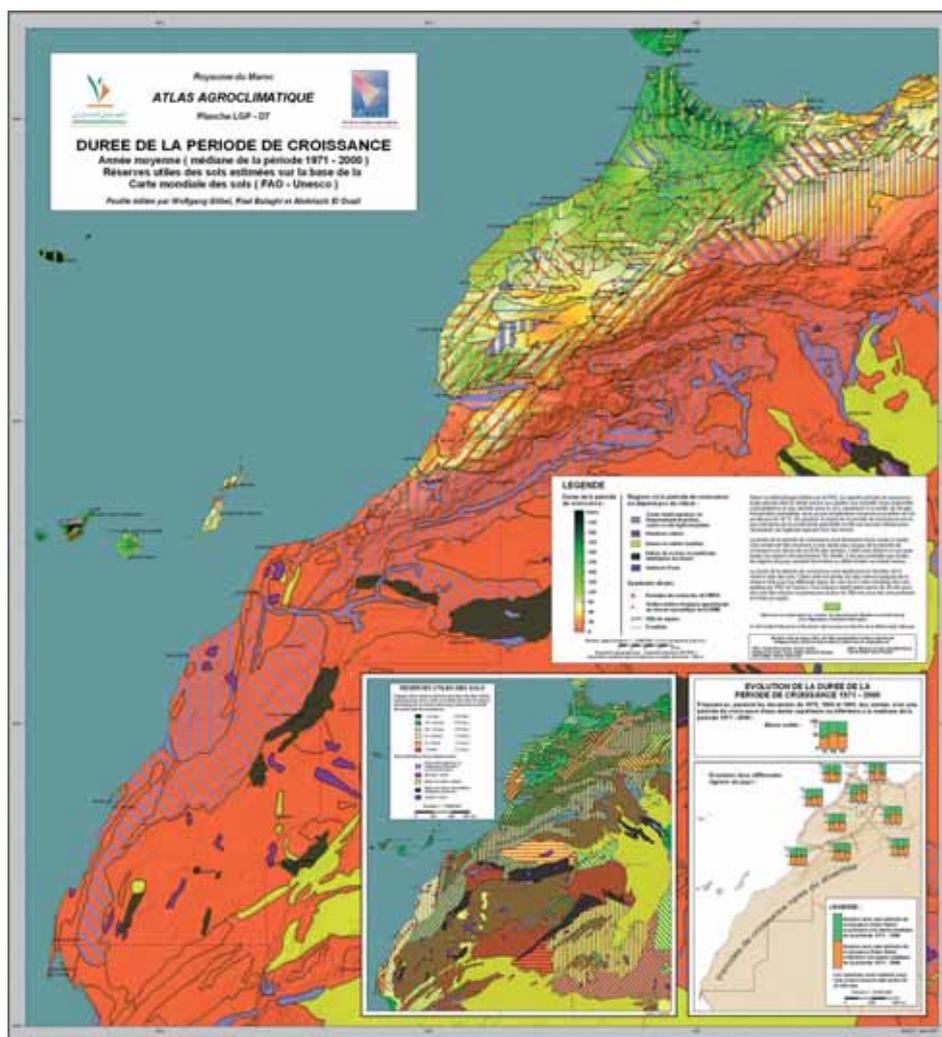


Figure 1 : Carte de la longueur (en jours) de la période de croissance (LPC) au Maroc en année moyenne. Les zones où la LPC est importante sont des zones à fortes potentialités agricoles.

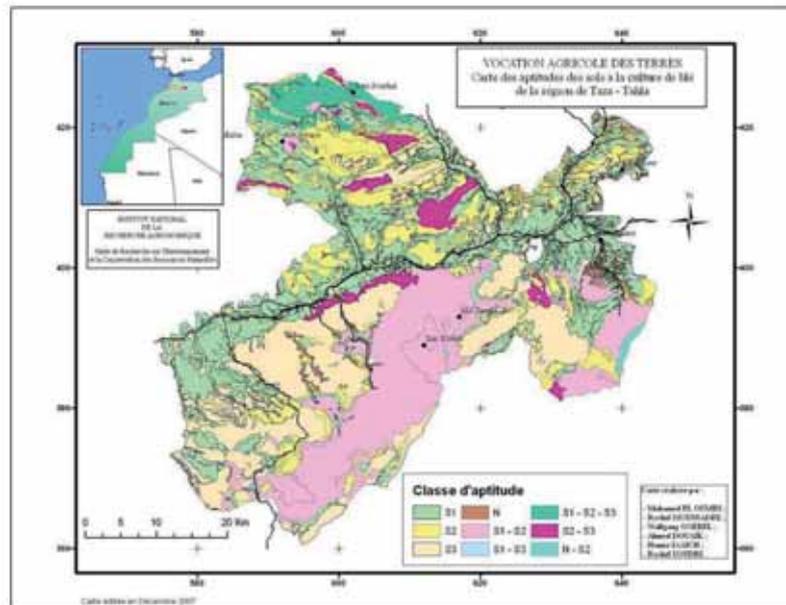


Figure 2 : Carte de vocation agricole pour la région Taza – Tahla. Cette carte présente les classes d’aptitude des sols de cette région à la culture de blé : S1, S2, S3, N et leurs associations. Aptitude S1 : Aptitude agricole élevée, S2 : Aptitude agricole moyenne, S3 : Aptitude agricole marginale, N : Inapte.

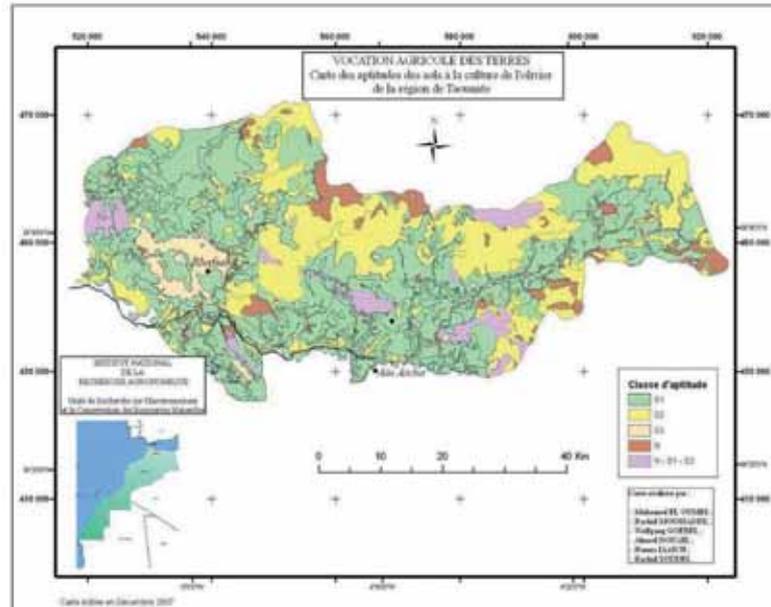


Figure 3 : Carte de vocation agricole pour la région Taounate – Ghafsai. Cette carte présente les classes d’aptitude des sols de cette région à la culture de l’olivier : S1, S2, S3, N et leurs associations. Aptitude S1 : Aptitude agricole élevée, S2 : Aptitude agricole moyenne, S3 : Aptitude agricole marginale, N : Inapte.

## **B. La prédiction des rendements agricoles**

### **1. La variabilité de la production agricole**

La production agricole dépend essentiellement de la pluviométrie dans notre pays malgré les efforts consentis pour réduire la vulnérabilité de l'agriculture vis-à-vis du climat, notamment par une politique de construction de barrage initiée à la fin des années 60. Les terres agricoles pluviales représentant toujours 85% de la superficie mise en culture, soit 8,2 millions d'hectares. Les rendements de blé demeurent faibles et variables comparativement aux pays du pourtour méditerranéen (figure 4).

Cette variabilité des rendements, et donc de la production, a des répercussions négatives sur la gestion des stocks alimentaires et semenciers en fin de campagne agricole. Disposer d'une information fiable et précoce sur l'état des cultures et sur les rendements attendus est un moyen de planification des importations ou des stocks pour la sécurité alimentaire. La prédiction des rendements permet aussi de disposer d'une source d'information indépendante, complémentaire aux statistiques agricoles classiques. Elle permet aussi de disposer d'un outil de partage de l'information avec différentes administrations et avec les agriculteurs.

### **2. La gestion du risque climatique et la prédiction des rendements agricoles**

Les technologies de production en milieux arides qui ont été développées par l'INRA, depuis le début des années 80, apportent des solutions pour augmenter et stabiliser les rendements. Ces technologies peuvent être diffusées à grande échelle par des actions de vulgarisation et de promotion. Parmi ces technologies, on peut citer les variétés résistantes à la sécheresse, l'irrigation d'appoint, le semis direct et la fertilisation. Récemment, l'INRA a mis l'accent sur le suivi de la sécheresse et la prévision des rendements agricoles afin d'anticiper les situations de crises alimentaire.

L'INRA a innové en montrant qu'il est possible de prédire les rendements céréaliers de façon relativement précise par l'utilisation de l'indice de végétation par différence normalisée *ou* Normalized Difference Vegetation Index (**NDVI**) avec des méthodologies statistiques relativement simples d'utilisation. Le NDVI est un indicateur de la vigueur de la végétation qui est mesuré, à partir des satellites d'observation de la terre, à intervalles de temps réguliers et en tous points du territoire national. Il reflète l'état de divers facteurs environnementaux tels que la pluviométrie, la température, l'évapotranspiration, le bilan en eau des sols, les maladies et parasites. Il est particulièrement adapté au suivi de la végétation dans les zones arides et semi-arides où les précipitations moyennes annuelles sont inférieures à 600 mm.

Avant fin février, toute prédiction est aléatoire mais s'améliore au fur et à mesure de l'avancement de la campagne agricole. L'erreur de prédiction du rendement décroît, de façon continue, de près de 28% en fin février à 15% en fin avril (figure 5). A la fin du mois d'avril, l'erreur de prédiction du rendement du blé au niveau national est en moyenne inférieure à 2 Qx/ha, variant de 0.05 à 3.7 Qx/ha selon les années. Cette précision est relativement importante si l'on considère la très forte variabilité interannuelle des rendements du blé au Maroc, de l'ordre de 35%, par rapport l'Espagne par exemple où il est de 18% (figure 4). La précision de la prédiction dépend aussi des zones agro-

écologiques. C'est dans les zones favorable et intermédiaire, zones dans lesquelles se concentre la production céréalière, que la prédiction est la meilleure (figure 7). La prédiction du rendement céréalier national à partir du NDVI a été testée sur deux années consécutives, 2007 et 2008. En 2007, l'écart entre le rendement prédit et le rendement obtenu par les statistiques officielles a été inférieur à 0.5 quintal/ha pour le blé dur et de 1.4 quintal/ha pour le blé tendre. En 2008, cet écart a été pratiquement nul pour le blé tendre, de 1.5 quintal/ha pour le blé dur et de 2.4 quintaux/ha pour l'orge.

Il a été également montré qu'il est possible de réaliser de meilleures prédictions par l'utilisation de plusieurs modèles concomitants faisant intervenir des prédictions à partir de NDVI et de facteurs climatiques. Le suivi de l'état de la campagne agricole ou la réalisation de prédictions des rendements agricoles, de façon opérationnelle, nécessite divers sources de données qui peuvent être apportées par la collaboration inter-institutionnelle. Par exemple, la collaboration entre l'INRA et le centre commun de recherche de l'Union Européenne (Joint Research Center : JRC), a permis de réaliser le premier bulletin agro-météorologique de suivi de la campagne agricole 2008-2009.

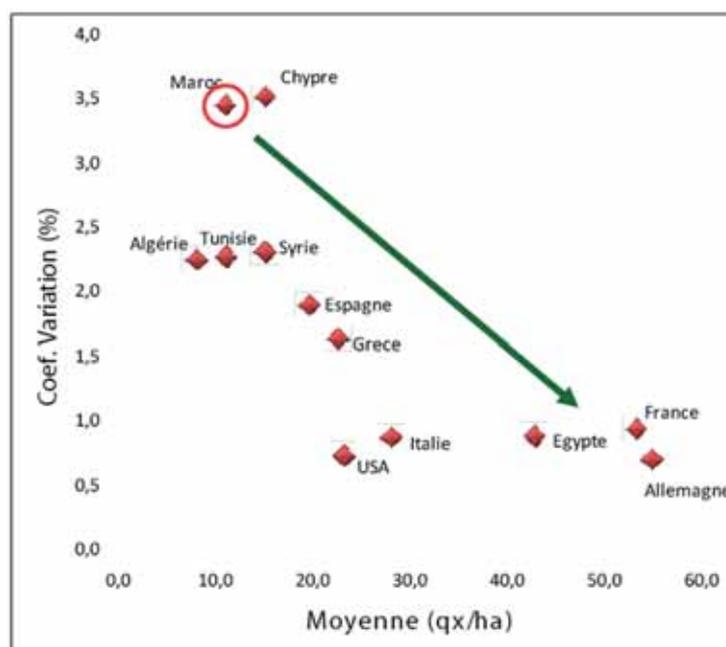


Figure 4 : Rendement moyen et coefficient de variation du blé dans quelques pays du pourtour méditerranéen et dans le monde, de 1961 à 2007 (source de données : FAOSTAT).

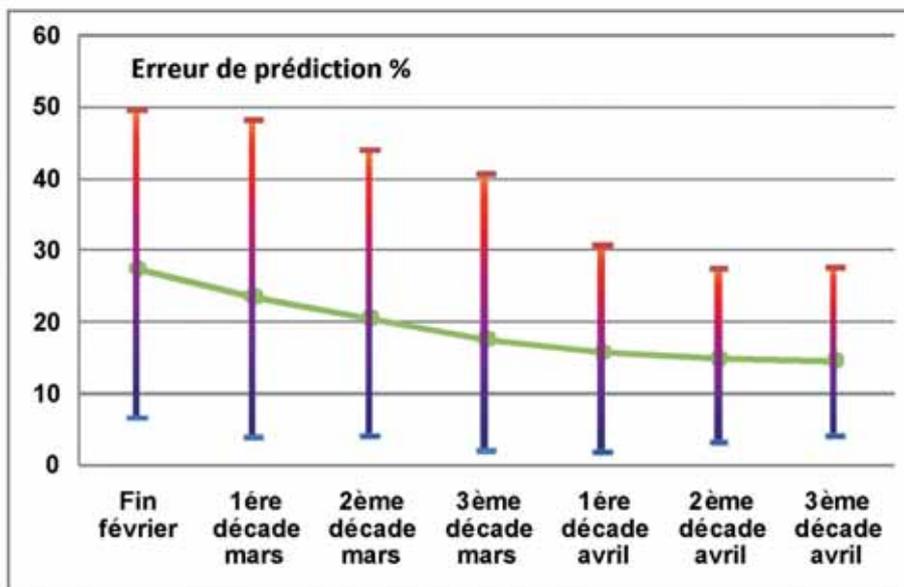


Figure 5 : Réduction de l'erreur de prédiction du rendement national du blé tendre à partir du NDVI au cours de la saison agricole.

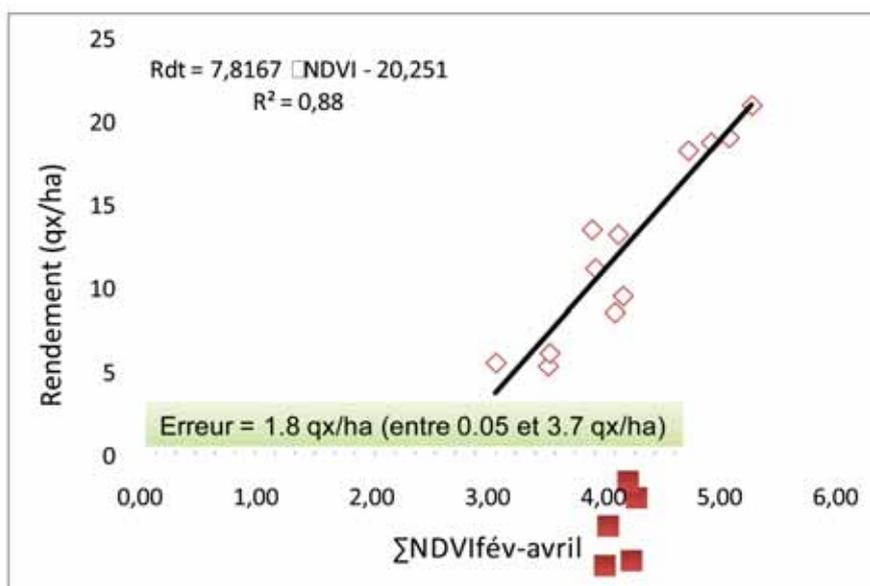


Figure 6 : Prédiction du rendement du blé tendre au niveau national à partir du NDVI cumulé de février à avril.

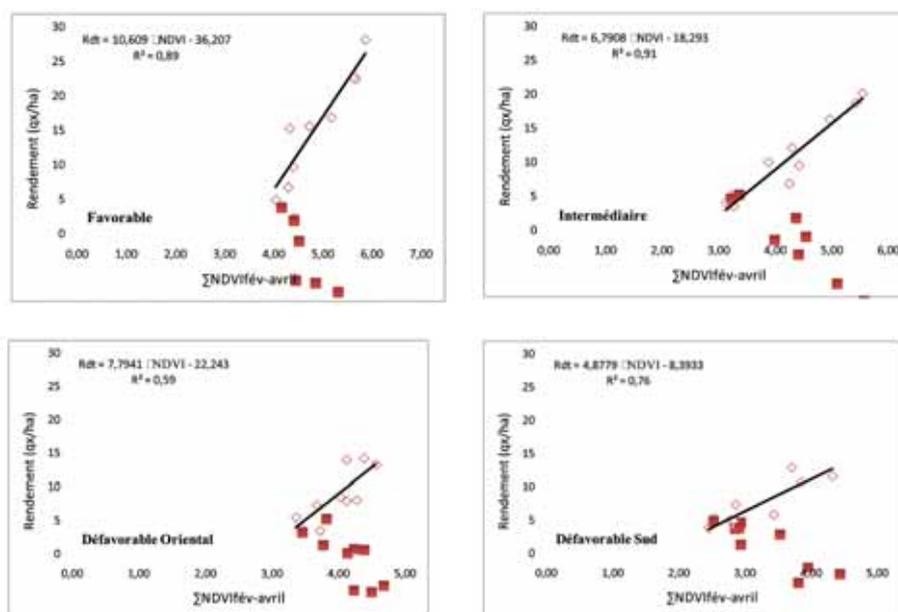


Figure 7 : Modèles de prévision du rendement du blé tendre pour quatre zones agro-écologiques à partir du NDVI (SPOT-VEGETATION) décadaire cumulé de février à avril.

## C. Impact des changements climatiques sur l'agriculture marocaine

### 1. Les futurs possibles

Toutes les projections climatiques convergent vers l'avènement d'un climat plus chaud et plus aride dans la région méditerranéenne. Les projections sont calculées par les climatologues à partir de modèles atmosphériques qui transforment des hypothèses d'émissions de gaz à effet de serre (notamment le CO<sub>2</sub>) en projections climatiques. Les modèles sont en fait des représentations simplifiées et manipulables de l'atmosphère terrestre qui tournent sur de super ordinateurs produisant des informations à l'échelle planétaire, sur des mailles atmosphériques de l'ordre de 250 km de côté. Les projections climatiques se basent sur des représentations de ce que pourrait être le monde à l'horizon 2100. Le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) a appelé *scénarios* ces représentations du futur, qui conduisent chacun à des trajectoires d'émissions mondiales de gaz à effet de serre très différentes. Cependant, il faut bien comprendre que les scénarios ne sont ni des prédictions ni des prévisions, mais ne sont qu'une partie plausible des futurs possibles.

### 2. Traduire les changements climatiques en impacts sur l'agriculture

L'INRA a entrepris, en collaboration avec des institutions nationales et internationales, des études prospectives originales pour quantifier les impacts des changements climatiques sur notre agriculture d'ici à la fin du 21<sup>ème</sup> siècle. L'objectif de ces études est de déterminer les options techniques d'adaptation de notre agriculture pour faire face aux changements climatiques, de manière à ce que notre pays soit prémuni contre les situations éventuelles

de crise. Les projections climatiques établies par le GIEC, sur des mailles de 250 x 250 km<sup>2</sup> au niveau planétaire, ont été ramenées à une échelle spatiale assez fine (de l'ordre de la centaine de km<sup>2</sup> <sup>3</sup>) qui puisse être compatible avec la superficie du pays. Ensuite, les projections spatiales ont été traduites en projections de rendements agricoles et en impacts sur l'aptitude des terres à l'agriculture.

### 2.1. Impacts sur les rendements agricoles

Afin de déterminer l'impact des changements climatiques sur les rendements agricoles, une cinquantaine de cultures pluviales et irriguées ont été considérées, dans les six zones agro-écologiques du Maroc, pour deux scénarios climatiques A2 et B2 et à quatre horizons de temps : 2000 (période actuelle, couvrant de 1979 à 2006), 2030 (de 2011 à 2040), 2050 (de 2041 à 2070) et 2080 (de 2071 à 2099). La méthodologie a consisté à développer, pour chaque culture et pour chacune des zones agro-écologiques, **une fonction de rendement** qui est, en fait, un modèle agro-climatique qui lie empiriquement les rendements agricoles au bilan hydrique préalablement spatialisé sur l'ensemble du pays. Le progrès technologique moyen observé au niveau de chacune des zones agro-écologiques ainsi que l'effet fertilisant du CO<sub>2</sub> atmosphérique sur les cultures ont été tous deux pris en compte dans les fonctions de rendement. Finalement, les rendements futurs sont obtenus en appliquant les conditions climatiques futures (modèle HadCM3 et deux scénarios d'émissions A2 et B2) aux fonctions de rendement ainsi établies.

<i>Scénario A2</i>	<i>Scénario A1B</i>	<i>Scénario B2</i>
Il s'agit d'un scénario pessimiste qui décrit un monde où la population mondiale est en rapide augmentation, avec une croissance économique forte qui repose sur des technologies polluantes dans un monde devenu plus protectionniste avec des inégalités croissantes entre le Nord et le Sud. Recours persistant aux énergies fossiles, croissance économique inégale selon les régions.	Il s'agit d'un scénario intermédiaire qui prévoit une intensification des échanges internationaux avec une croissance rapide basée sur les nouvelles technologies ainsi que les autres formes de technologies. Le scénario A1B est plus favorable que le scénario A2 à partir de 2050. Les émissions de CO <sub>2</sub> sont stabilisées à partir de 2100.	Il s'agit d'un scénario optimiste qui décrit un monde où l'accent est placé sur des solutions locales, dans un sens de viabilité économique, sociale et environnementale. La population mondiale s'accroît de manière continue mais à un rythme plus faible que dans A2. Il y a des niveaux intermédiaires de développement économique et l'évolution technologique est moins rapide et plus diverse.

<sup>3</sup> Ceci correspond à des mailles de 10 km de côté.

### 2.2. Impacts sur l'aptitude des terres à l'agriculture en zones pluviales

L'aptitude des terres à l'agriculture en zones pluviales a été déterminée sur la base de critères climatiques et pédologiques selon la méthodologie standard de la FAO qui a été publiée en 1976. Cette méthodologie permet d'évaluer les potentialités et les limites des ressources en terres pour le développement agricole. Elle consiste à établir, pour chaque espèce, des classes d'aptitude des terres à l'agriculture selon le double critère climatique et pédologique, partant de l'hypothèse que l'aptitude des terres devrait être modifiée sous l'effet des changements climatiques.

L'aptitude des terres a été déterminée, selon le critère climatique sur la base du calcul de la longueur de la période de croissance (LPC). La LPC est définie comme étant la période de l'année durant laquelle les conditions climatiques sont favorables à la croissance et au développement des plantes. Cette période se calcule en additionnant les jours pendant lesquels les précipitations sont supérieures à la moitié de l'évapotranspiration potentielle<sup>4</sup> (ETP) et pendant lesquelles la température reste supérieure au zéro de croissance<sup>5</sup>. La LPC a été calculée, sur l'ensemble du pays, en spatialisant les données de pluviométrie et d'ETP mesurées au niveau de 22 stations synoptiques marocaines représentatives de l'hétérogénéité géographique du territoire (figure 9). Trois stations algériennes et une station mauritanienne ont été ajoutées au réseau marocain pour améliorer l'interpolation spatiale aux frontières

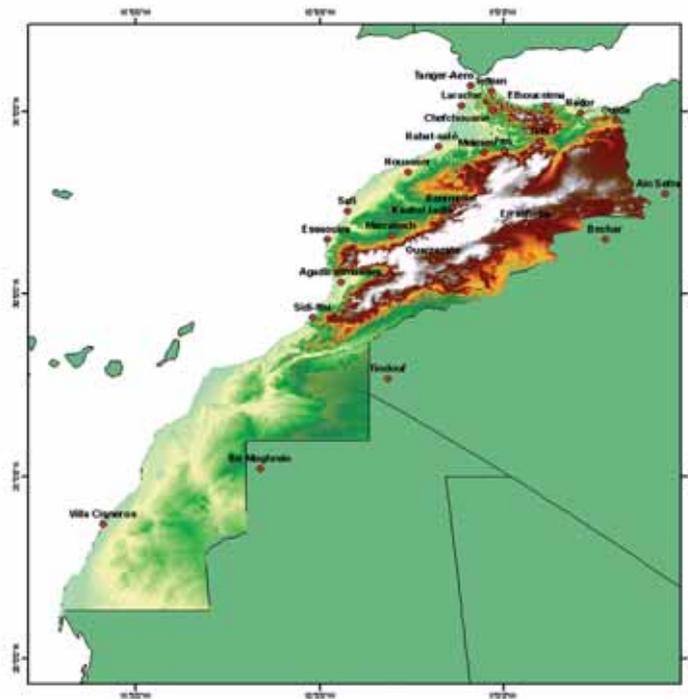


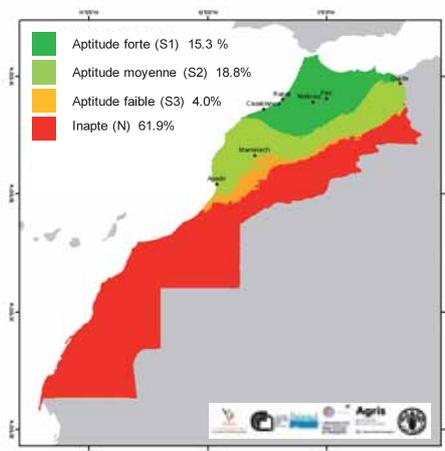
Figure 9 : Répartition territoriale des stations climatiques utilisées sur fond topographique.

<sup>4</sup> Somme de l'eau évaporée par le sol et transpirée par les plantes.

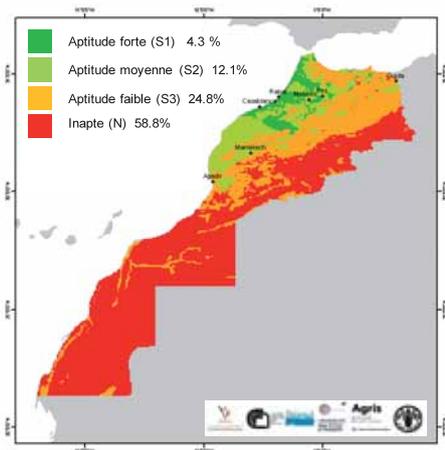
<sup>5</sup> Le zéro de croissance est la température la plus basse au dessus de laquelle la croissance est positive et en dessous de laquelle la croissance est nulle. Ce zéro de croissance est assez variable selon les espèces végétales. (Par exemple, 0°C pour le blé).

L'aptitude des terres selon le critère pédologique a été déterminée par la classification des sols selon la méthodologie établie par le Service de conservation des sols du Département de l'Agriculture des Etats-Unis - USDA. La carte FAO-Unesco à l'échelle 1:25 000 000 a servi comme base pour délimiter les unités de sol. Dans le système de l'USDA, les unités cartographiques des terres sont groupées principalement d'après leur capacité à produire des cultures courantes et des plantes fourragères sur une longue période de temps, sans pour autant causer la détérioration du sol.

Selon le critère climatique, le pourcentage de la superficie nationale qui est apte à la culture de blé est de 34.1%, alors que les classes d'aptitude faible ou les classes inaptes représentent 66% du territoire national (figure 10a). Par contre, selon le critère pédoclimatique, les superficies qui ont une aptitude forte ou moyenne ne représentent que 16.4% (figure 10b).



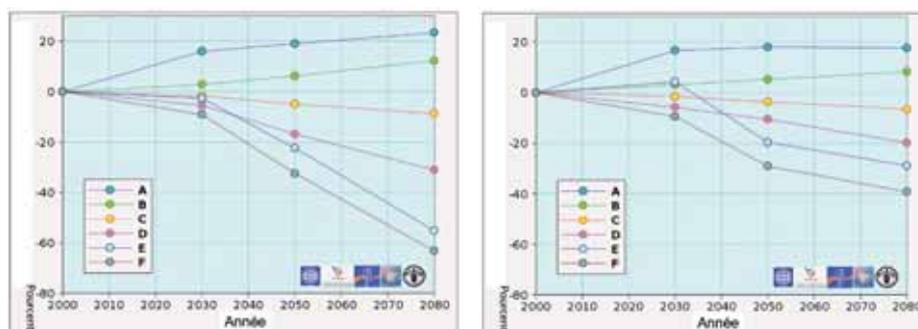
Figures 10 : Cartes d'aptitude des terres à la culture de blé au Maroc pour la période actuelle (moyenne 1973-2006) selon les critères : climatique.



Figures 10 : pédoclimatique (10b à droite). La superficie occupée par chacune des classes d'aptitude est indiquée en pourcentage de la superficie nationale.

### 2.3. Les impacts des changements climatiques sur les productions agricoles

Les projections climatiques sur le Maroc indiquent que l'aridité va progressivement augmenter en raison de la diminution de la pluviométrie et de l'augmentation de la température. Il faut garder à l'esprit que les modèles climatiques prédisent mieux les moyennes que les valeurs extrêmes. Cela veut dire que, si en moyenne l'aridité va augmenter, certaines années peuvent être sporadiquement très pluvieuses. L'augmentation de l'aridité va donc avoir des répercussions négatives sur les rendements agricoles surtout à partir de 2030. Toutes les cultures ne seront pas aussi vulnérables aux changements climatiques. Dans les figures 11a et 11b, on peut remarquer que les cultures pluviales (non irriguées) seront particulièrement affectées par les changements climatiques. Dans une optique où l'eau d'irrigation continuera à être disponible en quantités suffisantes, les cultures irriguées continueront à voir leurs rendements augmenter malgré les changements climatiques. On suppose que l'augmentation de température, couplée à une irrigation qui assure les besoins des cultures, accélérera la croissance des plantes cultivées et donc augmentera les récoltes. Cependant, la disponibilité en eau d'irrigation, même en cas d'augmentation de l'aridité du climat marocain, est une hypothèse qui reste encore à vérifier. De manière générale, les rendements agricoles resteront plus ou moins stables jusqu'à l'horizon 2030, puis baisseront assez rapidement au-delà de cette date, de façon plus marquée dans le cas du scénario A2 (figure 11a) que dans celui du scénario B2 (figure 11b). Toutes les zones agro-écologiques ne seront pas affectées de la même manière par les changements climatiques. Les zones agro-écologiques favorables et intermédiaires seront les plus vulnérables aux changements climatiques.



Figures 11a (gauche) et 11b (droite): Pourcentage de réduction des rendements agricoles selon les scénarios A2 et B2, jusqu'à l'horizon 2100 (L'adaptation par le progrès technologique actuel n'est pas prise en compte ici). Les cultures sont rassemblées en « groupes d'impact » A à F qui peuvent être caractérisés comme suit : A: Légumineuses irriguées et fourrages; B: Arboriculture fruitière irriguée et cultures légumières; C: Fourrages et cultures légumières; D: Céréales pluviales et légumineuses; E : Céréales d'automne pluviales; F: Autres cultures pluviales.

### 3. Les impacts des changements climatiques sur l'aptitude des terres à l'agriculture en zones pluviales

Les terres les plus vulnérables perdront leur vocation à être cultivées en raison des changements climatiques (figure 12). Ce sont les terres les plus arides, principalement au sud et à l'est, qui seront le plus touchées et la zone orientale devient presque entièrement inapte à la culture de blé. Les zones les plus épargnées sont celles situées au nord du pays où la pluviométrie est relativement élevée. Selon le scénario A1B, la superficie des terres

qui ont une aptitude forte ou moyenne à la culture de blé passeront de 16.4% du territoire national, actuellement, à 14.1% en 2050 et 10.5% en 2100. Par contre, les terres à aptitude faible ou inaptées à la culture de blé qui occupent actuellement 83.6% de la superficie du pays, ne représenteront que 85.9% en 2050 et 96.5% en 2100.

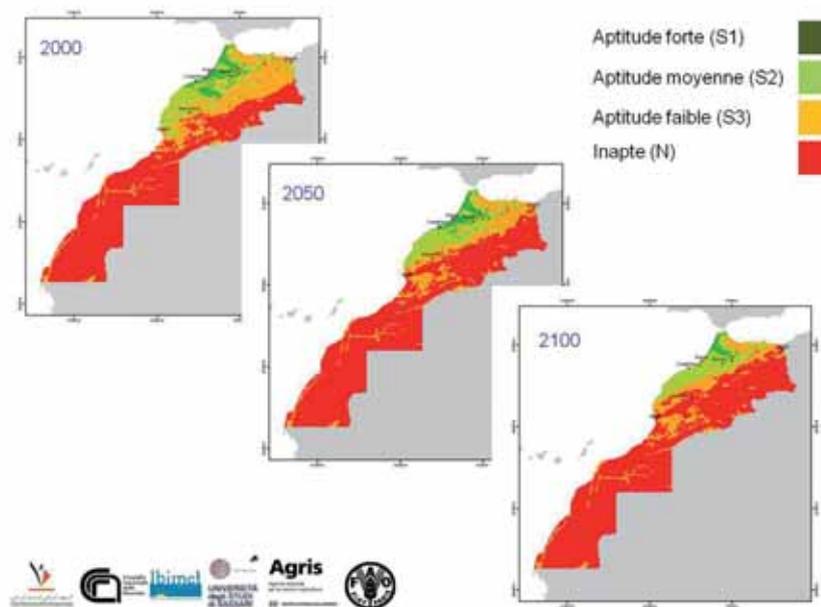


Figure 12 : Impact des changements climatiques sur la vocation agricole des terres. Agriculture pluviale, scénario A1B.

#### 4. Les impacts atténués par le progrès technologique

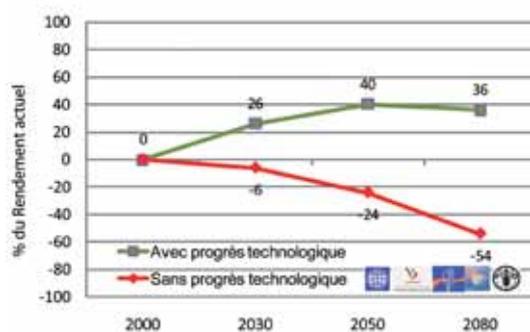
Lorsque l'on étudie la progression des rendements agricoles avec les changements climatiques, mais en tenant compte du progrès technologique réalisé dans notre pays, on se rend compte que les impacts négatifs sont moindres. Le progrès technologique est pris ici dans son sens le plus large, comprenant l'amélioration génétique des plantes cultivées, l'utilisation des fertilisants et pesticides et les techniques de labour. C'est la progression moyenne des rendements des cultures reportés dans les statistiques agricoles de 1979 à 2006. Par exemple, le progrès technologique, que l'on a observé sur les 25 dernières années au Maroc dans les statistiques agricoles, a été en moyenne de 0.2 quintal/ha.an au niveau national aussi bien pour le blé tendre que pour le blé dur. En particulier, ce progrès est le fruit d'un effort important fourni par l'INRA pour créer des variétés, productives et résistantes à la sécheresse et aux maladies, en dépit des aléas climatiques caractéristiques de notre pays.

En stations expérimentales, le gain de rendement peut aller jusque 0.5 quintal/ha.an pour les nouvelles variétés de blé tendre de l'INRA. Dans la figure 13, on peut voir les impacts des changements climatiques sans progrès technologique en rouge et avec progrès technologique en vert pour le blé dur non irrigué au niveau national. Dans le scénario A2, sans progrès technologique, le rendement du blé dur irait toujours en diminuant alors que

l'impact peut être atténué en partie par le progrès technologique, tout au moins jusqu'en 2050 (Figure 13). Dans le scénario B2 plus favorable, le progrès technologique peut atténuer l'impact des changements climatiques même jusqu'en 2100. Pour l'orge par exemple, le progrès technologique a été nul du fait que cette culture a été reléguée vers les zones agricoles marginales affectant ainsi négativement son rendement.

Le gap entre la ligne en vert (avec progrès technologique) et en rouge (sans progrès technologique), montre de notre agriculture aux changements climatiques futurs. Il montre les efforts déployés par la recherche marocaine dans le domaine de l'agriculture en milieux arides à partir du début des années 80. Le progrès technologique le plus spectaculaire se retrouve, par exemple, pour la tomate, la luzerne, la banane, la pomme de terre ou les fourrages. On remarque que les impacts des changements climatiques sont moins importants sur les cultures irriguées et celles pour lesquelles d'importants progrès technologiques ont été réalisés. L'exemple des impacts des changements climatiques sur les rendements de quelques cultures significatives, dans la zone agro-écologique favorable et selon le scénario A2, est donné en figure 14.

*Impacts modérés jusqu'en 2030, et sévères au-delà (scénario A2)*



*Impacts modérés jusqu'en 2030, maîtrisés au-delà (scénario B2)*

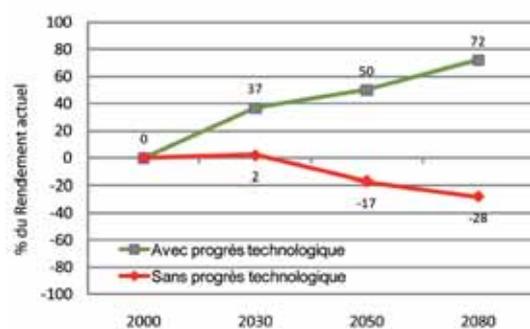


Figure 13 : Impacts des changements climatiques sur le rendement du blé dur pluvial au Maroc. 13a (gauche) : impacts modérés jusqu'en 2030 et sévères au-delà, selon le scénario A2 ; 13b (droite) impacts modérés jusqu'en 2030, et maîtrisés au-delà.

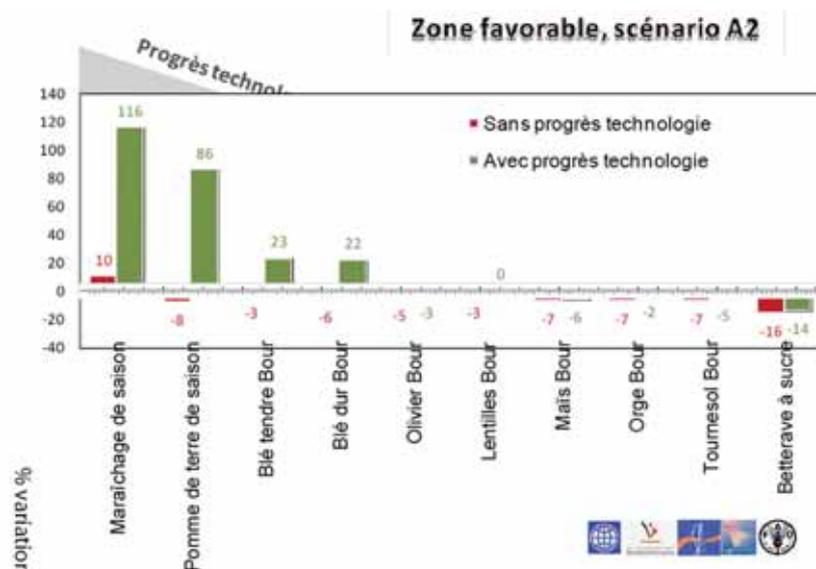


Figure 14 : Impact des changements climatiques en fonction du progrès technologique réalisé sur les cultures, dans la zone agro-écologique Favorable, selon le scénario A2.

### 5. Les incertitudes concernant les impacts

Les modèles physiques sur lesquels reposent les projections climatiques prévoient mieux les valeurs moyennes de pluie et de température que leurs extrêmes. Il en découle, que les impacts prévus dans le futur représentent des moyennes de valeurs qui peuvent parfois fluctuer fortement d'une année à l'autre. Les prévisions de rendements diffèrent très peu entre les scénarios A2 et B2 jusqu'en 2030<sup>6</sup>. Au delà de cette date, et jusqu'en 2100, des divergences énormes existent entre les scénarios en raison des incertitudes liées aux quantités de gaz à effet de serre qui seront réellement émises dans l'atmosphère, de la dynamique<sup>7</sup> du secteur agricole, et de la capacité d'adaptation de l'agriculture marocaine. Pour cette raison, les estimations d'impact sont fiables jusqu'en 2030 et vraisemblables au-delà.

Cependant, l'amplitude des changements climatiques attendus à long terme est telle qu'un renversement de tendance est peu probable. Ces prévisions d'impact sur les productions agricoles sont largement tributaires des modèles climatiques développés par les climatologues et ne sont valables que pour les conditions actuelles de l'agriculture marocaine. En d'autres termes, des altérations des systèmes de production actuels tels que la gestion de l'eau, l'affectation des terres, l'amélioration variétale, les cultures existantes ou l'adaptation des agriculteurs aux changements climatiques peuvent modifier les prévisions d'impact. Il faut bien comprendre que l'on essaye de mettre sous forme d'équations mathématiques des relations complexes entre les rendements agricoles et des scénarios futurs. Les incertitudes liées aux projections d'impacts sont principalement dues à notre difficulté à imaginer le monde de demain, aux imperfections des modèles

<sup>6</sup> Assez logiquement, les différences entre scénarios sont plus faibles pour les cultures irriguées que pour les cultures pluviales.

<sup>7</sup> Nous incluons dans ce terme les diverses tendances actuellement observées au Maroc, qui répondent à des logiques économiques, environnementales etc.

climatiques, aux techniques de réduction d'échelle ainsi qu'aux erreurs statistiques inhérentes aux données d'entrée utilisées.

## 6. Conclusion

Les estimations d'impact des changements climatiques sur les productions agricoles sont plausibles sur les 20 prochaines années. Pour le futur plus lointain, l'amplitude des changements climatiques prévus est telle qu'un renversement des tendances est peu probable. Il ressort de cette étude que le progrès technologique (amélioration des rendements agricoles en conditions arides et semi-arides), l'irrigation (gestion de l'eau au niveau de la parcelle agricole, du bassin versant et de la région) et l'utilisation des terres selon leur vocation agricole sont des leviers importants d'adaptation aux changements climatiques.

La mise en commun des efforts et de l'expertise d'institutions nationales (MAPM, INRA et DMN) et internationales (BM et FAO) a permis de lever des difficultés opérationnelles et méthodologiques et, surtout, d'assurer un «contrôle de qualité» dans toutes les phases d'analyse de cette étude. Il est important de savoir que plus de 68790 données ont été générées durant l'analyse des impacts, soit presque un «travail d'usine». Pour terminer, on peut dire que les résultats trouvés peuvent trouver des applications pratiques immédiates, dans les processus de prise de décision en agriculture, et ajoutent une composante prospective aux politiques de développement agricole et de sécurité alimentaire au Maroc.

## D. Conservation des ressources phyto-génétiques

### 1. La banque de gènes du Maroc

Le Maroc est l'un des pays les plus riches en biodiversité à l'échelle méditerranéenne. En effet, la flore vasculaire marocaine compte environ 4500 espèces réparties sur 930 genres et 130 familles. Les connaissances actuellement disponibles permettent d'affirmer que 1641 taxa sont rares ou menacés dont plus des deux tiers sont très rares. Le nombre total d'espèces endémiques est de 1350 taxa dont environ deux tiers spécifiques au Maroc. Dans la flore marocaine, 407 taxa renferment toutes les plantes à usage alimentaire, médicinal ou aromatique, pastoral, ornemental et industriel et les parents ou voisins sauvages de formes cultivées. Cependant, cette biodiversité subit diverses pressions naturelles ou humaines (surexploitation des ressources naturelles, déforestation, surpâturage, urbanisation, sécheresse, pollution) favorisant son appauvrissement et la disparition d'espèces et de variétés.

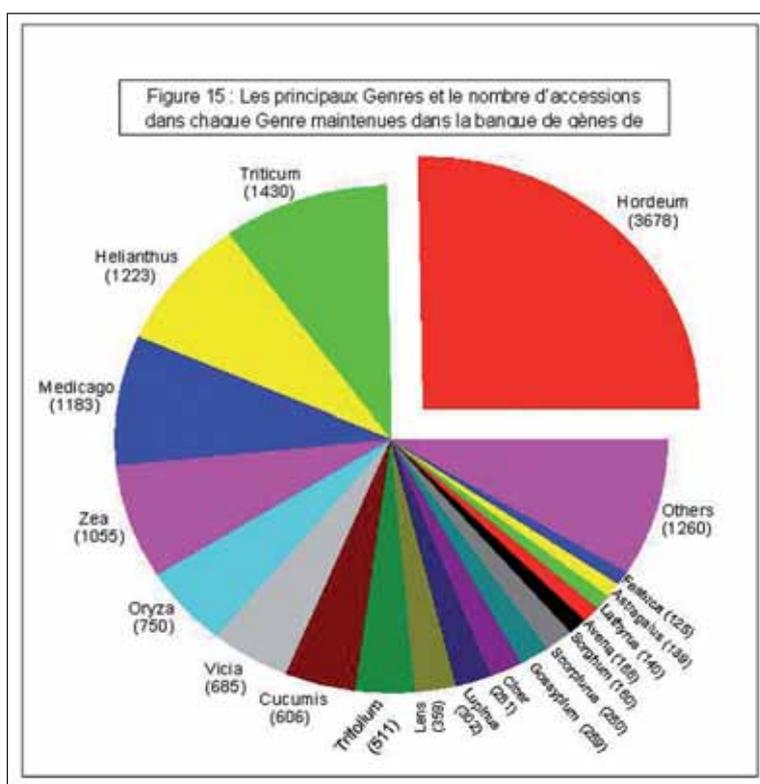
Conscient du problème de l'érosion phyto-génétique et afin de protéger le patrimoine génétique national et d'assurer son utilisation durable, l'INRA a opté pour la création d'une banque de gènes centrale pour fédérer toutes les activités et organiser la conservation *ex situ*. Cette banque présente une capacité de 65.000 accessions, dépassant les besoins du pays, et peut assurer ceux de la région. Les collections maintenues, jusqu'à présent, regroupent 23000 accessions réparties en 87 genres et des centaines d'espèces (figure 15).

Les objectifs de la banque de gènes est de procéder à la multiplication et à la régénération au champ de différentes espèces annuelles et pérennes, à l'évaluation et à la caractérisation du matériel conservé ou à conserver, au rapatriement des espèces marocaines détenues

par les organismes et institutions internationales, et à la collecte de nouvelles accessions de différentes espèces d'intérêt agricole.

## 2. Parcs à bois

L'INRA maintient différents parcs à bois (conservation in situ) dans ses domaines expérimentaux. Actuellement, environ 6500 clones de différentes espèces d'agrumes, d'amandier, de figuier, d'olivier, de palmier dattier, de caroubier, de cactus... sont maintenus, respectivement, à ElMenzeh, Ain Taoujdate, Tassaout, Zagora et Agadir. L'objectif à long terme de ces collections est la conservation et l'utilisation des ressources phyto-génétiques de ces espèces. Les objectifs à court et à moyen terme visent principalement le soutien des programmes nationaux d'amélioration pour le développement de variétés adaptées aux différentes conditions, l'échange de l'information et du matériel génétique à travers l'exploration, l'introduction, la gestion des données et le développement de germoplasme de différentes espèces, la collecte des espèces, la préparation, le conditionnement, la distribution, le stockage, la régénération, et l'actualisation des données passeports, et la création d'une base de données informatisée caractérisant les espèces conservées.



## E. Création variétale

L'Institut National de la Recherche Agronomique entreprend des programmes d'amélioration génétique sur plusieurs espèces depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle. La recherche variétale, étant située à l'amont des filières de production, est tenue de répondre aux exigences des différents intervenants, sur toute la chaîne de production, qui sont traduites en termes de critères de sélection variétale. Les variétés actuellement disponibles ont certainement répondu aux attentes du planificateur, de l'agriculteur et de l'utilisateur du point de vue productivité, qualité et rentabilité. Les travaux d'amélioration génétique continuent toujours dans le but de hisser les espèces cultivées au rang de standards internationaux tout en assurant une adaptation optimale aux conditions écologiques et socioculturelles marocaines.

Les variétés modernes sont de loin plus productives, plus adaptées et plus stables que celles connues au début de l'indépendance. Ainsi, des caractéristiques importantes ont été introduites par étape :

- L'adaptation agronomique (durée du cycle, la hauteur des plants et résistance à la verse dans le cas des céréales, la précocité pour échapper aux stress de fin de cycle, potentiel de productivité).
- L'amélioration de la qualité technologique, surtout pour le pain et les semoules pour les céréales, la qualité et la teneur en huile pour l'olivier.
- La tolérance au stress abiotiques (sécheresse et hautes températures) ont été progressivement améliorées.
- La résistance aux maladies et insectes ravageurs tels que la rouille brune et les pourritures racinaires et la résistance à la cécidomyie chez les céréales a été identifiée et incorporée dans des variétés adaptées au Maroc. La résistance à la cécidomyie pourra assurer une production importantes en années de sécheresse et sous forte infestation lorsque les autres variétés ne produiraient pas du tout.

### 1. Variétés des céréales

Pour les céréales, les travaux d'amélioration génétique à l'INRA ont abouti à la création d'une large gamme de variétés productives, adaptées aux différentes zones agro-écologiques et résistantes aux principales maladies et ravageurs. Les tableaux 1, 2 et 3 résument, respectivement, les variétés de blé tendre, de blé dur et d'orge développées par l'INRA depuis 1984 avec leurs principales caractéristiques.

**Tableau 1** : Variétés de blé tendre de l'INRA avec leurs principales caractéristiques.

Variété	Aire d'adaptation	Principales caractéristiques	Année inscription
MARCHOUCH	Bour favorable, Semi aride, Montagne	Semi-précoce, bonne qualité pain	1984
SIBARA	Bour favorable	Semi-précoce, bonne qualité pain et couscous	1985
SAIS	Adaptation large	Souple, vigoureuse, bonne qualité biscuit	1985
SABA	Sais	Souple, Semi précoce, bonne qualité pain	1987
KANZ	Bour intermédiaire, semi aride, montagne	Souple, Tolérante à la sécheresse, bonne qualité pain et couscous	1987
ACHTAR	Irrigué, bour favorable, montagne	Souple, Tolérante à la Septoriose, bonne qualité pain et couscous	1988
BARAKA	Bour intermédiaire, semi aride	Souple, Tolérante à la sécheresse , bonne qualité pain et couscous	1988
KHAIR	Adaptation large	Souple, Tolérante à la sécheresse , bonne qualité pain et couscous	1988
SAADA	Abda	Résistante à la cécidomyie, bonne qualité pain	1988
TILILA	Irrigué, bour humide (Nord-ouest), bour favorable, semi aride	Souple, Tolérante à la sécheresse, bonne qualité pain et couscous	1989
MASSIRA	Bour favorable, Bour intermédiaire, semi aride, terre saline	Souple, Tolérante à la cécidomyie, bonne qualité pain et couscous	1992
MEHDIA	Irrigué, bour humide (Nord-ouest), bour favorable, bour intermédiaire	Souple, productive, bonne qualité pain	1993
RAJAE	Bour humide (Nord-ouest), bour favorable, terre saline	Souple, tolérante à la septoriose , bonne qualité pain	1993
AMAL	Adaptation large	Souple, tolérante à la septoriose , bonne qualité pain	1993
POTAM2	Adaptation large	Résistante à la cécidomyie, bonne qualité biscuit	1995
SAIS2	Adaptation large	Résistante à la cécidomyie, bonne qualité biscuit	1995
ARRIHANE	Irrigué, bour humide (Nord-ouest), bour favorable, semi aride	Résistante à la cécidomyie, bonne qualité pain et couscous	1996
AGUILLAL	Bour intermédiaire, semi aride	Résistante à la cécidomyie, bonne qualité pain et couscous	1996

**Tableau 2 :** Variétés de blé dur de l'INRA avec leurs principales caractéristiques.

Variété	Aire d'adaptation	Principales caractéristiques	Année inscription
MARZAK	Large adaptation	Très Productive., Hauteur moyenne, Précocité moyenne, assez bonnes valeurs semoulière et boulangère	1984
KARIM	Large adaptation, irrigué	Très Productive, Hauteur moyenne, Précocité moyenne, bonne valeur boulangère, pâte	1985
MASSA	Large, Bour favorable, Altitude moyenne	Très Productive, Hauteur moyenne, Précocité moyenne, bonnes valeurs semoulière et boulangère	1988
OUM RABIA	Adaptation Large, Semi aride	Très Productive, Hauteur moyenne, Précocité Moyenne, bonne valeurs semoulière et boulangère	1988
SEBOU	Adaptation Large, Semi aride	Très Productive, Hauteur moyenne, Précocité Moyenne, bonne valeur semoulière	1987
JAWHAR	Adaptation Large, Irrigué	Très Productive, Hauteur moyenne, Précocité Moyenne, bonnes valeurs boulangère, semoulière et pâte	1993
ANOUAR	Adaptation Large	Très Productive, Hauteur moyenne, Précocité Moyenne, bonnes valeurs semoulière et boulangère	1993
YASMINE	Adaptation Large	Très Productive, Hauteur moyenne, Précocité Moyenne, bonnes valeurs boulangère, semoulière et pâte	1993
AMJAD	Adaptation Large	Très Productive, Hauteur moyenne, Précocité Moyenne, bonnes valeurs boulangère, semoulière et pâte	1995
TAREK	Adaptation Large	Très Productive, Hauteur moyenne, Précocité Moyenne, bonnes valeurs boulangère, semoulière et pâte	1995
OURGH	Adaptation Large	Très Productive, Hauteur moyenne, Précocité Moyenne, bonnes valeurs boulangère, semoulière et pâte	1995
MARJANA	Adaptation Large	Très Productive, Hauteur moyenne, Précocité Moyenne ; bonnes valeurs boulangère, semoulière et pâte	1996
TOMOUH	Adaptation Large, Nord, Altitude moyenne	Très Productive, Hauteur moyenne, Précocité Moyenne bonnes valeurs boulangère, semoulière et pâte	1997
IRDEN	Semi aride poussé	Résistante cécidomyie, Hauteur moyenne, Bonne précocité. Bonne valeurs boulangère.	2002
NASSIRA	Semi aride	Résistante cécidomyie, Hauteur moyenne, Bonne précocité. Bonne valeurs boulangère.	2002
CHAOUI	Semi aride poussé	Résistante cécidomyie, Hauteur moyenne, Bonne précocité. Bonne valeurs boulangère.	2003
AMRIA	Semi aride	Résistante cécidomyie, Productive, Hauteur moyenne, Précocité Moyenne bonnes valeurs boulangère, semoulière.	2003
MAROUANE	Semi aride poussé	Résistante cécidomyie, très Productive, Hauteur moyenne, précocité Moyenne bonnes valeurs boulangère, semoulière.	2003
FARAJ (ICAMMORE)	Adaptation semi aride /favorable	Résistante cécidomyie, Productive, Hauteur moyenne, Précocité Moyenne bonnes valeurs boulangère et semoulière.	2005
IDYN11	Bonne qualité technologique	Productive, bonne couleur et qualité technologique.	2008

**Tableau 3 :** Variétés d'orge de l'INRA avec leurs principales caractéristiques.

Variété	Aire d'adaptation	Principales caractéristiques	Année inscription
ACSAD 60	Arides et semi arides	2 rangs Précoce, résistante à la rayure réticulée	1984
ACSAD 176	Semi aride	6 rangs Précoce, résistante à la rayure réticulée	1984
ASNI	Semi aride bour favorable et l'irrigué	2 rangs, cycle de 128 jours, résistante à l'oïdium	1984
TAMELALAT	Semi aride	2 rangs, cycle de 118 j, résistantes aux rouilles et oïdium	1984
TISSA	Bour favorable et l'irrigué	2 rangs, cycle de 142 j, résistante à la rouille brune et oïdium	1984
ACSAD 68	Bour favorable semi aride et aride	6 rangs, moyennement tardive	1985
AGLOU	Bour favorable semi aride et aride	2 rangs , cycle de 127 jours, résistante à la rayure réticulée	1988
TIDDAS	Irrigué	6 rangs, cycle de 125 jours, résistante aux rouilles et oïdium	1988
AZILAL	Zones semi arides et arides	cycle de 118 jours, résistante aux rouilles et oïdium	1989
LAANACEUR	Bour favorable semi aride et aride	6 rangs, cycle de 135 jours	1991
TAFFA	Bour favorable semi aride et aride	6 rangs, cycle de 115 jours, résistante à la rouille brune et oïdium	1994
MASSINE	Bour favorable semi aride et aride	6 rangs, moyennement précoce	1994
OUSSAMA	Bour favorable semi aride et aride	6 rangs, moyennement précoce	1995
AMIRA	Bour favorable et semi aride	6 rangs, moyennement précoce, résistante à la rouille brune et oïdium	1996
IGRANE	Bour favorable semi aride et aride	6 rangs, moyennement précoce, résistante à la rouille brune et oïdium	1996
AMALOU	Aride et semi aride	6 rangs, Précoce, résistante à la rouille brune et oïdium	1997
ADRAR	Nord ouest et montagnes	6 rangs , moyennement tardive, résistante à la rouille brune et oïdium	1998
FIRDAWS	Bour favorable semi aride et aride	6 rangs, moyennement précoce, résistante à l'oïdium	1998

Le progrès génétique réalisé en matière de productivité a été substantiel. Pour le blé dur, les progrès réalisés ont permis un gain moyen annuel de productivité de 2.8%. Pour le blé tendre, le progrès génétique réalisé depuis le début du siècle dernier dépasse les 2% par an en moyenne. Depuis le début des années 80 jusqu'à 2007, il a été constant et équivalent à 1,13% par an. Il est représenté par la pente de l'évolution au cours du temps des gains de rendement réalisés par les meilleures variétés nouvelles par rapport à la meilleure variété qui les a précédées.

La part des variétés de l'INRA dans le Catalogue Officiel Marocain dépasse 42% (Figure 16). Aussi, la contribution des variétés de l'INRA à la production des semences certifiées et commercialisées dépasse 76% (Figure 17). Ceci illustre l'impact des variétés de l'INRA dans la production céréalière du pays.

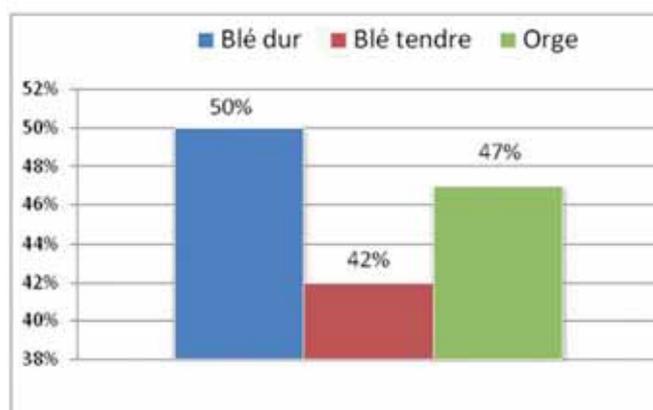


Figure 16 : Part des variétés de l'INRA dans le Catalogue Officiel.

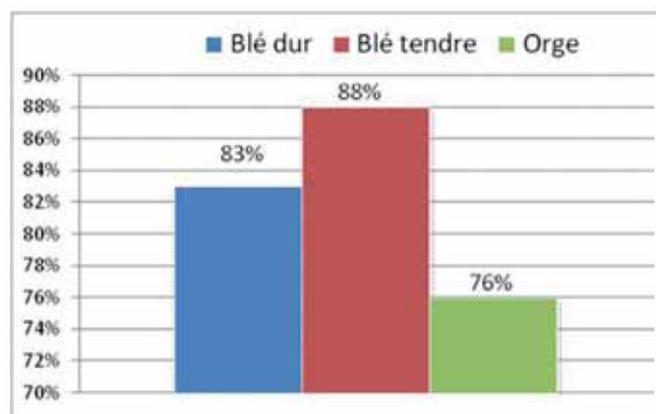


Figure 17 : Contribution des variétés de l'INRA à la production des semences certifiées et commercialisées.

#### La résistance du blé à la mouche de Hesse : un exemple d'impact sans équivoque

La mouche de Hesse (cécidomyie) cause des dégâts importants à la production des blés dans les zones semi arides (chute de 30 à 100 % du rendement) engendrant ainsi une perte annuelle estimée à 200 millions de dirhams.

La création de 4 variétés de blé tendre (Saada, Massira, Aguilal et Arrihane) et 6 variétés de blé dur (Irden, Marwane, Nassira, Amria, Chaoui et Faraj) résistantes à la mouche de Hesse permettent de réaliser des rendements en grain 2 à 3 fois plus élevés en comparaison avec les variétés sensibles. Des calculs économiques ont permis de mettre en évidence un Taux de Rentabilité Interne de 39% pour l'investissement dans une telle recherche.

## 2. Variétés d'olivier très performantes

Le matériel végétal de l'oliveraie nationale est désormais constitué d'une variété poly-clone, aux caractères très hétérogènes touchant plus particulièrement celui de sa productivité. Une grande proportion d'arbres est en fait dotée d'un faible potentiel de production, ce qui entraîne une stagnation des rendements. En effet, l'analyse de l'évolution de la production oléicole depuis les années de 1970 à 2005 montre une stabilité du rendement autour d'une tonne à l'hectare.

Pour contribuer à améliorer la production oléicole sur les plans quantitatif et qualitatif, l'INRA a conduit et réalisé les travaux d'amélioration génétique qui visent à améliorer les performances productives individuelles des plants d'oliviers en vue de leur diffusion auprès d'exploitations oléicoles de notre pays.

Deux têtes de clones performants au sein de la variété population nationale «Picholine marocaine» ont été sélectionnées sur la base de leurs performances agronomiques et technologiques. Il s'agit des variétés «Haouzia» et «Ménara». Ces variétés se caractérisent par :

- une production moyenne supérieure à 30 Kg /arbre entre 3 et 10 ans d'âge,
- une entrée en production rapide (3<sup>ème</sup> année après la plantation),
- une alternance réduite de 30% par rapport à la Picholine marocaine,
- une tolérance à la maladie de " l'oeil de paon " commune au Maroc,
- une teneur importante en huile de 23 à 24 % par rapport à la matière fraîche,
- une aptitude technologique à la conservation en olives de table,
- un taux d'acidité inférieur à 0.22%.

Grâce à sa stabilité et sa teneur élevée en acide oléique et en poly-phénols, l'huile de ces variétés a été classée au deuxième rang devant toutes les huiles des variétés de la collection mondiale d'olivier de Cordoue par l'INIA de Jaén (Espagne).

Une nouvelle variété à huile, productive et à plus faible taux d'acidité « INRA ManzPl » est en cours de protection. En outre, de nouvelles variétés naines sont en cours de création pour les vergers à haute densité.

L'impact des deux variétés Haouzia et Menara sur le secteur s'est traduit par leur diffusion à grande échelle par le biais de plus de 50 conventions avec les pépiniéristes multiplicateurs de plants dans différentes régions oléicoles du pays. Par ailleurs, la demande en plants de ces deux variétés est en nette augmentation (Tableau 4). Les chiffres enregistrés au cours de ces quatre dernières années situent la contribution moyenne des deux variétés dans les nouvelles plantations à 50%.

Actuellement, plus de 10 millions de plants certifiés de ces deux variétés ont été produits et diffusés auprès des oléiculteurs.

**Tableau 4 :** Contribution en quantité et en pourcentage des variétés Haouzia et Menara dans les nouvelles plantations

Années	Nombre de plants diffusés de Haouzia et Menara	Contribution en % dans les nouvelles plantations au niveau national
2005	526 000	30.0
2006	974 000	37.5
2007	1 870 000	50.5
2008	2 500 000	50.0

Source : DPV, Division Horticulture (2008)

### 3. La création variétale pour la reconstitution de la palmeraie

L'INRA dispose d'un riche patrimoine dattier. En effet, plus de 250 variétés ont été inventoriées. Egalement, plus de 2300 têtes de clones présentant une bonne qualité de production suite à la sélection massale dans toutes les palmeraies ont été sélectionnées. Une dizaine de palmiers mâles pollinisateurs ont aussi fait objet de sélection.

Les travaux de sélection ont abouti à la création de la première variété de palmier dattier résistante au bayoud et de qualité « Najda » et six autres clones résistants au bayoud en cours d'inscription.

Pour la multiplication de ces variétés trois voies de multiplication sont utilisées: organogénèse, embryogénèse somatique et multiplication à partir des inflorescences. Actuellement, et grâce à la production industrielle, des plants pour la reconstitution de la palmeraie en partenariat avec le secteur privé, plus de 420.000 plants dont 120.000 de variété Najda ont été distribués aux agriculteurs.



Photo 1: Multiplication du Palmier par les techniques *in vitro*.

### 4. La création variétale pour la filière agrumicole

Dans l'objectif de la diversification variétale et clonale en vue d'obtenir des variétés ou clones plus précoces ou plus tardives d'agrumes, l'INRA a mis au point un matériel génétique très performant répondant aux critères précités.

Parmi les variétés développées par l'INRA, il y a lieu de citer :

- Pour le mandarinier : Création de la variété Nadocott, sans pépin, facilement épluchée, à production échelonnée (janvier - mars). Actuellement, une superficie d'environ 17 500 ha, soit 15 millions de plants, est plantée à travers le monde (USA, Espagne, Maroc, Afrique Sud, autres pays hémisphère Sud).

- Egalement, huit nouveaux clones de mandarinier sont en cours d'inscription au Catalogue National. Ces clones sont productifs, précoces et à cycle de production échelonné.
- Pour l'oranger : Cinq nouveaux clones sont en cours d'inscription au Catalogue National, juteux, fruit de calibre d'exportation et à cycle de production échelonné.
- Introduction et adaptation de porte-greffes tolérants à la Tristeza et adaptés aux conditions pédoclimatiques du Maroc : En effet, 40 nouveaux porte-greffes ont été introduits, et sont en évaluation dans les principales régions agrumicoles, pour le remplacement du Bigaradier afin d'éviter le danger de la maladie de la Tristeza.
- Détermination de meilleures combinaisons variétés /porte-greffes pour différentes régions agrumicoles.

## **F. Techniques d'Aridoculture : Conservation des eaux et des sols**

Le milieu aride et semi-aride marocain représente près de 68% des terres agricole. Dans ce milieu, l'eau constitue le facteur majeur limitant la production agricole. Les disponibilités hydriques sont déterminées par une pluviométrie faible et aléatoire, des sols généralement peu profonds à capacité de stockage en eau insuffisante et des températures élevées en fin, et parfois, en début du cycle des cultures. Ceci se traduit par un potentiel de production limité et fortement variable. Les maladies et ravageurs, interviennent aussi pour amplifier le caractère aléatoire des productions agricoles dans ces zones.

La pression sur la terre s'est traduite par le recours, croissant, à la monoculture céréalière, à l'exploitation des terres marginales et au surpâturage des parcours. Il en résulte une exploitation « minière » du milieu concrétisé par une diminution de la productivité et une dégradation des ressources naturelles (sol, végétation, eau), entraînant une fragilisation préoccupante du milieu que les techniques de production actuelles pratiquées ne font qu'aggraver.

L'aridoculture constitue l'ensemble des technologies et des connaissances pour la mise en valeur durable des zones arides et semi-arides. Dans le cas de la conservation des eaux et des sols, des technologies ont été mises au point dans le souci d'augmenter et de stabiliser la production agricole de manière durable, mais aussi d'améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau et des intrants.

En effet, en matière d'économie et d'efficacité d'utilisation de l'eau, l'INRA dispose d'une base de données importante en matière de caractérisation du climat et des sécheresses et de caractérisation agro écologique, de développement d'outils d'aide à la prise de décision en agriculture pluviale (utilisation de l'agro climatologie, les systèmes d'informations géographiques et la télédétection spatiale pour la caractérisation des sécheresses) pour mieux cibler les actions de recherche et de transfert de technologies adaptées aux différents environnements physiques des zones arides et semi-arides.

Des variétés améliorées de blé dur, orge, pois chiche, lentille et cultures fourragères adaptées ont été développées et qui se caractérisent par une plus grande plasticité vis-à-vis des fluctuations environnementales. Ce comportement est le fait de précocités optimales, d'une meilleure tolérance à la sécheresse et d'un bon niveau de résistance aux maladies et insectes ravageurs.

Pour la gestion intégrée des cultures, au niveau des modalités de semis des céréales et des légumineuses alimentaires, il a été démontré que le semis précoce permet des gains de rendements de plus de 40 % par rapport au semis tardif. Les doses de semis préconisées sont de 100 kg/ha pour les blés, 80 kg/ha pour l'orge, 90 kg/ha pour le pois chiche, et 50 à 60 kg/ha pour la lentille. Au niveau de la fertilisation des cultures, l'élaboration des méthodes d'analyse des sols et des normes de fertilisation des céréales et des légumineuses ont permis de mieux raisonner la fertilisation minérale (calibration des analyses du sol). Le recours par les agriculteurs à cette méthode pourrait dégager des économies importantes en éléments fertilisants. Quant au désherbage chimique précoce des céréales et des légumineuses, il permet de réduire le gaspillage d'eau et de favoriser son utilisation par cultures. Une large gamme d'herbicides efficaces pour le contrôle des adventices dicotylédones ou graminées infestant les céréales existe. Les gains de rendement enregistrés peuvent atteindre 20 à 30%.

La lutte intégrée dans le système prédominant blé/légumineuse, dont les acquis ont permis le diagnostic de l'importance des maladies des céréales et légumineuses, le développement de méthode de lutte biologique contre les maladies cryptogamiques des céréales, l'identification de méthode adéquate de surveillance des maladies des céréales et d'estimation des niveaux d'attaque au champ, l'estimation des pertes de rendement dues aux différentes maladies cryptogamique, l'identification des principales maladies virales sur céréales, la contribution dans le développement de matériel génétique résistant aux maladies et insectes des céréales et des légumineuses, la cartographie de l'incidence et de la sévérité des principales maladies des céréales et légumineuses alimentaires, et les méthodes de lutte biologique.

L'irrigation d'appoint consistant en l'apport d'une quantité optimale d'eau au moment le plus opportun pour améliorer et stabiliser les rendements en permettant des économies d'eau, tout en conciliant entre les faibles disponibilités hydriques et le besoin d'un niveau de production sécurisant et peu variable. Elle permet de garantir des gains significatifs de rendement allant de 70 % à plus de 100 % grâce à l'apport d'une à deux irrigations de 60 à 70 mm au stade tallage ou/et au stade épiaison. La valorisation de l'eau se trouve ainsi améliorée.

En matière de gestion conservatoire de l'eau et des sols, le système de semis direct est une alternative incontournable pour les zones arides et semi-arides marocaines. Le semis direct permet des meilleures efficiences d'utilisation de l'eau (augmentation jusqu'à 60%), des économies d'énergie (réduction de la consommation d'énergie jusqu'à 70%) et de temps, améliore le taux de la matière organique (enrichissement de 3 à 14%), et assure des gains de rendement à long terme (de l'ordre de 30 à 40 %) (Figure 18).

D'autres acquis de l'INRA dans ce domaine concernent entre autres les techniques de récolte des eaux pluviales dans zones semi arides et arides, le semis en ados comme une technique prometteuse de semis des céréales en irrigué permettant une économie d'eau et d'intrants, l'évaluation de l'impact de l'utilisation des eaux usées en agriculture sur l'écosystème et la santé humaine, la détermination des normes d'interprétation des analyses de sol pour une meilleure fertilisation des cultures, la pratique de la jachère et la gestion intégrée des ressources naturelles.

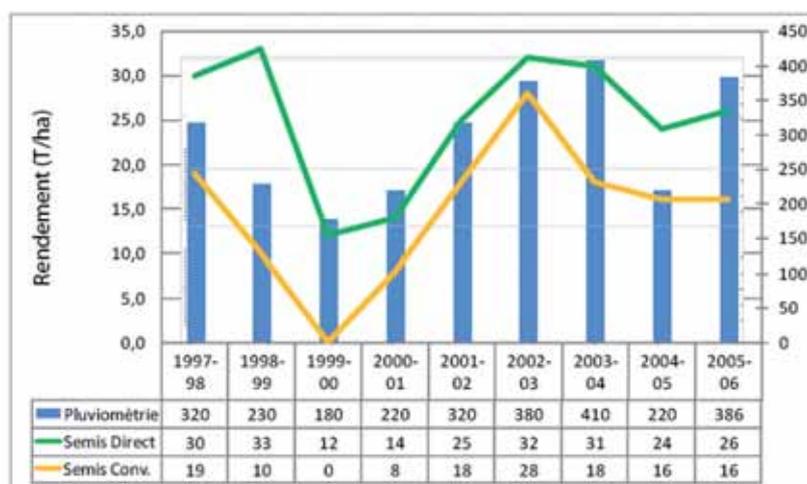


Figure 18 : Rendement du blé sous système semis direct et semis conventionnel en fonction de l'année climatique.

## G. Machinisme agricole

L'objectif des recherches en équipement agricole consiste en le développement de machines et d'outils pouvant réaliser les interventions agricoles à temps et à moindre coût. Parmi ces équipements produits par l'INRA, il y a lieu de citer :

- Le sweep, outil à lames et à traction mécanique conçu pour le minimum labour et la lutte contre les mauvaises herbes sans retourner le sol. Un prototype a été développé et breveté;
- Le semoir no-labour, machine combinée à traction mécanique pour le semis direct des céréales et l'épandage d'engrais. Un prototype a été développé et sa commercialisation a été entamée;
- Le semoir mono-grains, machine à traction mécanique pour le semis de précision du maïs et du pois chiche. Un prototype a été développé;
- La bineuse, outil à traction mécanique pour l'entretien des cultures en lignes (maïs, légumineuses, tournesol). Un prototype a été développé;
- La batteuse à poste fixe, machine automotrice pour le battage des céréales après fauchage. Elle est destinée aux petites exploitations et aux zones enclavées (oasis) ou montagneuses. Une dizaine de machines ont été produites et testées à travers le Maroc;
- La faucheuse/andaineuse, machine autotractée pour la récolte et l'andainage;
- Un nouveau pulvérisateur, outil développé pour une utilisation rationnelle des pesticides, une économie d'eau de 50 % et de temps de travail de 60% par rapport au pulvérisateur à dos commercial tout en assurant une répartition homogène de la bouillie:
- Petit pulvérisateur roulant (version poussée);
- Petit pulvérisateur roulant automoteur (version automotrice);
- Cellule de mesure optique de la concentration de dose d'un pesticide appliqué par un pulvérisateur agricole;
- Développement de matériel d'application de pesticide pour le désherbage de la ligne ferroviaire de l'ONCF et production de manuel d'utilisation et de réglage.

### III. Conclusion

L'INRA est une institution publique leader nationale dans plusieurs domaines de recherche appliquée en agriculture. L'offre de l'INRA en matière de savoir scientifique, d'outils d'aide à la prise de décision en agriculture ainsi que de technologies adaptées aux besoins des agriculteurs est destinée à répondre aux impératifs de sécurité alimentaire du pays et de compétitivité d'un secteur agricole à haute valeur ajoutée. Le **Plan Maroc Vert** est une opportunité et en même temps un défi pour les chercheurs de l'INRA. Grâce à ses acquis, d'une part, et son implantation régionalisée, d'autre part, l'INRA est prête à assurer un rôle d'accompagnement technologique et d'expertise scientifique pour la mise en œuvre des projets du Plan Maroc Vert dans ses dimensions régionales et nationales ainsi que pour développer les projets de développement inscrits dans le cadre des deux piliers de ce plan.

Les exigences du Plan Maroc Vert incitent les chercheurs à continuer les recherches sur :

- la mise à niveau des filières agricoles et l'augmentation de leur compétitivité (productivité, durabilité et valorisation) et le suivi-évaluation des technologies adoptées;
- la caractérisation agro-écologique du milieu et de ses aptitudes agricoles des terres (Cartes de Vocations des Terres);
- la connaissance des ressources naturelles et leur préservation et valorisation durable (sol, eau, biodiversité);
- L'avertissement agricole et les outils d'aide à la prise de décision face aux aléas climatiques;
- les études sur les systèmes de production et le milieu socio-économique et institutionnel;
- l'étude des politiques agricoles et l'analyse de la modélisation de leur impact sur les systèmes de production et les exploitations et les ressources naturelles.

Par ailleurs, sur le plan de la coopération et du partenariat, comme de part le passé, en tant qu'institution ouverte sur son environnement, l'INRA ne ménagera aucun effort pour le renforcement et le développement de partenariats à tous les niveaux: international, national et régional et avec tous les acteurs concernés, notamment les organisations professionnelles. Des partenariats diversifiés sont noués : recherche de base, R&D, renforcement des capacités des ingénieurs, techniciens et jeunes agriculteurs, professionnels, intégration recherche formation.

Conscient du rôle que peuvent jouer les Agropoles et les Agrotechs au niveau régional, et la position stratégique en tant qu'acteur principal fédérateur de la recherche au niveau régional, l'INRA est prédisposé à mettre à profit ses services et ses expertises afin de leur permettre de jouer pleinement leurs rôles dans la valorisation des produits agricoles au bénéfice des acteurs régionaux.



## LA RECHERCHE AGRICOLE À L'IAV HASSAN II : CAS DU DOMAINE ANIMAL

*Pr. Fouad GUESSOUS & Pr. Mohammed SADIKI,*

*Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II  
Rabat, Maroc.*



Pr. F. GUESSOUS

### Résumé

Innovatrice et au service de la formation et du développement durable, la recherche conduite à l'IAV s'inscrit dans le système national de recherche agronomique et tient compte des exigences de formation par la recherche, des priorités nationales et des besoins des partenaires. Cette recherche peut être de nature fondamentale et stratégique, comme elle peut être finalisée pour la création de technologies, ou encore de nature adaptative ou vérificative pour mesurer la faisabilité technique, la rentabilité économique et l'acceptabilité sociale de ces technologies. L'IAV a développé un modèle efficient de la formation par et pour la recherche et continue d'y attacher une grande importance. L'un des principaux succès en matière de recherche-développement résulte de l'approche multidisciplinaire scientifique et technologique qui caractérise ses projets. En effet, la situation de l'IAV est unique en ce sens grâce à la diversité des domaines et des secteurs couverts par ses compétences. Durant le parcours de l'établissement, des acquis et des réalisations importantes ont vu le jour. Compte tenu de la diversité des recherches effectuées à l'IAV, les résultats et les acquis sont aussi diversifiés. Dans un effort de structuration de sa recherche, l'IAV s'est récemment doté d'une Direction de la Recherche Scientifique et de la Formation Doctorale, structure horizontale appelée à jouer un rôle mobilisateur pour redynamiser la recherche.

La nouvelle stratégie de l'agriculture "Plan Maroc Vert" constitue un cadre pour les activités de recherche-développement de l'IAV qui sont canalisées, selon trois dimensions:

- **Approche transversale** : Développer les concepts, méthodes et outils pour améliorer les performances environnementales des procédés utilisés.
- **Approche système- environnement** : Favoriser la convergence des initiatives et la mise en place des politiques agro-écosystémiques pour l'optimisation de la production en harmonie avec les potentialités régionales.
- **Approche filière** : Développer des recherches qui aboutissent à des solutions innovantes en matière de techniques, d'outils et de méthodes pour l'amélioration des différents maillons des chaînes de production des différentes spéculations agricoles depuis la parcelle jusqu'au consommateur.

Partant de cette base, parmi les axes principaux de recherche, les activités dans le domaine animal constituent une composante très importante. Elles concernent la biodiversité animale, les biotechnologies appliquées à la génération des données scientifiques pour la connaissance des espèces, l'amélioration des performances animales en harmonie avec les potentialités régionales et l'adaptation aux stress abiotiques, notamment sous l'effet des changements climatiques, la transformation en assurant l'hygiène et la qualité, la lutte contre les maladies animales et la prévention de la santé publique vétérinaire. Les dimensions économique, sociologique et environnementale sont observées selon des approches d'intégration et de recherche participative. Quatre exemples ont été choisis pour illustrer les approches et résultats très nombreux et significatifs obtenus au cours des 25 dernières années par les équipes de l'IAV dans le domaine des sciences et de la médecine animales : petits ruminants, biotechnologies, dromadaire et maladies émergentes.

Le Plan Maroc Vert, par son caractère exhaustif, implique des besoins immédiats, ceux à court terme, ceux à moyen terme et ceux à long terme. Il constitue par conséquent un cadrage aux activités de l'IAV pour l'avenir. Pour cela, il importe de mieux capter la demande des opérateurs et les spécificités territoriales aussi bien quantitativement que qualitativement. L'apport de l'IAV pour accompagner cette stratégie est réfléchi aux niveaux suivants :

- Formation avec 2 volets : Formation diplômante et Formation continue
- Recherche : la base du travail en cours est l'organisation matricielle des thématiques de recherche basée sur la confrontation des grands axes thématiques de recherche de l'IAV et les principales filières et thèmes transversaux du Plan Maroc Vert.

**MOT-CLÉS** : Recherche agricole / domaine animal / type de recherche / Plan Maroc Vert.

**KEY-WORDS** : Agricultural research / animal domain/ research type / Green Morocco Plan.

## 1. Introduction

L'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV) assure trois missions intégrées: formation, recherche et développement dans les domaines de l'agriculture, du développement rural et de la gestion des ressources naturelles. Depuis sa création, il a évolué sur le plan institutionnel et a su élargir son rayonnement national, régional et international. Véritable centre polytechnique d'expertise multidisciplinaire, il assure la formation initiale et la formation continue des spécialistes en sciences et technologies du vivant et de la terre pour répondre aux besoins en cadres de haut niveau des secteurs de l'aménagement de l'espace, de l'agriculture, de l'élevage, de l'agro-industrie, des pêches et de l'environnement. Il contribue activement à l'effort de modernisation de l'agriculture à travers la conduite de programmes de recherches novatrices répondant aux attentes et aux besoins d'un monde agricole en perpétuelle évolution, la mise à niveau des entreprises et le transfert de technologies.

La recherche agricole est la pierre angulaire du développement technologique de l'agriculture. Il est largement établi aujourd'hui que les investissements dans ce domaine sont l'un des principaux facteurs de croissance de l'agriculture des pays en voie de développement. De manière générale, les progrès technologiques qui en résultent sont un facteur déterminant de la croissance économique et participent, au premier chef, au renforcement de la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté. Pour l'IAV, la recherche est déterminante car elle constitue le socle auquel s'adosent les formations et joue un rôle fondamental dans la promotion de sa renommée, tant sur le plan national qu'international. Grâce à sa triple mission, l'IAV continue de répondre aux attentes de la société, non seulement par la formation de cadres mais également par la production de connaissances et des résultats scientifiques ainsi que par des expertises et des activités d'assemblage, contribuant résolument à la valorisation des résultats de ses recherches.

## 2. Moyens humains et capacités matérielles

### 2.1. Des infrastructures diversifiées et des ressources humaines de haut niveau

Pour remplir sa triple mission de formation, de recherche et de développement, l'IAV abrite 19 départements scientifiques répartis sur deux campus (Rabat et Agadir). Le système mis en place s'organise autour de six filières de formation, outre le cycle préparatoire intégré : Agronomie, Médecine Vétérinaire, Topographie, Industries Agricoles et Alimentaires, Génie Rural et Horticulture.

Outre les départements, organisés selon des impératifs pédagogiques propres à chaque filière, l'IAV dispose également de structures horizontales :

- Département des Stages,
- Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire,
- Halle de Technologie,
- Centre de Machinisme Agricole,
- Centres d'Informatique,
- Centre de Documentation Agricole,
- Centre d'Édition et de Publication.

Par ailleurs, l'IAV mobilise un corps professoral de 259 enseignants chercheurs aux profils scientifiques diversifiés et spécialisés dont plus de 70% sont des professeurs de l'Enseignement Supérieur. L'ensemble est assisté par un staff administratif et technique totalisant 489 personnes.

## **2.2. Coopération et rayonnement**

L'IAV entretient des relations de coopération avec de nombreuses Institutions étrangères, de la région méditerranéenne, d'Afrique, d'Amérique, d'Europe et du Moyen-Orient. Au fil des années, il a tissé des liens avec de multiples organismes nationaux, internationaux et régionaux. Ses enseignants-chercheurs sont actifs dans de nombreux réseaux et participent au sein de nombreuses sociétés savantes. Relevant aussi bien du domaine de la formation que de la recherche, ces relations portent sur les échanges d'informations, les travaux de recherche collaborative, les échanges d'enseignants et d'étudiants, l'organisation de colloques, de conférences, d'ateliers... Les relations de coopération développées par l'IAV ont impliqué non seulement des échanges Nord-Sud mais également la coopération Sud-Sud en contribuant activement à la formation de cadres supérieurs africains et en mettant son expertise au service du développement de ces pays.

## **2.3. Régionalisation**

Centre de formation supérieure unique en son genre au Maroc, voire en Afrique, l'IAV concentre des compétences variées et multidisciplinaires agissant au niveau national. Grâce aux approches participatives qu'il a tôt développées, l'établissement a fortement ancré ses actions de recherche-développement dans les différentes régions agroécologiques. Dans ce cadre, le plus pertinent exemple est la création dès 1980 du Complexe Horticole à Agadir (CHA). Véritable locomotive de développement agricole de la région du Souss, ce 2<sup>ème</sup> campus a lancé les bases de la stratégie d'action régionale de l'établissement tout entier. Cette stratégie est mise en œuvre grâce aussi à un système de stages très élaboré qui amène les étudiants et les enseignants à circuler à travers tout le pays pour mieux apprécier la réalité rurale et son évolution. La recherche/action largement encouragée, se traduit enfin par une forte implication des enseignants-chercheurs auprès des professionnels, des associations de producteurs, des secteurs amont et aval, des opérateurs économiques, et plus généralement dans les programmes de diagnostic et de développement à l'échelle réelle du terrain.

## **3. État de la recherche à l'IAV**

La recherche conduite à l'IAV s'inscrit dans le système national de recherche agronomique et tient compte des exigences de formation par la recherche et des besoins exprimés par les partenaires à l'échelle nationale et internationale. En fonction du partenaire, cette recherche peut être de nature fondamentale et stratégique, comme elle peut être finalisée pour la création de technologies, ou encore de nature adaptative ou vérificative pour mesurer la faisabilité technique, la rentabilité économique et l'acceptabilité sociale de ces technologies.

La connaissance du vivant, du gène à la plante ou à l'animal jusqu'aux écosystèmes cultivés et naturels, la compréhension des phénomènes physiques comme les interactions avec le climat et l'explication des déterminants sociologiques en œuvre dans l'alimentation, l'environnement et la santé mobilisent de nombreuses disciplines. En effet, dans toutes leurs interactions et leur complexité, les questions de recherche variées et interdépendantes nécessitent l'interdisciplinarité. L'IAV offre de ce point de vue une complémentarité intéressante entre sciences de la vie, sciences de la matière et sciences humaines.

La recherche est organisée en trois niveaux : la recherche diplômante de troisième cycle qui concerne annuellement quelques 250 mémoires et thèses de fin d'études, la recherche diplômante du niveau doctoral et la recherche contractuelle. Ces activités de recherche couvrent l'espace scientifique du vivant et de la terre, de l'ingénierie agricole, agrolimentaire, topographique, de la santé animale et du management.

Les activités de recherche ont connu depuis le début des années 80 un développement significatif dans plusieurs domaines en relation avec les préoccupations du monde rural et les priorités du pays. Des efforts ont été déployés pour le développement des capacités de recherche, notamment la formation de la communauté scientifique. Ainsi, plusieurs laboratoires ont émergé et ont évolué autour de différentes thématiques de recherche scientifique intéressant le monde agricole.

Historiquement, les activités de recherche reposent sur une structure en projets ciblés, élaborés autour de questions scientifiques et des objectifs pour répondre aux besoins des différents secteurs agricoles. Elles contribuent directement et indirectement à l'augmentation de la valeur ajoutée des productions végétales, des productions animales, des produits de la mer ainsi qu'à la préservation de l'environnement, l'utilisation rationnelle des ressources naturelles et au développement rural.

#### **4. Articulation des activités de l'IAV avec les priorités du Plan Maroc Vert**

La nouvelle stratégie de l'agriculture est un facteur du contexte actuel déterminant pour l'orientation des activités de développement de l'IAV. La stratégie baptisée "Plan Maroc Vert" repose sur un diagnostic de l'agriculture marocaine pour définir des pistes de relance du secteur. Dans un contexte stratégique en profonde mutation, le diagnostic fait ressortir d'un côté, des potentiels de développement importants sur les marchés nationaux et internationaux et de l'autre, un risque d'accélération de la pauvreté en milieu rural. Les orientations de la politique agricole prônées par la nouvelle stratégie visent à consolider les succès acquis et à répondre aux nouveaux défis de compétitivité, d'ouverture et de réduction des disparités.

Ainsi, le Plan Maroc Vert constitue un rendez-vous que l'IAV ne doit pas manquer pour se repositionner dans l'échiquier des priorités nationales et repenser ses activités conformément à ses missions pour un impact plus grand sur l'agriculture marocaine.

L'articulation des activités de l'IAV avec les priorités de ce plan est organisée selon trois axes : formation, recherche-innovation, valorisation-transfert des technologies.

Néanmoins, les actions concrètes peuvent être transversales et recouper les 3 axes simultanément.

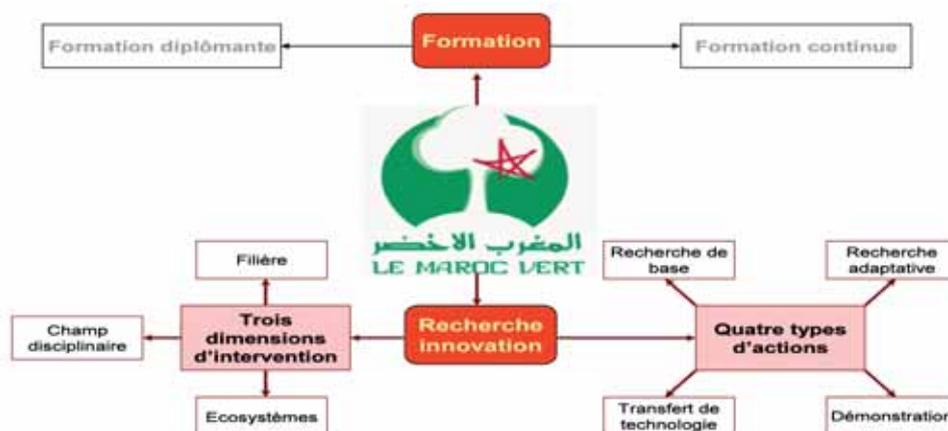
Il convient de noter que le rôle de l'IAV ne peut se limiter à répondre aux besoins immédiats pressants des opérateurs. Il doit également, dans ce cadre, relancer la mise à niveau de sa capacité d'anticipation et être le moteur de l'intégration des sciences et techniques au développement agricole et rural. Pour cela il doit mettre à profit ses expériences de coopération internationale et de travail en réseaux, ainsi que ses compétences longtemps accumulées.

S'agissant tout particulièrement de la composante recherche-innovation, l'établissement doit donc consolider sa vision et sa stratégie de recherche en organisant ses capacités matérielles et humaines (ses équipes) autour d'axes prioritaires et rendre lisible son offre dans le cadre du Plan Maroc Vert. Ainsi, partant du fait que ce dernier n'exclue aucune filière, trois niveaux peuvent être envisagés pour l'intervention de l'IAV en matière de recherche, d'innovation, de valorisation et de transfert des acquis:

- Valorisation des résultats de recherche et transfert de technologies
- Recherche adaptative et participative d'accompagnement
- Recherche autour de thématiques stratégiques faisant intervenir des thèses

La figure 1 schématise le canevas général des points d'articulation des activités de l'IAV avec le Plan Maroc Vert dans les domaines de la formation, la requalification des compétences et de la recherche-innovation-développement.

Figure 1. Canevas d'articulation de l'intervention de l'IAV avec le «Plan Maroc Vert»



## **5. Organisation des capacités**

### **5.1. Coordination**

Dans le souci de mieux répondre aux changements du contexte national et international du secteur de l'agriculture, et particulièrement de la recherche agricole, l'IAV a engagé depuis 2005 des efforts pour insuffler un nouvel élan à ses capacités de recherche à travers une réorganisation selon des axes prioritaires. A cet effet, l'établissement s'est engagé dans une orientation pour organiser les capacités de recherche dont il dispose et valoriser les efforts significatifs, mais dispersés, de sa communauté scientifique. Ainsi, la Direction de la Recherche Scientifique et de la Formation Doctorale (DRSFD) a été créée en 2005 en tant qu'organe de l'établissement permettant d'assurer une coordination des activités de recherche dans un cadre institutionnel de concertation et abritant le Centre des Etudes Doctorales. Cette structure réunit les deux volets recherche et formation doctorale. Elle organise la formation post graduée en cohérence avec les autres programmes de formation et de recherche et encourage des relations d'échange, de coopération et de partenariat à l'échelle nationale et régionale. Elle développe des mécanismes pour s'appuyer sur les capacités de recherche de l'établissement afin d'insuffler un élan à la formation par la recherche et dynamiser la production scientifique à travers les travaux de thèses, particulièrement dans le contexte de la réforme de l'enseignement supérieur selon l'architecture LMD. Sa vision intègre le souci constant de former les lauréats à une recherche d'excellence et leur donner une formation complémentaire tant dans leur domaine spécifique que pour les préparer à la vie professionnelle.

Le travail entamé repose sur le renforcement des groupes de recherche à travers la consolidation d'équipes pluridisciplinaires répondant aux normes de masse critique de compétences scientifiques. Ainsi, mettant en valeur le cadre d'accréditation du cycle de doctorat, l'effort d'organisation actuellement engagé est concentré sur la structuration des unités et des laboratoires en unités de recherche (UR) qui réunissent autour d'un projet, des enseignants-chercheurs aux compétences scientifiques complémentaires pour former une équipe poursuivant un objectif précis dans le domaine de la formation et de la recherche et qui rentre dans leur spécialité.

### **5.2. Axes principaux de recherche**

Les UR se développent sous les axes de recherche principaux prioritaires choisis par l'établissement. Au sein des axes, l'effort de recherche repose sur la définition, la hiérarchisation et le choix d'actions ciblées pour assurer la génération de nouvelles connaissances scientifiques, de savoir-faire et de technologies adaptées aux conditions du pays.

Les actions de recherche conduites par les différents laboratoires de l'IAV rentrent globalement dans 10 axes principaux pluridisciplinaires et fédérateurs. Reposant sur l'orientation stratégique de la recherche, ces axes définis selon une dimension horizontale et une approche thématique touchant à différents secteurs et systèmes de l'agriculture sont :

- La gestion de l'espace, la préservation de l'environnement et l'exploitation rationnelle de la biodiversité agricole pour une production durable.
- La connaissance du vivant et le développement des biotechnologies végétales, animales et microbiennes et leur application à des fins de production et de transformation des produits agricoles.
- La gestion économique de l'eau d'irrigation, l'étude du climat et la mitigation de la sécheresse.
- L'intégration des nouvelles technologies d'information et le développement des systèmes de télédétection et d'information géographique.
- L'amélioration de la production des spéculations végétales et des performances des races animales en harmonie avec les potentialités régionales.
- La diversification des produits agricoles et l'amélioration de leur compétitivité.
- Le développement des bases de l'agriculture biologique et de l'agriculture de précision.
- L'amélioration de la nutrition humaine en favorisant des produits agricoles de qualité et en assurant l'hygiène.
- La connaissance des sociétés rurales, la définition des bases pour la conception de schémas de développement local et régional, et la mise au point des outils et des stratégies d'aide à la décision pour les opérateurs économiques.
- La lutte contre les maladies animales et la protection de la santé publique vétérinaire.

### 5.3. Cartographie des capacités de recherche

Chacun de ces dix axes est décliné en objectifs puis en questions de recherche précises revêtant une dimension sectorielle, verticale. En ce qui concerne le domaine agricole proprement dit, la définition des objectifs est surtout liée aux secteurs et aux filières de production. Cette approche intégrée aboutissant à la présentation matricielle des actions de recherche coïncide harmonieusement avec la stratégie 'Plan Maroc Vert' qui centre ses orientations d'intervention selon les filières (Tableau 1).

Si les 10 axes principaux sont définis pour l'ensemble des intervenants de l'IAV, les objectifs et les thématiques spécifiques de recherche sont déterminés à l'initiative des équipes de recherche et des laboratoires au sein de ces axes. Par conséquent, les aspects sectoriels affichés en colonnes dans la matrice ne sont à ce stade ni exhaustifs ni détaillés. En effet, avec le débat et la concertation entamés au sein de la communauté scientifique de l'établissement, cette matrice sera mise à jour avec la précision progressive des thèmes de recherche.

Dans sa vision globale, particulièrement dans le cadre du 'Plan Maroc vert', l'IAV Hassan II veillera au renforcement des domaines de compétences en matière de recherche et recherche-développement par priorités et en recherchant un positionnement et une complémentarité satisfaisante par rapport aux institutions de recherche nationales. En outre, cette cartographie fournit une base pour réfléchir et orienter la politique de soutien aux équipes et l'encouragement de la recherche par une motivation de visibilité et de dynamique d'ensemble.

Tableau 1. Matrice des axes et thèmes de recherche menée par l'IAV Hassan II \*

Axes principaux	Thèmes multisectoriels (transversaux)	Dimension sectorielle et objective de recherche																	
		Production végétale							Production animale						Industries agro alimentaires	Cartographie et données géospatiales	Forêts		
La gestion de l'espace, la préservation de l'environnement et l'exploitation rationnelle de la biodiversité agricole pour une production durable.	Stratégies génératrices des bases pour la connaissance du vivant et le développement des biotechnologies végétales, animales et microbiennes et leur application à des fins de production et de transformation des produits agricoles.	Cultures ornementales																	
		Cultures négligées																	
		Cultures maraichères																	
		Cultures arboricoles																	
		Plantes industrielles																	
		Grandes cultures																	
		Petits ruminants																	
		Bovins																	
		Chevaux																	
		Dromadaire																	
		Poissons																	
La gestion économique de l'eau d'irrigation, l'étude du climat et la mitigation de la sécheresse.	L'intégration des nouvelles technologies d'information et développement des systèmes de télédétection et d'information géographique.																		
L'amélioration de la production des spéculations végétales et des performances des races animales en harmonie avec les potentialités régionales.	La diversification des produits agricoles et l'amélioration de leur compétitivité.																		
Le développement des bases de l'agriculture biologique et de l'agriculture de précision.	L'amélioration de la nutrition humaine en favorisant des produits agricoles de qualité et en assurant l'hygiène.																		
La connaissance des sociétés rurales, la définition des bases pour la conception de schémas de développement local et régional, et la mise au point des outils et des stratégies d'aide à la décision pour les opérateurs économiques.	Lutte contre les maladies animales et protection de la santé publique vétérinaire																		

\* Les cases colorées en gris correspondent à des thématiques de recherche actuellement en cours à l'IAV Hassan II

## 6. Démarche et approche de recherche

Les recherches que l'IAV a initiées dans différents domaines ont vu l'intervention et la présence continue des enseignants-chercheurs dans différentes régions du pays dans le cadre des projets de recherche-développement. Ces expériences fournissent les bases pour une véritable approche de recherche participative impliquant réellement les partenaires dans toute la chaîne de production, de transformation et de valorisation.

La figure 2 illustre les différentes étapes de la démarche intégrant tout le cycle allant du diagnostic de terrain pour la formulation des questions de recherche au transfert des acquis de la recherche et des innovations technologiques en passant par les différentes étapes d'expérimentation, d'analyse, d'interprétation des résultats, de publication et de formulation des solutions technologiques et techniques aux problèmes de départ.

Reposant sur les approches participatives et des expérimentations à la ferme, la recherche participative comprend des actions de terrain qui impliquent la participation directe des agriculteurs et des agents de développement dans toutes les étapes et les opérations du processus expérimental ou de démonstration. Cette forme d'intervention dans le milieu réel accélère le transfert des résultats et des technologies en assurant un continuum souvent défaillant dans le modèle classique de recherche en station. Ainsi, des plateformes régionales et locales de transfert seront progressivement créées à travers des réseaux des essais avec la parfaite participation des professionnels (producteurs, industriels, etc.).

Figure 2. Approche globale de recherche de l'IAV Hassan II



## 7. Cas du domaine animal

L'IAV dispose d'un potentiel humain unique de chercheurs spécialisés dans le domaine de l'élevage et de la santé animale. Composée de 70 enseignants-chercheurs formés dans les différentes disciplines de physiologie, de pathologie, de médecine, d'hygiène, de santé publique vétérinaire, et de production animale, cette communauté scientifique encadre chaque année une moyenne de 70 thèses vétérinaires et travaux de fin d'études en rapport avec ce secteur. A cela, il faut ajouter la soutenance de 2 à 3 Thèses d'Etat par an et l'implication de la communauté scientifique dans de nombreux partenariats avec des structures scientifiques et de développement à l'échelle nationale et internationale.

Une des caractéristiques de cette recherche est son caractère multidisciplinaire très marqué. En effet, en dehors des champs disciplinaires classiques de Médecine Vétérinaire et d'Agronomie, les recherches en sciences et médecine animales bénéficient aussi de l'apport d'autres disciplines qui coexistent au sein de l'établissement telles que la génétique, l'écologie, les systèmes d'information géographique, les sciences humaines et sociales, .. Cela renforce le caractère intégré des programmes et consolide la démarche participative appliquée par les équipes de chercheurs.

Dans ce cadre, les recherches engagées concernent aussi bien des axes transversaux (biotechnologies, produits de terroir, ..) que les principales filières lait, viande bovine, petits ruminants, dromadaire, volaille. Le nombre et la diversité des programmes engagés et des équipes en place rendent impossible une présentation exhaustive de ces thématiques. Aussi, se limitera-t-on dans ce qui suit à quatre exemples de programmes pour illustrer les démarches méthodologiques appliquées et les résultats acquis par les équipes de l'IAV.

### 7.1. Programme de recherche sur les petits ruminants

L'amélioration des performances des races animales en harmonie avec les potentialités régionales appliquée au domaine des petits ruminants constitue un des programmes phares de recherche conduits à l'IAV. Le Maroc est un pays d'élevage de petits ruminants : avec 0.73 tête par habitant, il se situe parmi les pays du pourtour méditerranéen les mieux dotés en ovins et caprins. Ces derniers contribuent à hauteur de 40% à la production de viande rouge totale (données de 2007) mais la productivité unitaire reste faible traduisant l'existence de nombreux facteurs limitants.

Les programmes de recherche sur les petits ruminants conduits depuis plus de 25 ans sont multidisciplinaires et impliquent plusieurs composantes en rapport avec la nutrition et l'alimentation, la physiologie, la génétique – reproduction, la parasitologie – pharmacie, toxicologie et maladies infectieuses, l'écologie et le pastoralisme, et enfin la socio-économie.

Ces programmes se caractérisent aussi par leur implantation dans des régions écologiquement très contrastées : Tadla, Moyen Atlas, Gharb, Oriental, Régions oasiennes. Ils comportent un volet scientifique important qui a permis à la communauté scientifique de l'IAV d'apporter des contributions significatives dans la compréhension de plusieurs mécanismes comme le déterminisme génétique de la prolificité chez les

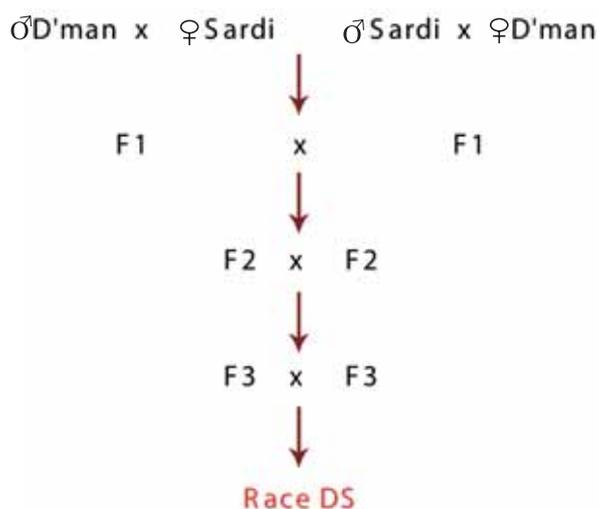
ovins, la caractérisation de la valeur nutritive des fourrages et sous produits en climat chaud, la physiologie de la reproduction, l'écophysiologie des plantes sur parcours, l'épidémiologie, la pathologie ovine en région méditerranéenne... Un grand nombre d'articles scientifiques ont été publiés dans des revues internationales. Mais cette recherche a permis aussi la production de packages technologiques destinés aux éleveurs et aux techniciens et largement diffusés sur le terrain. Elle a enfin donné l'occasion de nouer de multiples partenariats scientifiques et techniques nationaux et internationaux (ANOC, Privé, Direction de l'Elevage, ORMVA, DPA, FAO, OIE, CGIAR, Coopération Bilatérale, UE, ..).

Parmi les réalisations importantes de ce programme figure le développement de la race synthétique ovine DS. Il s'agit d'une nouvelle race synthétique composée de 50% de sang D'man et 50% de sang Sardi (Figure 3). Développée à la ferme expérimentale du Tadla de l'IAV entre 1989 et 1998 dans le cadre d'un projet de recherche collaborative financé par l'USAID (SR-CRSP) et impliquant en particulier des chercheurs de l'Université de Californie Davis (USA), cette race se distingue par des aptitudes maternelles intéressantes parmi lesquelles :

- une prolificité moyenne de 150% avec une fréquence élevée de portées doubles,
- une puberté précoce,
- une saison sexuelle étendue sur toute l'année,
- une bonne production laitière et une conduite facile.

Les résultats des tableaux 2 et 3 indiquent que malgré sa prolificité élevée, la race DS produit des agneaux avec une croissance satisfaisante et similaire à celles des agneaux des autres races locales marocaines. Ils ont également des performances d'engraissement et des caractéristiques de carcasse intéressantes. Ces résultats permettent donc de mettre à la disposition des éleveurs un nouveau matériel génétique ovine à haute performance.

**Figure 3 : Développement de la race synthétique ovine DS (I. Boujenane)**



**Tableau 2 : Performances des ovins des races Sardi, D'man et DS à la ferme d'application (I. Boujenane)**

Race	Brebis			Agneaux		
	Fertilité (%)	Prolificité (%)	Productivité (kg)	Poids naiss. (kg)	Poids à 90 j (kg)	Viabilité 0-90j (%)
Sardi	91	115	19,1	3,34	16,6	88,4
D'man	85	202	21,5	2,69	14,3	90,0
<b>DS</b>	<b>92</b>	<b>157</b>	<b>20,1</b>	<b>2,73</b>	<b>15,3</b>	<b>87,3</b>

**Tableau 3 : Performances des brebis de race DS chez les éleveurs pratiquant le croisement industriel (I. Boujenane)**

Elevage	Brebis DS			Agneaux croisés		
	Fertilité (%)	Prolificité (%)	Productivité (kg)	Poids naiss. (kg)	Poids à 90 j (kg)	Viabilité 0-90j (%)
Dar El Gaddari	100,0	165	36,9	3,75	23,8	93,9
Bouznika	88,9	185	23,0	3,29	20,2	61,5
Had Soualem	92,3	133	28,9	2,79	21,7	100,0
Azemmour	100,0	130	36,1	4,13	27,8	100,0
<b>Total</b>	<b>96,1</b>	<b>153</b>	<b>32,8</b>	<b>3,53</b>	<b>23,6</b>	<b>90,7</b>

En marge de ces résultats, cette recherche a permis de contribuer à élucider pour la 1<sup>ère</sup> fois le déterminisme héréditaire de la prolificité élevée de la race D'man que l'on rencontre exclusivement dans les zones oasiennes marocaines. Ainsi, le croisement de la race prolifique D'man avec la race non prolifique Sardi pour produire les animaux F1 réciproques, F2, les croisés en retour D'man et les croisés en retour Sardi a permis de suivre les paramètres taux d'ovulation et taille de portée à la naissance des brebis de ces différents types génétiques. L'analyse statistique des performances des différents types génétiques a montré que la prolificité de la race D'man est contrôlée par plusieurs gènes comme les races Finnoise et Romanov, et non pas par un gène majeur comme c'est le cas chez les races Booroola australienne ou Inverdale Néo-Zélandaise (I. Boujenane). Cette conclusion a été confirmée en 2006 par le même chercheur en utilisant cette fois-ci les techniques de génétique moléculaire en collaboration avec une équipe Néo-Zélandaise. La détection du QTL (Quantitative Trait Loci) responsable de la haute prolificité de la D'man devrait être la prochaine étape dans cette recherche.

## 7.2. Biotechnologies appliquées aux productions animales

A travers ses recherches, l'IAV contribue à la production fondamentale scientifique sur la connaissance du vivant et valorise les avancées et les connaissances récentes. Différentes équipes de recherche conduisent des travaux sur les mécanismes du vivant dans des domaines variés relatifs à la plante, l'animal et les microorganismes. Les diverses biotechnologies issues des développements récents de la biologie moléculaire permettent d'envisager des avancées significatives dans les domaines de connaissances biochimiques, physiologiques, génétiques et génomiques des organismes vivants. Elles permettent par ailleurs d'envisager des applications agronomiques diverses telles que l'identification et la traçabilité des organismes vivants et de leurs produits, l'efficacité accrue des méthodes d'amélioration génétique (sélection assistée par marqueurs, haplodiploïdisation, transformation génétique, fusion cellulaire...) et de multiplication des plants et des semences (culture d'embryon, embryogenèse somatique...).

Comme pour les productions végétales, les recherches en sciences et médecine animales poursuivies sous cet axe concourent à mettre au point des innovations et des systèmes de production prenant en compte la protection de l'environnement, la qualité des produits et la viabilité économique. En parallèle, ces recherches mettent l'accent sur la qualité sanitaire et la traçabilité des différentes productions. Les projets conduits concernent notamment:

- l'élaboration de stratégies génétiques et zootechniques pour adapter les espèces animales aux potentialités locales,
- l'épidémiologie des maladies infectieuses et parasitaires -les maladies périnatales- les troubles de la reproduction et de la lactation et les troubles nutritionnels,
- les relations entre types d'élevages et pathologies,
- l'impact des zoonoses, des toxi-infections ou des médicaments vétérinaires sur la santé humaine et la commercialisation des produits,
- la réduction des intrants en agriculture en améliorant l'efficacité alimentaire des animaux en diminuant le recours aux produits vétérinaires,
- la conception de nouveaux systèmes de production innovants et durables en prenant en compte la diversité des critères d'évaluation de la durabilité.

Les thématiques de recherche sous cet axe incluent :

- Étude de marqueurs génétiques sanguins
  - Chevaux, bovins, ovins, caprins et dromadaire
  - Caractérisation génétique par PCR des animaux et rationalisation de l'élevage
  - Analyse de la filiation
- Diagnostic et épidémiologie des maladies infectieuses
  - Application de techniques variées (ELISA, CATT, PCR, IFAT, RAPD et western blot)
  - Infections abortives chez les petits ruminants
  - Arboviroses animales (peste équine, West Nile, Blue Tongue,...)
  - Tuberculose et paratuberculose animales
  - Viroses respiratoires des ruminants
  - Entérotoxémies et maladies à clostridium
  - Leishmaniose canine
  - Salmonellose et colibacillose aviaires
  - Protozooses transmises par les tiques (theileriose, babésiose et anaplasmosé)
- Mise au point de vaccins
  - Vaccin à ADN recombinant contre les coccidies majeures du poulet
  - Vaccin moléculaire contre la leishmaniose canine

A titre d'illustration du volet diagnostic et épidémiologie, on peut citer les recherches conduites sur les hémoparasitoses dominantes des bovins au Maroc qui font appel aux méthodes de biotechnologie. Ce travail s'intéresse à l'étude des hémoparasitoses vectorielles, les babésioses, la theileriose et l'anaplasmosé, en tant que facteurs limitants au développement de l'élevage des ruminants.

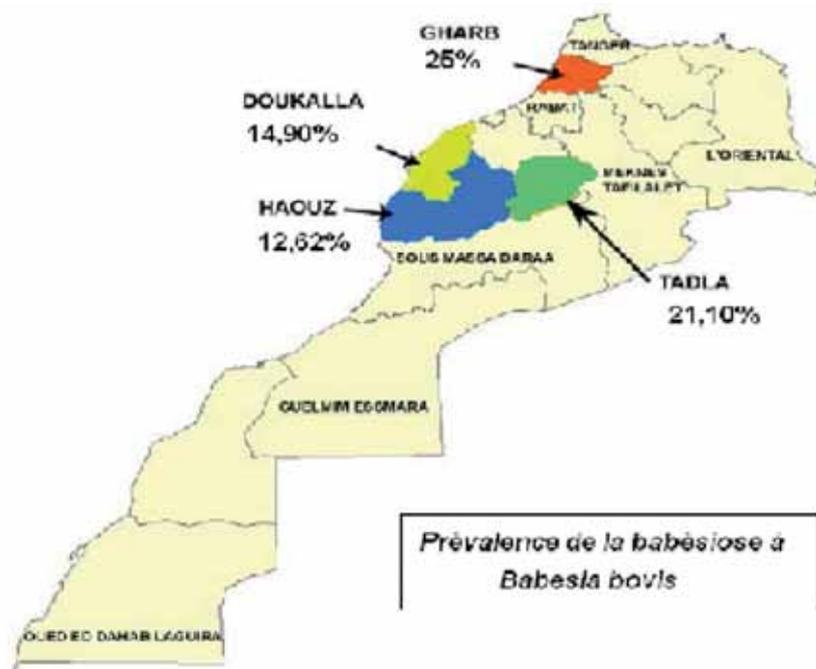
Les efforts consentis par différents chercheurs impliqués dans l'étude de ces aspects, ont permis la mise à jour d'un certain nombre de données concernant ces pathologies chez les bovins. L'ensemble des résultats obtenus sur les tiques et les maladies transmises par les tiques révèle qu'il s'agit de maladies endémiques chez le bovin au Maroc dont l'impact

économique est extrêmement marqué. En effet, ces maladies sont mortelles lorsqu'elles ne sont pas traitées ou si elles font l'objet d'une intervention trop tardive. C'est le cas pour les formes foudroyantes chez des animaux à hautes performances ou provenant de régions indemnes (Europe, Amérique du nord). Dans ces cas, l'évolution est toujours fatale ; dans les autres cas, les hémoparasitoses sont suivies d'une convalescence longue, associée à un retard de croissance non négligeable chez le jeune, à un arrêt prolongé de la lactation chez l'adulte.

Etant donné la complexité des cycles biologiques de ces complexes pathogènes/vecteurs, l'abondance des espèces de tiques et la présence de plusieurs hémoparasitoses avec des prévalences très élevées allant jusqu'à 50%, la lutte contre ces maladies réside dans le développement de moyens de diagnostic performants. Les travaux menés par l'équipe de A. Rhalem et H. Sahibi de l'IAV durant ces dix dernières années ont été conduits sous l'angle du diagnostic et la prévention de ces pathologies. En effet, des outils de diagnostic immunologique utilisant des antigènes à ADN recombinants et de biologie moléculaire ont permis de clarifier la situation épidémiologique, notamment la détermination de la prévalence de chaque maladie et l'élucidation des mécanismes de transmission.

Vu l'existence d'une co-infection au niveau de la même exploitation voire chez le même animal, la même équipe a réussi à cartographier la distribution de chaque maladie au niveau de quatre régions irriguées à vocation bovine. Ces données mises à la disposition des vétérinaires praticiens permettraient certainement de faciliter le diagnostic et d'optimiser les protocoles de traitement (Figure 4).

**Figure 4 : Prévalence de la babésiose à *Babesia bovis* (A. Rhalem et H. Sahibi)**



### 7.3. Programme de recherche sur le Dromadaire

Le Dromadaire (*Camelus dromedarius*), est l'une des espèces les plus valorisantes des faibles ressources de son écosystème. Grâce à ses particularités anatomo-morphologiques, cet animal montre une adaptation particulière aux conditions hostiles de son milieu en préservant un potentiel relativement élevé en matière de productions : viande, lait, laine, transport, labour...

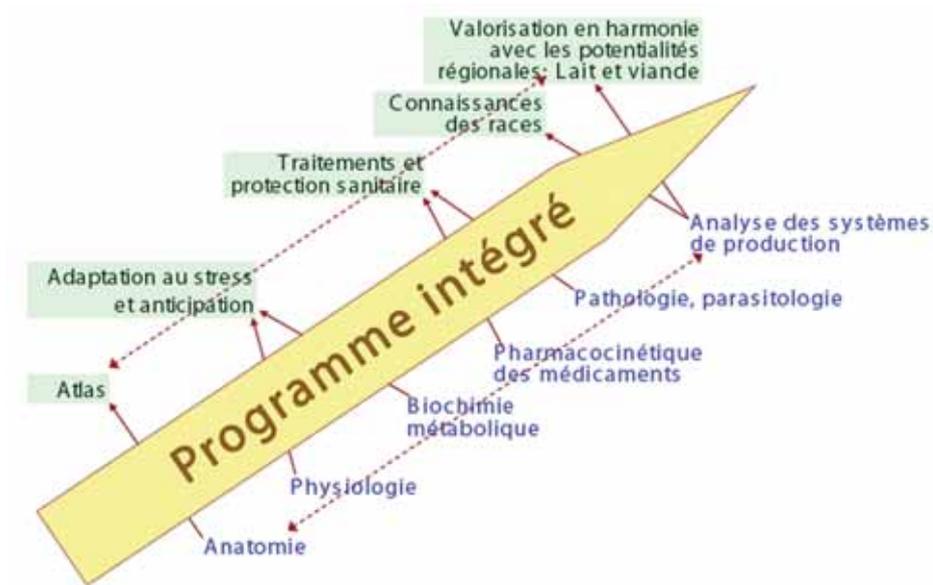
Durant les dernières décennies, le cheptel camelin au Maroc, a enregistré une baisse très marquée de ses effectifs : de 120.000 têtes en 1975 à 30.000 en 1990. A partir de cette date, l'effort de reconstitution du cheptel a permis de redresser les effectifs qui ont atteint près de 182.000 en 2005. Cet effort a été soutenu par l'intérêt apporté par la communauté scientifique de l'IAV à cette espèce. En effet, plusieurs travaux de recherche et études relevant des différentes disciplines ont contribué à une bonne connaissance de l'espèce et de la population cameline locale. Ils concernent notamment l'anatomie, la physiologie, la biochimie et la pharmacocinétique, la pathologie et l'analyse des systèmes de production (Figure 5). Ils ont abouti à des résultats originaux ayant trait à une meilleure connaissance des particularités anatomo-physiologiques de cette espèce. Plusieurs propositions pratiques relatives à la protection sanitaire des animaux, la connaissance des races, une meilleure valorisation des productions lait et viandes en harmonie avec les potentialités régionales ont pu être formulées.

La caractérisation de cette population a débuté en 1988 par des travaux effectués à l'IAV et portant sur la biochimie clinique et le polymorphisme des albumines et des transferrines. En 1997, une autre étude complémentaire s'est intéressée à la caractérisation de la population cameline au sud du Maroc en se basant sur les caractères phénotypiques entre les différentes races et la caractérisation génotypique par l'analyse du polymorphisme des systèmes protéiques. Le regroupement des résultats de ces recherches ainsi que les enquêtes menées par la Direction d'Élevage, ont permis de distinguer quatre à cinq variétés du Dromadaire au Maroc : le Jebli, le Blanc, le Marmouri, le Guerzni et le Khouari.

Toutefois, cette classification phénotypique restait insuffisante et sujette à controverse et ce en regard de l'identification incertaine et souvent difficile de ces différentes variétés. Le recours récemment par une équipe de l'IAV (M. Piro et al.) à une technique de biologie moléculaire basée sur 11 marqueurs microsatellites pour étudier la variabilité génétique de la population cameline au Maroc a montré l'existence de deux races bien distinctes :  
- «La race du Nord» avec deux populations : le Blanc et le Jebli.  
- «La race du Sud» ou «Sahraoui» avec trois populations : le Guerzni, le Khouari et le Marmouri.

Ces résultats revêtent un intérêt particulier, d'une part, parce que cette classification en deux races, du Nord et du Sud, correspond parfaitement à la répartition géographique des variétés existantes. D'autre part, une telle classification constitue la base des recherches qui seront entamées prochainement et qui porteront sur l'étude du potentiel et du rendement de chaque race et variété en vue d'améliorer les performances de production et de reproduction du Dromadaire dans son milieu naturel.

**Figure 5 : Approche écosystème – produits de terroir : cas du dromadaire**  
(Kh. Allali et M. Piro)



#### 7.4. La lutte contre les maladies animales et protection de la santé publique vétérinaire : cas des maladies émergentes et ré-émergentes

Une maladie émergente ou ré-émergente est désignée comme étant une maladie nouvelle, une nouvelle forme d'une maladie présente ou aussi une maladie présente qui survient en dehors de son espace géographique habituel. L'émergence ou la ré-émergence d'une maladie tient à une série de facteurs, entre autres :

- le comportement de l'homme, ses activités et l'évolution de son mode de vie,
- le développement non intégré des activités agricoles avec les conséquences qui en découlent pour l'environnement et la biodiversité,
- les aléas climatiques et autres phénomènes naturels,
- la nature des agents pathogènes, leurs réservoirs naturels et leurs vecteurs.

Les actions de développement entreprises par un pays peuvent avoir des conséquences sur la santé du cheptel et l'environnement. En effet, l'intensification des systèmes de productions animales peut accroître l'incidence des maladies contagieuses à caractère enzootique et à conséquences hygiéniques et économiques graves. Les grands aménagements hydro-agricoles contribuent, à leur tour, à la création et l'élargissement de zones humides à risque pour les maladies influencées par les facteurs de l'environnement et la création de conditions favorables à l'activité des vecteurs biologiques ou la concentration des réservoirs naturels pour certains agents pathogènes.

Au Maroc, trois maladies émergentes et ré-émergentes ont fait une apparition récente, à savoir, la fièvre catarrhale du mouton ou Blue Tongue, la Fièvre du Nil occidental ou West Nile (apparition en 1996 et réapparition en 2003) et la maladie hémorragique enzootique

du cerf (apparition chez les bovins en 2006). Ces maladies ont en commun plusieurs facteurs, entre autres, une transmission vectorielle (moustiques), une apparition en années à pluviométrie normale et une occurrence en zones humides.

Conscients du rôle qu'ils peuvent jouer vis à vis de l'émergence ou la ré-émergence des maladies animales à l'échelle du Royaume, les chercheurs de l'IAV ont accordé une attention particulière à ce groupe de pathologies depuis plus de deux décennies. Ce rôle naturel, voire parfois exclusif, touche à l'identification et définition des besoins nouveaux en formation, à l'appui technique et scientifique aux autorités sanitaires et décideurs, à l'appui méthodologique pour les investigations du terrain et du laboratoire ainsi qu'à la contribution à l'élaboration des stratégies de surveillance et de lutte ou aux approches d'analyse et de gestion des risques sanitaires.

Différentes maladies ont retenu l'attention d'équipes multidisciplinaires de recherche à l'IAV. A titre d'exemple, les travaux sur les maladies infectieuses telles que l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB), la peste équine, la fièvre catarrhale du mouton (Blue Tongue) et la Fièvre du Nil occidental (West Nile) ont impliqué un nombre important de chercheurs de l'IAV en plus d'autres partenaires nationaux et étrangers. De même, les maladies parasitaires telles que la leishmaniose, les rickettsioses, les ehrlichioses, les neosporoses canine et bovine, la myiase et la bilharziose cutanée ont impliqué plusieurs partenaires étrangers (Tableau 4).

**Tableau 4 : Maladies émergentes et ré-émergentes : bilan des études réalisées à l'IAV (M. Bouslikhane et al.)**

Maladie	Partenariats
Encéphalopathie Spongiforme Bovine (ESB)	Direction de l'Élevage
Peste équine	Direction de l'élevage, INIA de Madrid Espagne, CNEVA France (Actuelle AFSSA)
Blue Tongue	Coopération Espagnole, CIRAD-EMVT France, Projet régional FAO
Leishmaniose	OMS, Institut Pasteur France et Tunisie, NIH USA
Rickettsioses et Ehrlichioses	Gendarmerie Royale, Italie, USA, UK
Neosporoses canine et bovine	Coopération Belge, Coopération Espagnole
Bilharziose	OMS, CE, CNRS France
Fièvre du Nil occidental (West Nile)	UE, Direction de l'Élevage, TCP FAO

En matière de coopération et de recherche, la contribution et les apports de l'IAV dans le domaine des maladies émergentes et ré-émergentes sont nombreux, à savoir :

- Développement et validation de systèmes d'information sanitaire performants et adaptés au contexte du pays pour renforcer les systèmes national de surveillance épidémiologique et de veille sanitaire.
- Prédiction des risques sanitaires en fonction des changements climatiques et environnementaux et analyse de risque d'introduction de maladies exotiques par le

développement et la validation des approches prédictives basées sur la modélisation et les technologies spatiales (télédétection, SIG,...).

- Développement des outils de diagnostic et de dépistage des maladies exotiques ou émergentes pour soutenir les systèmes de surveillance.
- Mise en place des plans de gestion des risques sanitaires (anticipation d'actions de lutte, plans de contingence et de réaction précoce).
- Suivi et évaluation des mesures de gestion de risque mises en place et proposition des réajustements dictés par l'évolution épidémiologique.
- Apport d'avis scientifique et participation aux comités de vigilance et cellules de crises sanitaires.

## Conclusion

Depuis sa création en 1966, l'IAV a fait de la recherche/développement une des pierres angulaires de sa stratégie en matière de contribution à l'essor de l'agriculture marocaine. Fort d'un potentiel humain scientifique de haut niveau formé sur les cinq continents, l'IAV a pu nouer des relations de coopération et de partenariat avec une multitude d'institutions scientifiques de formation et de recherche agricoles nationales et internationales de renommée. C'était un des meilleurs gages pour asseoir la réputation de cet établissement, de sa communauté scientifique et de ses lauréats. Il en a découlé l'accumulation d'une masse considérable de résultats et d'innovations techniques qui ont été d'une grande utilité pour la modernisation de l'agriculture marocaine.

Aujourd'hui, cet instrument de recherche qui a largement su faire les preuves de son efficacité commence à montrer quelques signes d'essoufflement : manque de recrutement de jeunes enseignants-chercheurs, absence d'un budget réservé à la recherche et à la formation doctorale, tassement des programmes de coopération internationale, .. Pourtant, les défis en terme de sécurité alimentaire, de lutte contre la pauvreté, de préservation des ressources naturelles, .. sont plus préoccupants aujourd'hui qu'ils ne l'étaient il y a 40 ans.

L'arrivée du Plan Maroc Vert constitue donc une occasion unique pour l'IAV pour s'inscrire pleinement dans cette nouvelle stratégie qui va déterminer le sort de l'agriculture marocaine pour les 15 années à venir. Mais c'est aussi une opportunité pour l'IAV de bénéficier d'un nouveau programme de soutien humain et matériel indispensable pour consolider les équipes, rénover les laboratoires et développer de nouvelles capacités d'innovation et d'anticipation.

## DISCUSSION

### **Pr. Mohamed Besri (CSTV)**

J'ai tout simplement un petit commentaire. Nous avons eu deux très bons exposés qui décrivent un peu les acquis de la recherche en matière de productions animales et de productions végétales. Pr. Fouad Guessous a beaucoup insisté sur la formation. Je voudrais tout simplement préciser que les huit étapes de formulation et d'approche de la recherche qu'il a décrites depuis le diagnostic jusqu'à l'application des résultats de recherche sont également conduites par les chercheurs mais également les étudiants en cours de formation qui sont fortement impliqués dans ces programmes de recherche et de développement.

Pendant leur formation à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, les étudiants suivent plusieurs stages, des stages en exploitation, des stages de développement, qui leurs donnent les bases pour comprendre comment fonctionne une exploitation agricole. L'originalité de ces stages, c'est que dans ces exploitations agricoles nous n'avons pas que les agronomes en binômes mais nous avons un vétérinaire avec un agronome travaillant ensemble dans la même exploitation pour comprendre son système de fonctionnement notamment tant sur le plan animal, végétal que sur les aspects socio-économiques.

En plus des deux cent cinquante thèses de Doctorat d'Etat qui ont été soutenues, je crois qu'il faudra beaucoup insister sur la contribution des étudiants dans ces programmes de formation et de recherche. Nous avons à peu près 220-230 lauréats par an et donc autant de mémoires ou thèses, et donc nos étudiants ont fortement contribué à ce qui a été présenté par le Pr. Fouad Guessous. Par conséquent, je crois que Pr. Guessous a beaucoup mis l'accent sur la recherche, mais il y a également un aspect formation par la recherche des étudiants de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, ce qui fait que lorsqu'ils obtiennent leurs diplômes, on peut dire que nous avons en quelque sorte des ingénieurs fonctionnels. Voilà donc la précision que je voulais apporter.

**Question émanant de l'audience :** Je voudrais poser deux questions au Pr. Badraoui. Quel est le budget de l'INRA? Quel est le rôle que va jouer l'INRA dans le cadre du Plan «Maroc Vert» et est-ce que ce plan a réservé un montant précis pour développer la recherche agronomique?

### **Pr. Mohamed Badraoui (Directeur de l'INRA, Maroc)**

Merci pour ces deux questions pour lesquelles il y a des réponses claires. L'INRA a un budget de fonctionnement relativement important parce qu'il s'agit de salaires, c'est environ 140 millions de dirhams. Il a également un budget d'investissement pour supporter la recherche au niveau des différents centres qui est d'environ 80 millions de dirhams.

Par rapport au Plan «Maroc Vert», il est évident qu'on ne peut pas relever le défi d'atteindre les objectifs de ce plan sans une implication assez forte de la recherche et de la connaissance. Nous voyons ça à travers différents niveaux. D'abord au moment de la préparation des projets des seize régions; nos centres régionaux ont été impliqués comme partenaires dans cette opération et chaque fois qu'il y a un besoin en recherche-développement au niveau régional les activités ont été inscrites au niveau de ces projets

et évalués et budgétisés. Deuxièmement, il est demandé aux différents promoteurs de projets au niveau des régions de réserver un montant de l'ordre de 2 à 5% du chiffre d'affaires des projets. Nous pouvons toujours intervenir pour répondre aux besoins au moyen de ce budget qui est inscrit dans le cadre de ces projets. Le plus important, c'est l'accompagnement de ces agrégateurs qui ne sont pas nécessairement des professionnels de l'agriculture, qui ont les moyens, qui veulent investir parce qu'il y a des opportunités importantes dans le secteur. Notre système de recherche agronomique, pas nécessairement que l'INRA mais aussi l'IAV Hassan, l'ENAM et d'autres compétences au niveau des Universités ou ailleurs, peuvent accompagner les différents investisseurs d'abord pour leur montrer quelles sont les technologies disponibles qui peuvent être utilisées pour les filières qu'ils ont choisies, et identifier avec eux quels sont les besoins en recherche-développement à élaborer et surtout accompagner les agrégateurs par rapport aux agrégés en vue d'augmenter leurs capacités en matière de production. Nous pensons que la recherche agronomique est un levier extrêmement important pour atteindre ces objectifs et nous pensons que nous pouvons apporter une valeur ajoutée aussi importante pour la mise en œuvre des projets. De cette manière là, nous n'allons pas avoir un budget pour avoir un budget.

Je voudrais profiter de cette occasion pour dire que ces institutions n'ont jamais eu des budgets à la hauteur de leurs missions. Il y a toujours eu un cadrage au niveau du Département des Finances sans qu'il y ait une évaluation précise des besoins en recherche. A côté de cela, il y a possibilité de générer des fonds par la vente de nos services et des royalties qui permettent un autofinancement à hauteur de 10%.

**Question émanant de l'audience :** Je voudrais juste avoir un éclaircissement puisque vous avez évoqué le palmier-dattier pour savoir si vous avez combattu le bayoud ou bien vous avez créé une espèce qui résiste au bayoud et est-ce que cette technologie a été exportée via la coopération à d'autres pays comme ceux du Golfe?

**Pr. Mohamed Badraoui** (Directeur de l'INRA, Maroc)

Ce que je peux vous dire c'est que la lutte contre le bayoud par des traitements n'a pas d'efficacité, mais c'est plutôt la création variétale de variétés résistantes au bayoud qui a été suivie. Il ya une variété nationale qui est résistante au bayoud, et nous avons également 7 clones de variétés résistantes et nous essayons maintenant de multiplier le palmier-dattier à travers ces nouvelles variétés pour reconstituer notre palmeraie. Le Maroc a toujours été un centre d'expertise et interpellé par les pays producteurs de dattes, spécialement au Moyen-Orient. Force est de constater que nous qui avons l'expérience et l'expertise scientifique, c'est nous avons le minimum de productivité et la palmeraie la plus dégradée. C'est à nous de travailler pour rendre notre palmeraie comme elle devrait l'être.

**Pr. Taieb Chkili** (Directeur des Séances)

Demain matin, nos travaux auront lieu sous forme de panel avec la participation des professeurs : Tamas Nemeth, Mohamed Badraoui, Francisco Garcia-Garcia et Noureddine El Aoufi et sous la direction de notre collègue le Pr. Albert Sasson.

Je vous remercie tous.



**PANEL**  
**CRISE ALIMENTAIRE :**  
**APPORT DE LA RECHERCHE,**  
**PRODUIRE PLUS ET MIEUX**



## PANEL

### «PRODUIRE PLUS ET MIEUX»

*Moderateur : Pr. Albert Sasson*

*Membres du Panel : Pr. Tamás Németh, Pr. Mohamed Badraoui,  
Pr. Francisco Garcia-Garcia, Pr. Noureddine El Aoufi*

**Modérateur :**

Pr. Albert SASSON, Membre résident de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques



**Membres du Panel :**

Pr. Tamás NEMETH, Secrétaire Général de l'Académie des Sciences de Hongrie



Pr. Mohamed BADRAOUI, Directeur Général de l'Institut National de la Recherche Agronomique (Maroc)



Pr. Francisco GARCIA-GARCIA, Directeur général de l'aménagement forestier et conservation des sols, Ministère de l'environnement et des ressources naturelles, Mexique; Membre associé de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques



Pr. Noureddinne EL AOUI, Professeur à la Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales-Agdal, Rabat (Maroc); Membre résident de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques



**Pr. Albert Sasson** (CSTV, modérateur)

Bonjour à tous. Nous devons commencer avec un peu de retard. Ce panel fait suite donc à la journée d'hier qui était consacrée à la présentation de la problématique générale de ce que nous appelons «la crise alimentaire mondiale». Ce panel prétend essayer de proposer des solutions fondées sur la recherche scientifique et technique. Nous sommes, faut-il le rappeler dans une académie des sciences et techniques, qui en plus dans le cas du Maroc est un organisme opérateur c'est-à-dire qui contribue à la promotion, au financement et au soutien de la recherche scientifique.

Nous avons un panel de quatre présentations qui vont durer entre 15 et 20 minutes afin de laisser le plus de temps pour le débat et aussi pour tirer quelques conclusions. Alors, je voudrais introduire le panel en rappelant un certain nombre de faits qui me semblent s'imposer à nous :

- L'année 2008 a été une année exceptionnelle, pour paraphraser Sa Gracieuse Majesté du Royaume Uni, on dirait : l'*annus horribilis*. C'était l'année de toutes les horreurs. Le monde a souffert d'une crise financière sans précédent, suivie d'une crise économique et sociale dont nous voyons les conséquences. Il suffit tout simplement d'écouter la radio ou de regarder la télévision ou de lire surtout la presse pour voir les hécatombes par exemple en matière de chômage. L'Espagne a pratiquement 20% de sa population active sans travail. Imaginez toutes les fraudes que nous avons eues, la spéculation horrible et évidemment en même temps que tout ça la crise alimentaire. Si on voulait paraphraser l'approche médicale, le premier symptôme que nous avons eu c'était des prix à des niveaux absolument inconnus jusque-là, en même temps bien sûr que les prix des matières premières, le prix du pétrole, les prix des métaux, etc. Donc, on a eu un certain nombre de symptômes que personne ne peut nier : celui des prix, c'est clair, la fluctuation de ces prix on le sait sur le plan de l'histoire, la faim, la rétention des exportations (Vietnam, Thaïlande).
- Cette obsession de la sécurité alimentaire qui va au-delà des frontières, on va aller à des milliers de kilomètres louer de la terre ou l'acheter et la cultiver pour s'approvisionner régulièrement. Ceci n'est pas de la fiction, c'est Daewoo, la grande compagnie sud-coréenne, qui va louer pour 99 ans à Madagascar une surface équivalente à la moitié de la surface de la Belgique, pour y cultiver pendant des décennies du maïs, de l'huile de palme et s'assurer un approvisionnement régulier en Corée du sud. Les monarchies du Golfe font de même, le Président de l'Éthiopie qui offre ses terres, etc.
- Autre symptôme de la crise au point que la FAO nous dit : est-ce qu'on n'assiste pas à un nouveau colonialisme fondé sur la sécurité alimentaire? Nous en avons hier évoqué les causes, on a parlé bien sûr des climats (les sécheresses d'Australie et d'Ukraine). Ce que connaît aujourd'hui l'Australie à nouveau avec les incendies, ce que connaît la Californie qui en cinq ans est en train aujourd'hui de perdre des milliards de dollars de revenus agricoles parce qu'il n'y a pas d'eau. Pour la première fois dans l'histoire de cet Etat, le fédéral ne va pas donner de l'eau aux fermiers. Imaginez, donc, les conséquences sur le commerce américain et sur les ouvriers mexicains dans le secteur des fruits et des primeurs qui ne renvoient pas chez eux les remesas.
- Il y a aussi des problèmes phytosanitaires graves : la rouille se propage à des vitesses assez inquiétantes, le prix du pétrole et les prix de tous les intrants agricoles, les

fertilisants et le transport. Ce dernier a augmenté de 30% et cela se répercute sur le consommateur. Nous avons également évoqué les agro-carburants et les freins aux exportations. Nous avons dit qu'il ne s'agit pas de crise alimentaire *sensu stricto* mais de crise nutritionnelle permanente. Là, je crois que, les gens de bonne foi s'entendent sur la conclusion du diagnostic :

- Cette crise révèle que nous avons négligé de façon coupable l'agriculture, le développement rural et que la demande n'est pas satisfaite par la production.
- Nous avons également négligé la qualité de cette production. Il s'agit de produire des aliments non toxiques, qui apportent un bénéfice au consommateur et si possible agréables à manger.
- Pour introduire ce panel, l'idée était de demander qu'est ce qu'on fait devant tout ça? Nous avons vu hier à travers les exposés des Prs. Badraoui, Guessous, Ait Kadi et des collègues qui sont venus de l'extérieur que nous avons les instruments. Même si nous l'avons négligé depuis les années 70, ces instruments sont la bonne agronomie (agriculture raisonnée) qui s'applique à l'eau, au sol, aux semences améliorées, à leur fertilisation, à des productions adaptées, etc.

Nous avons un nouvel instrument que nous n'avions pas il y a dix ans qui est la connaissance profonde de la génétique des plantes cultivées (la génomique) et nous avons grâce à cette génomique des moyens d'intervenir pour arriver à avoir des variétés cultivées beaucoup plus vite et beaucoup plus adaptées. L'une des priorités de toutes les priorités étant l'adaptation à la sécheresse. C'est sur quoi toutes les compagnies semencières du monde et tous les instituts agronomiques mettent aujourd'hui leurs efforts. Je suis heureux de vous dire, qu'en 2012, on aura, pour la première fois, cultivé à grande échelle un maïs tolérant à la sécheresse, notamment en Afrique et aux Etats-Unis d'Amérique. Ça va être le plus grand progrès sans doute, et que les nouvelles que nous avons sur la génomique du maïs, la génomique du blé et la génomique du mil sont tout à fait prometteuses. Nous avons aussi, bien sûr, les biotechnologies végétales, mais il nous faut la volonté politique pour ne pas tomber de nouveau dans les errements de l'oubli, il faut continuer à aider cette agriculture, et d'abord la petite agriculture.

Comme nous déplorons l'absence parmi nous de notre collègue brésilien de l'EMBRAPA qui est une véritable grande institution de recherche agronomique et zootechnique, je voudrais attirer votre attention sur la puissance de ce pays à tous égards. Il est N° 1 presque dans le café, le soja, le jus d'orange, le sucre, etc. Ce qu'a fait le Brésil, c'est qu'à côté de propriétés de 150.000 ha, il y a une agriculture familiale extrêmement importante sur laquelle l'EMBRAPA travaille énormément pour donner à ces petits agriculteurs, qui nourrissent 60% de la population brésilienne, des moyens adaptables à leur échelle. Grâce à des techniques d'inoculation très simple des légumineuses, le Brésil économise 3,5 milliards de dollars chaque année.

Voilà donc le tableau brossé. Nous allons donc suivre l'ordre qui est dans le programme en donnant la parole à Monsieur Tamás Németh de l'Académie des Sciences de Hongrie pour un premier exposé. Nous écouterons les exposés successifs, puis nous ouvrons le débat, et j'essaierais de tirer les conclusions finales.

**Pr. Tamás Németh** (Secrétaire Général de l'Académie des Sciences de Hongrie)

Thank you Dr. Sasson. I am thankful for the invitation. During the first day, we had an agreement between the Hassan II Academy of Science and Technology and the Hungarian Academy of Sciences to be signed in Budapest during the World Science Forum, which will be held for the first time in Hungary early November.

The quality of life is dependant several factors: clean water, clean air and sufficient quality and quantity of foods. The clean water will be one of the biggest challenges in the future with regard to the supply of a growing population with drinkable water. The clean air is quite an important thing. Most people can detect that there is some problems with the air, which is more difficult with the water and the foods. Two thirds, of the earth, are occupied with water (oceans, seas, fresh water lakes and rivers) and one third is dry land. Only 11% of this dry land is crop land that is equivalent to 4% of the earth surface corresponding to 1.5 billion hectares. If we go back in time to see what happen, for example between 1850 and 1980, in the different territories in continents and sub-continents, more land is now cultivated in south-east Asia and Latin America than it was in 1850. We have to be more careful about our land and natural resources.

With regard to the crop land, there are a lot of limiting factors the most important of which is soil degradation. If you want to reach the food safety and security, you have to use fertilizers and the use of nitrogen has increased a lot since 1960s as well as the Haber-Bosh process. The world population is estimated to reach 8.1 billion in 2050. During the period between 1960 and 2005, the production of cereals, meat and fertilizers has increased dramatically. Seven years ago, an English economist stated that "growing for growing is the ideology of cancer". If we look at the fate of nitrogen in the Haber-Bosh process, only 4% of the nitrogen used as fertilizer will be found in human feeds.

I was working for more than 25 years in a research institute, dealing with soil science and agriculture. Long-term experiments started some 190 years ago investigating the effects of climate change on sustainable development and those of industrial and urban load on environment protection. Good agricultural practice requires fitting to environmental conditions and adjusting demands of cultivated plants. In Hungary we had, in the 90', a little bit more than 5 million hectares of arable land, now we have only 4.6 million hectares because of the new urban development and infrastructures.

We have to decide that Earth is in good hands and we have to do everything to improve our knowledge and be keen about education. I think that the only way to get out of the crisis is to care more about education and do more research. Thank you for your attention.

**Pr. Mohamed Badraoui** (Directeur de l'INRA, Maroc)

Bonjour tout le monde. Je n'ai pas préparé de présentation spécifique, mais je vais essayer de vous livrer quelques constats et surtout des éléments pour l'action dans le futur. Notre pays, à l'image de beaucoup d'autres pays en développement au sud de la Méditerranée et ailleurs, sont globalement victimes de changements climatiques. Nous ne produisons pas de gaz à effet de serre, sinon très peu; ceux qui en produisent le font en grandes quantités et font réchauffer l'atmosphère. Pourtant, nous sommes affectés tous au même titre. La recherche de profits tous azimuts a des répercussions extrêmement négatives et graves sur la planète. Les changements climatiques représentent une cause principale de la crise que nous vivons, et notre choix est de s'adapter. Nous pouvons fournir des efforts pour

réduire le peu d'émissions des gaz à effet de serre que nous produisons. Le changement climatique a un effet énorme sur la dégradation de nos ressources :

- dégradation des terres (désertification). 93% de la surface de notre pays est en état aride, semi-aride et désertique. Les 7% qui restent sont des zones de montagne où il n'y a pas de terre agricole.
- Les zones sensibles à la désertification dans notre pays affectent directement environ 14 millions de personnes. Les terres perdent progressivement leur capacité de production. Ça veut dire que des gens qui étaient en conditions adéquates de production, trouvent de moins en moins de terres pour produire.

Une des conséquences dramatiques de la dégradation des ressources est la migration. Nous sommes un pays qui, autrefois, était émetteur d'émigrants, il est devenu récepteur aussi d'émigrants.

Dans beaucoup de pays du sud, nous avons des potentiels de production importants. Entre ces potentiels de production réalisable et la moyenne de production nationale, le gap est très élevé. Comment pouvons-nous, avec la technologie que nous avons, produire plus? Il me semble que la science et la technologie peuvent apporter énormément sur ce volet.

Possibilités de développement de la recherche :

- Promouvoir la gestion intégrée de l'eau et du sol. De point de vue institutionnel et du point de vue politique, il y a énormément de divergences et d'opinions concernant la gestion de l'eau, le sol a toujours été oublié. La gestion intégrée de l'eau doit concerner et l'amont et l'aval. Nous avons fait beaucoup pour la mobilisation et l'acheminement de l'eau vers les parcelles, mais nous n'avons pas fait autant pour la valorisation du m<sup>3</sup> d'eau. Le taux de valorisation de l'eau est encore faible par rapport au potentiel et même par rapport au faisable. C'est un point important du Plan Maroc Vert.
- Aspects liés à la biotechnologie permettant de gagner du temps dans la mise en place de nouvelles variétés.
- Avancées dans le domaine des nanotechnologies (kits de diagnostic par exemple).
- Implication du privé, encore timide, dans l'avancement de la qualité et de la compétitivité des produits.
- Les pays du nord de la Méditerranée sont de plus en plus confrontés aux problèmes de sécheresse. Au sud de Méditerranée, nous avons développé, durant les 40 dernières années, des savoirs faire et des technologies d'adaptation même rudimentaires. Nous avons des variétés résistantes à la sécheresse qui sont productives et de meilleure qualité que nous pouvons partager avec nos partenaires du nord. C'est dire que le transfert de technologie ne peut pas toujours aller du nord vers le sud uniquement. La solidarité dans l'espace méditerranéen est alors une priorité; l'Union pour la Méditerranée s'inscrit dans cette voie.

Il existe des niches de développement dont je voudrais citer quelques exemples :

- Le cactus qui peut produire pratiquement n'importe où dans notre pays et peut procurer un revenu jusqu'à 10 fois plus que les céréales.
- L'arganier qui a des capacités de produire en terrain pauvre mais possède des vertus que nous devons découvrir encore plus.
- Le caroubier : peut offrir des valeurs ajoutées importantes.
- Le safran est un produit de terroir qui peut rapporter gros mais n'a pas bénéficié de suffisamment d'attention en matière de recherche. Un hectare de safran, s'il est bien conduit, peut générer facilement plus de 100.000 DH de revenu.

Je termine en vous disant que l'investissement dans la recherche scientifique en général, et agronomique en particulier, et dans la formation des ingénieurs, des techniciens et surtout des agriculteurs est un investissement extrêmement rentable pour l'avenir. Merci.

**Pr. Francisco Garcia-Garcia (CSTV)**

Buenos días,  
Señor Secretario Perpetuo,  
Profesor .Albert Sasson,  
Distinguidos amigos et miembros del Academia,

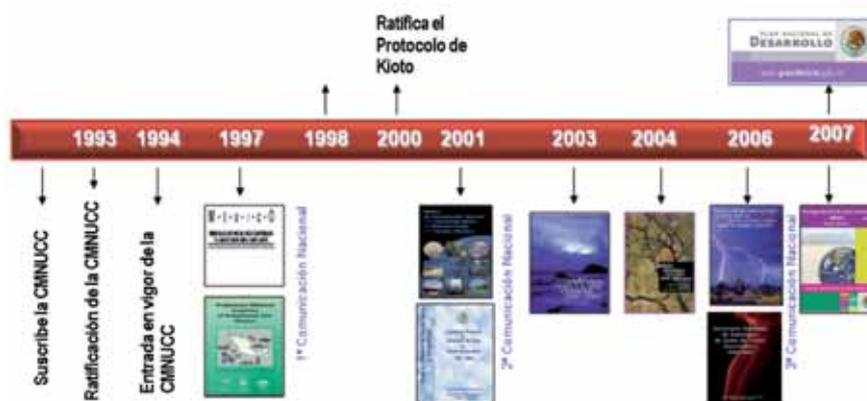
Quiero compartir con ustedes alguna información de como modestamente hacemos las causas in México sobre todo in aspecto interesante por el análisis de la crisis agro-alimentaria. Que será recordar el mandato que Su Majestad El Rey Mohamed VI nos hadado como miembros de la Academia y es velar precisamente por los intereses mejorar la cálida de vida de las condiciones de los ciudadanos. Quiero que ese un objetivo importante que muchos países compartidos. Mis posición precisamente va en caminada de la mano de ese cumplimiento ese objetivo. Me gustaría compartir con ustedes una manera modesta compartir información para abrir avenidas de colaboración entre nuestro dos respectivos países. Por supuesto con la participación del Academia. La presentación que traigo es un poquito como punto de referencia para orientación para cualquier reflexión posterior.

Creo que el principal para abordar esta crisis es :

- en primer lugar tener voluntad política por abordar los problemas de frente y de maneara directa
- en secundo lugar que sea con un adición amplía integral, integral en sentido de lo que conocemos como sustentabilidad, algo muy fácil de decir, algo muy difícil del perspectiva del gobierno de llevar a la practica. Porque se combinan 3 ejes difíciles de abordar: el económico, el social y el ambiental. A continuación, creo que un punto medular donde es participa la Academia es que las decisiones que se tomen deben de estar fundamentadas en la información et el conocimiento científico. Las decisiones tienen que estar amparadas y a solemos visto en unas reglas del juego claras et fáciles.

- por último, creo que es importantísimo, las decisiones tienen que aplicarse de inmediato. Hoy en día, más que antes, el tiempo es oro, el tiempo es valor, y precisamente las decisiones tienen que llevarse a la práctica y estuvo bien de análisis, de debates estuvo bien de palabras y hace falta pasar de inmediato a la acción.
- Los que creo compartir ahora es valor agregado, valor añadido para compartir experiencia. Comienzo rápidamente con algunos indicadores de la economía de México :
- En noviembre, las exportaciones totales y no petroleras aceleraron su caída a tasa anual. La disminución de las exportaciones no petroleras se explica principalmente por la menor venta de productos manufacturados en el exterior.
- La actividad económica durante octubre disminuyó debido a las disminuciones observadas en todos los sectores que la componen.
- En noviembre, la tasa de desempleo se ubicó en 4.47%, un punto porcentual por arriba de la cifra del mismo mes del año anterior. De acuerdo a cifras del IMSS, en 2008 se perdieron 37 mil empleos formales.
- PIB anual de 1,023 billones de dólares, ocupa el lugar 13 mundial.
- El PIB primario representa el 4%, el secundario 27% y el terciario 69%
- PEA ocupada: 44 millones, 13% primario, 26% secundario y 61% terciario.
- PIB per cápita de 9,717 dólares anuales.
- Comercio con el mundo: 510 mil millones de dólares, lugar 14°.
- Inflación: 3.75% en 2007, 8° lugar mundial.
- Frontera Agrícola: 30 millones de hectáreas (Superficie cultivada: 21 millones de hectáreas. Con riego: 6.3 millones de hectáreas. Cultivada con riego: 4.5 millones de hectáreas).
- PIB agropecuario y pesquero: 39 mil millones de dólares.
- PEA agropecuaria y pesquera: 5.8 millones de personas.
- La producción de los 50 principales cultivos ha aumentado 3.7% cada año (de 133.6 millones de toneladas en el año 2000 a 171.9 millones en el 2007. Para 2008 se produjo 175.6 millones de toneladas).
- 114 millones de hectáreas aptas para la ganadería (Inventario bovinos: 28 millones de cabezas. Inventario de porcinos: 15 millones de cabezas. Inventario de ovinos: 7 millones de cabezas. Inventario de caprinos: 9 millones de cabezas. Inventario de pollos: 299 millones de cabezas. Inventario de guajolotes: 5 millones de cabezas. Inventario colmenas: 1.7 millones).
- La producción pecuaria ha crecido 2.2% cada año (De 16 millones de toneladas en el año 2000 a 18.5 millones en el 2007. Para 2008 se tiene la meta de producir cerca de 20 millones de toneladas).

- Zonas Costeras: 11,122 kilómetros. La producción pesquera ha crecido 0.7% cada año.
- El INEGI informa que el PIB disminuyó - 1.6 %, en términos reales en el último trimestre 2008; este comportamiento se derivó del desempeño negativo de las Actividades Secundarias y Terciarias.
- El PIB de las Actividades Secundarias se redujo - 4.2 % en el trimestre en cuestión, como resultado de los decrementos en sus cuatro sectores: las industrias manufactureras se contrajeron - 4.9 %, la construcción - 4.4 %, la electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final - 2.8 % y la minería - 1.7 %.
- El PIB de las Actividades Terciarias presentó una variación anual de - 0.9 %, asociada a la menor producción de algunos sectores que las integran, destacando el comercio; los servicios financieros y de seguros, y transportes, correos y almacenamiento.
- Por su parte, el PIB de las Actividades Primarias aumentó 3.3% durante el cuarto trimestre del año pasado respecto a igual trimestre de 2007, como consecuencia del avance en el subsector de agricultura y ganadería, básicamente.
- ANTECEDENTES: Desde 1992 México adopta la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. En 1997 México presenta la Primera Comunicación Nacional. En 1998 firma el Protocolo de Kioto y lo ratifica en 2000. En 2001 y 2006 se generaron la Segunda y la Tercera Comunicación. La Cuarta Comunicación Nacional antes de Copenhague. Plan Nacional de Desarrollo: Eje 4 Sustentabilidad Ambiental. Objetivo 10: Reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero e impulsar las medidas de adaptación a los efectos de Cambio Climático. Estrategia Nacional de Cambio Climático (mayo 2007): Mitigación, Adaptación, Educación.
- México ha realizado actividades para cumplir con los compromisos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Artículos 4.1 y 12.1).



Política pública de México ante el problema: Los Programas Sectoriales 2007-2012, de varias Secretarías de estado, proponen estrategias para hacer frente al Cambio Climático.

Estrategia Nacional de Cambio Climático :

- La Estrategia refleja el compromiso del Ejecutivo Federal en relación con la mitigación del cambio climático y la adaptación a los efectos adversos del mismo.
- Propone líneas de acción, políticas y estrategias, que sirvan de base para la elaboración de un Programa Especial de Cambio Climático.

Programa Especial de Cambio Climático, 2008-2012: Establecerá acciones y metas cuantitativas para la mitigación y adaptación al cambio climático (En revisión).

Oportunidades de mitigación de emisiones de GEI :

El objetivo general en materia de mitigación consiste en desacoplar cada vez más el incremento de las emisiones del crecimiento económico. En la ENACC se identifican oportunidades sectoriales y acciones específicas que podrían realizarse durante la presente administración en materia de mitigación en dos grandes áreas :

#### A) Generación y uso de energía

La evolución de la generación y utilización de energía en México abre áreas de oportunidad para plantear acciones que, además de reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), proporcionen una matriz energética más limpia, sustentable, eficiente y competitiva.

#### B) Vegetación y uso del suelo

Para conservar carbono forestal y reducir las emisiones de GEI producidas por las actividades vinculadas con uso del suelo, cambio de uso del suelo, silvicultura, agricultura y ganadería, se contemplan tres tipos de acciones: Conservación de carbono, Captura de carbono y Sustitución de carbono.

La mayoría de los países desarrollados trabajan en la valoración económica del Cambio Climático -Canadá, EU, Europa-. Se utilizan los instrumentos siguientes: carbón tax, carbón trade nacional, mercado global del sector norteamericano (Canadá, Estados Unidos y México).

Apoyo a investigación ambiental : Necesitamos cuidar y aprovechar con inteligencia nuestro valioso capital natural, Universidades, Invertiremos alrededor de 765 millones de pesos en 2009 en investigación ambiental.

## Política agropecuaria y pesquera en el marco de la política nacional

Plan Nacional de Desarrollo (Ejes)	Programa Sectorial (Objetivos) <span style="float: right; font-weight: normal;">SAGARPA </span>
1 Estado de Derecho y Seguridad Pública	1 <b>Elevar el nivel de desarrollo humano y patrimonial</b> de los mexicanos que viven en las zonas rurales y costeras
2 Economía Competitiva y Generadora de Empleos	2 <b>Abastecer el mercado interno con alimentos de calidad, sanos y accesibles provenientes de nuestros campos y mares</b>
3 Igualdad de Oportunidades	3 <b>Mejorar los ingresos de los productores incrementando nuestra presencia en los mercados globales, promoviendo los procesos de agregación de valor y la producción de bioenergéticos.</b>
4 <b>Desarrollo Sustentable</b>	4 <b>Revertir el deterioro de los ecosistemas</b> , a través de acciones para preservar el agua, el suelo y la biodiversidad.
5 Democracia Efectiva	5 <b>Conducir el desarrollo armónico del medio rural</b> mediante acciones concertadas, tomando acuerdos con todos los actores de la sociedad rural, además de promover acciones que propicien la certidumbre legal en el medio rural.

Hay cinco centros nacionales de investigación disciplinaria (Relación agua-suelo-planta-atmósfera, Fisiología animal, Microbiología veterinaria, Conservación y mejoramiento de ecosistemas forestales, Parasitología veterinaria). Toda la investigación que se hace en México, hoy en día, tiene que surgir de una demanda del sector productivo, no puede ser mera invención de los señores investigadores. Tiene que haber alguien receptor, en principio de la investigación.

Con la visión del Profesor Omar Fassi-Fehri y del Profesor Albert Sasson, vimos ya, en nuestro país en México, que este es una oportunidad de colaboración; y aquí les muestro algunas de las características que es el nopal precisamente para verdura es decir para consumo humano así como para consumo pecuario del ganado. Hay otros cultivares que están desarrollados des para diversificar para pequeños productores y hay tipos también seleccionados para condiciones de aridez extrema en el cual sea desarrollado una tecnología para ampliar la plus valía de exportación.

En México, en los últimos 4 años, hemos invertido 1,000 millones de pesos que vienen haciendo algo así como 90 millones de dólares en el pago de servicios ambientales (hidrológicos et un concepto de biodiversidad).

Acciones que el gobierno directamente ha hecho vinculados a la crisis alimentaria :

- apoyo al empleo y a los trabajadores,
- Congelar precios de las gasolinas y reducir en 10% en el precio del gas LP,
- Reducción de las tarifas eléctricas industrial y comercial
- Implementación del programa de fomento a la infraestructura,

- Ejercicio transparente, eficiente y oportuno del gasto público,
- Innovación vía la Iniciativa Privada.

Con eso termino e muchas gracias por su atención.

**Pr. Nouredine El Aoufi (CESDE) : *Agriculture marocaine - un état des savoirs.***

Je voudrais d'abord dire ce que n'est pas cette présentation. Elle ne fait un point institutionnel sur la contribution de la recherche économique au développement de l'agriculture nationale. Ce n'est pas une revue exhaustive de la littérature mais plutôt une lecture personnelle à partir d'une littérature abondante sur la question agraire au Maroc depuis l'indépendance jusqu'à aujourd'hui. Il en ressort les observations suivantes :

- La première observation c'est que nous sommes en présence d'une production abondante avec une prédominance de travaux universitaires (thèses, articles) dans les années 60 et 70, relayés, à partir des années 1980, par la «littérature grise» nationale et internationale (rapports et études). Aujourd'hui, il y a tendance à produire une connaissance plus appliquée, combinant modèles théoriques et stratégies de mise en œuvre et d'implémentation des conclusions issues des programmes de recherche.
- La deuxième observation : cette production abondante est très peu valorisée en raison de l'absence de stratégie de recherche au sens de Kuhn (1962) et de Lakatos (1971): paradigme dominant (orthodoxie) et concurrence entre les différentes approches et méthodes (hétérodoxie)...ou de régime de recherche (Bonaccorsi, 2005).
- Un découplage relatif entre recherche théorique, empirique et appliquée débouchant sur un faible degré de convergence et une complémentarité insuffisante à la fois institutionnelle, cognitive et technique.
- Le régime de recherche fait intervenir : un rythme de croissance (Nombre de publications, Compétences existantes, Taux de renouvellement des chercheurs), un degré de convergence (Cadre théorique commun, Organisation de la recherche, Confrontation de paradigmes) et un niveau de complémentarité (Institutionnelle, Cognitive, Technique).

Depuis l'indépendance, il y a eu 3 grandes phases en termes d'approches et de stratégies :

- Approche structuraliste (stratégie «produire national»)...
- Modèle productiviste exportateur (stratégie «produire plus») qui a démarré avec le plan 1973-1977.
- Plan Maroc vert : une nouvelle approche institutionnaliste? (stratégie «produire durable?»).

Les structures d'abord :

- Objectifs stratégiques : Paradigme du développement autocentré (années 60 et 70) fondé sur la critique du modèle dualiste (Lewis, 1955) et sur le principe: «Prendre l'agriculture comme base et l'industrie comme facteur dominant» (modèle maoïste, modèle nassérien).
- Objectifs stratégiques :
  - Amélioration du niveau de vie des paysans pauvres.
  - Réduction des écarts villes/campagnes.

- Autosuffisance alimentaire.
  - Moyens (Réforme agraire : considérée comme préalable, Interventionnisme de l'Etat, Développement de la production vivrière).
  - Le Maroc a opté, dès l'indépendance, pour une stratégie de modernisation de l'agriculture en continuité avec les processus hérités du Protectorat, mais dans une perspective de : substitution des importations, récupération des terres des colons (loi de 1973), modernisation de l'agriculture par le moyen de la mécanisation, de la salarisation et de la monétarisation (crédit agricole).
- Politique des barrages : à contre-courant.

Cette politique a conduit à une dissolution des structures traditionnelles et était perçue comme étant sélective et profitant principalement aux grands propriétaires terriens. Elle était aussi considérée comme prédatrice des ressources naturelles, en particulier de l'eau.

Dans les années 70 et 80, le marché a été considéré comme étant la solution par l'adoption d'une stratégie de promotion des exportations (Plan 1973-1977). Le productivisme exportateur implique : une forte compétitivité de l'agriculture, des filières agro-industrielles tirées par le marché externe et une satisfaction de la demande domestique par les importations pour des raisons de coût, etc...

Les Accords d'Association Maroc-CEE (1969, 1976) ont favorisé une telle orientation stratégique du Maroc basée sur l'application du principe ricardien (David Ricardo) de l'avantage comparatif.

Durant les années 1983-1993 : Politique d'ajustement structurel axée sur deux principes (Libéralisation des structures productives et Privatisation) qui a été aussi appliquée à l'agriculture.

Dans les années 1990, c'est la mise à niveau avec plusieurs stratégies :

- Stratégie du développement rural (1993).
- Stratégie de développement agricole (début années 2000).
- Stratégie 2020 pour le développement rural.

Ce qu'on peut dire c'est qu'il y a une valse-hésitation de diagnostics, de stratégies et de programmes.

Le 'marché est la solution' repose sur un modèle théorique standard avec : rôle moteur du secteur privé, investissements (code des investissements agricoles de 1969) et plans sectoriels (années 70), mise en valeur des terres irriguées, modernisation des exploitations, vérité des prix et mise à niveau des circuits de distribution.

Ce modèle théorique a indirectement été accrédité par les pouvoirs publics, mais fortement remis en cause par un segment de la recherche universitaire nationale dans ses hypothèses et dans ses implications, notamment sociales. Ces critiques théoriques préfigurent le développement durable tel qu'il est défini aujourd'hui.

Maroc vert : une stratégie institutionnaliste :

- Un Plan qui s'inscrit dans le prolongement des conclusions du rapport du Cinquantenaire sur le développement humain (2005) et des travaux de prospective, notamment Agriculture 2030 (HCP, CGDA).
- Il «réaffirme l'importance stratégique de l'agriculture pour le développement économique et social du pays».
- Objectifs :
  - Développement d'une agriculture plurielle, ouverte sur les marchés externes, territorialement diversifiée et durable
  - Une mobilisation de capitaux publics, privés, internationaux et sociaux
  - Constitution de pôles de développement et modernisation des petites et moyennes exploitations

A cet égard, le *rapport du cinquantenaire* constitue une rétrospective mettant en évidence l'ampleur des déficits sociaux, notamment en milieu rural.

- Le plan prend appui sur une dynamique d'action agrégative et participative avec des enjeux de: développement économique, sortie de la pauvreté, sécurité alimentaire, et stabilité.
- Une stratégie hybride? Marché/régulation, efficacité/solidarité, public/privé, local/national/international, etc.

Problématiques et enjeux de recherche :

- Faible part dans le Pib : plus de 30% dans les années 60 contre 15-20% depuis les années 70 et pourtant : impact paradoxal sur le taux de croissance de l'économie nationale
- Le productivisme exportateur peut-il constituer un désavantage comparatif et se transformer en stratégie d'exportation de ressources rares (l'eau en l'occurrence)?
- L'avantage territorial (produits du terroir) comme fenêtre d'opportunité au sein de la mondialisation
- L'environnement et les ressources naturelles sont aujourd'hui au centre du nouveau modèle de développement en perspective : anticiper les évolutions irréversibles
- Sécurité alimentaire vs autosuffisance alimentaire
- Aléa climatique et problématique de l'eau :
- Effets de la sécheresse et des inondations
- Pauvreté et pénuries de capacités (éducation et formation, santé, nutrition, emploi)
- Marchés (produits, intrants, foncier) et logistique de distribution
- Organisation productive et professionnelle

- Question fiscale
- Structures agraires, types d'exploitations et formes de travail

Ces problématiques renvoient à une pluralité de champs disciplinaires.

Agriculture : un «bien commun» pour la recherche. On plaide pour un *régime de recherche «made in Morocco»* qui soit pluridisciplinaire (sciences exactes et sciences sociales et humaines, et combinant recherche fondamentale et recherche intervention). Il doit être ouvert sur les avancées de la recherche internationale et dédié aux priorités nationales et être un régime de recherche centrée sur un savoir endogène et une assomption scientifique et technique créatrice.

L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques est qualifiée pour porter une telle ambition.

Je vous remercie pour votre attention.

## DISCUSSION

### **Pr. Albert Sasson** (CSTV, modérateur)

Nous allons donc procéder à la discussion et à quelques conclusions fortes. Simplement, et sans vouloir résumer ce qu'ont dit fort bien chacun des orateurs, je voulais dire que les réponses à la crise ont été de diverses natures. Elles ont été présentées à un niveau global, parfois à un niveau national ou régional et bien sûr parfois à un niveau bilatéral; c'est là l'intérêt de notre Académie de faire participer un certain nombre de pays à travers leurs représentants distingués. Il est bien dommage que le Brésil ne soit pas parmi nous, mais il est présent dans notre mentalité, nous savons ce que pèse le Brésil au niveau mondial comme puissance agro-industrielle.

### **Pr. Mohamed Besri** (CSTV)

Hier, nous avons écouté avec une très grande attention l'exposé de Monsieur le Ministre, qui nous a présenté le Plan Maroc Vert. Actuellement, nous le considérons comme une orientation de la politique agricole générale au Maroc. Ce matin, nous avons entendu des expériences tentant de répondre à la question du panel à savoir: contribution de la recherche - produire plus et mieux. Ces expériences nous sont venues de trois pays : la Hongrie, le Mexique et le Maroc. Je ne voudrais revenir sur chacune de ces expériences, mais je retiendrai deux propositions qui ont été faites. Je commencerai sur une proposition qui a été faite par le Pr. Mohamed Badraoui, qui a donné un peu les principales orientations et sa vision de la recherche au Maroc, vision que je partage entièrement. Il a mis sur le tapis un point extrêmement original; il a parlé du rôle que pourraient jouer les nanotechnologies dans le développement agricole. A ma connaissance, c'est la première fois que où on parle des apports des nanotechnologies à l'agriculture.

Alors moi j'ai une proposition concrète, autour de cette table nous avons d'éminents experts dans le domaine des technologies, notre Académie a appuyé des actions pour promouvoir et développer les nanotechnologies. Des unités sur les nanotechnologies s'installent. Alors, je propose à ce qu'il y ait très rapidement une réunion (un séminaire, un workshop) sur les apports des nanotechnologies à l'agriculture. Cette réunion peut être organisée par notre Académie en collaboration avec le Conseil Général de Développement Agricole. Les recommandations qui pourraient sortir de cette journée seraient extrêmement originales, extrêmement importantes. Je voudrais avoir votre point de vue sur cette proposition.

J'ai également une réaction à l'exposé du Pr. Garcia-Garcia. Il a défini les grandes orientations de recherche au Mexique, l'approche des différents problèmes et il a particulièrement insisté sur le nopal (le cactus). Nous avons discuté de ce thème, à plusieurs reprises, au sein de notre Collège. J'ai été voir le Pr. Badraoui et lui avais fait part du projet que pouvait financer notre Académie. Je crois que nous devons saisir l'occasion, de la présence du Pr. Garcia-Garcia, pour voir comment et rapidement nous pouvons développer un projet sur le nopal allant depuis la production pour le marché du frais à la conservation et à la transformation. Et là c'est un projet qui pourrait apporter énormément de choses et cette culture pourrait constituer une alternative à de nombreuses cultures qui sont actuellement pratiquées dans des zones pratiquement marginales. Voilà donc mes deux commentaires, je vous remercie.

**Omar Fassi-Fehri** (Secrétaire Perpétuel)

Je voudrais saisir cette occasion pour dire combien nous sommes contents des relations que nous avons pu développer aussi bien avec un certain nombre d'institutions au Mexique qu'avec l'Académie des Sciences de Hongrie. Je saisis également cette occasion pour dire que nous sommes tout à fait décidés à développer cette coopération scientifique et que déjà des projets sont imaginés pour pouvoir concrétiser cette volonté. Concernant l'exposé, je voudrais réagir à deux points et je voudrais bien que mon collègue et ami le Pr. Noureddine El Aoufi nous précise son idée concernant la fameuse politique des barrages et ce qu'il a appelé "politique à contre-courant". On connaît tout l'intérêt que notre pays a pu tirer de cette politique, en particulier durant les dernières décennies, et nous savons tous que le Maroc, sur ce plan là, a été en avance par rapport à d'autres pays. La politique des barrages, et particulièrement cette année, a permis d'assurer l'approvisionnement en eau potable de la population marocaine et l'eau d'irrigation pour le développement de l'agriculture mais aussi éviter les crues et inondations. C'est vrai aussi qu'il y a un problème qu'on n'a peut être pas pu tout à fait régler, c'est celui de la coordination entre les différents départements impliqués dans cette politique des barrages : les Travaux Publics qui construisent, l'Agriculture qui utilise, l'Aménagement du Territoire et le Département de l'eau. Un peu plus de coordination est nécessaire et même indispensable.

J'avais pris connaissance à travers les médias concernant le Plan Vert et, grâce à l'exposé de Monsieur le Ministre, j'ai pu prendre connaissance davantage ce plan dans le détail. Je retiendrai une idée, c'est que c'est un programme qui constitue une solution originale, spécifique, nationale, à nos problèmes. Le deuxième point concernant ce plan, c'est qu'il fait appel et s'appuie sur la recherche-développement. Les exposés de nos amis les Prs. Guessous et Badraoui l'ont bien montré hier.

**Pr. Philippe Taquet** (CSTETM)

Je ne suis pas agronome, mais je m'occupe de l'inventaire de la biodiversité et de la paléo-biodiversité dans une institution, au Muséum d'Histoire Naturelle à Paris, dont c'est le rôle. Je voudrais insister sur un point qui me semble important. Considérant l'apport de la recherche dans la gestion des écosystèmes, aujourd'hui, pour bien gérer les espèces, il faut bien gérer les espaces. Le maintien de la biodiversité est garant d'une meilleure gestion des ressources agricoles en particulier. Je vais prendre un exemple d'une région d'élevage laitier, dans le nord de la France, on a commis une erreur il y a quelques années de remembrer les espaces et de détruire les talus pour améliorer la production. Ça n'a pas donné de résultats parce que ces haies protègent les bêtes contre le gel et contre le vent. Ils abritent toute une faune et toute une flore qui luttent naturellement avec les oiseaux contre tous les parasites. Par ailleurs, la notion de mauvaises herbes est en passe d'être abandonnée aujourd'hui puisqu'on sait, et l'INRA demande à ce qu'il y ait des bandes de terrain qui maintiennent la biodiversité sauvage entre les grandes zones de cultures intensives et de monocultures. Autrement, on se trouve dans des situations d'absence de pollinisation des cultures. Au fond, le but d'une culture raisonnée, efficace et durable c'est un maintien d'une certaine biodiversité.

Ma question s'adresse plutôt au Pr. Badraoui, est-ce que vos thésards s'intéressent à ces questions de maintien des espaces de biodiversité qui vont permettre à une agriculture de fonctionner de manière harmonieuse?

**Pr. Mohamed Berriane (CESDE)**

C'est juste un court commentaire que je voudrais partager avec vous et je me limite à notre pays. A partir de ce que nous avons écouté hier et aujourd'hui, je retiens que nous avons une recherche scientifique et technologique qui est performante, qui est consciente des défis et des enjeux, qui manque peu être un peu de moyens, mais de ce côté-là je pense que les choses sont très claires. Ce que j'ai retenu c'est que cette recherche place au centre de ses préoccupations l'Homme, puisqu'en fait c'est l'objectif principal, et c'est au niveau de la place de l'Homme que je voudrais m'arrêter très rapidement. Il me semble qu'au niveau de toute cette recherche scientifique et technologique chez nous, l'Homme intervient à deux niveaux. Il intervient à la fin du processus lorsque, comme nous l'a expliqué si brillamment le Pr. Badraoui, une fois une technologie mise au point, il faut s'occuper du transfert ou à ce que l'Homme s'approprie cette technologie ou bien il intervient, comme ça a été expliqué par le Pr. Guessous, au départ de cette recherche pour identifier les problèmes qu'il faut résoudre.

Une technologie qui a été importée, ou développée localement, aura du mal à prendre si on n'a pas pris le soin de comprendre ses rouages et ses fonctionnements internes et en particulier la société rurale à laquelle cette technologie est adressée. C'est pour cela que j'enregistre que dans le panel d'aujourd'hui, je sais que ce n'est pas la vocation de notre Académie, il y a eu une intervention remarquable sur la science économique qui a mis en place cette composante. J'enregistre aussi avec plaisir que notre Académie finance des projets de ce genre et même dans l'un de ces projets, dont je m'occupe, il y a un volet qui consiste à étudier la gestion des ressources par les populations locales. Donc, il y a cette dimension là.

J'aimerais bien lancer un appel, comme celui lancé par le Pr. El Aoufi à la fin de son exposé, lorsqu'il a parlé de la nécessité d'une recherche globale, il faudrait que parallèlement à cette recherche scientifique et technologique que d'autres instances, pas forcément notre Académie, devraient appuyer et encourager une recherche en sciences humaines et sociales pour la compréhension et la connaissance de nos sociétés pour lesquelles ces technologies sont adressées et merci.

**Pr. Mohamed Badraoui (Directeur de l'INRA, Maroc)**

Tout d'abord, je voudrais dire que je suis à cent pour cent d'accord avec le Pr. Besri sur les deux propositions qu'il a faites concernant les nanotechnologies et le cactus. Je vais apporter quelques éclaircissements à l'intervention du Pr. Taquet. Je crois que nous sommes dans une situation, en particulier au Maroc et dans les au sur de la Méditerranée, où nous avons un milieu rural peuplé contrairement à ce qui se passe en Europe. Nous avons des difficultés à maintenir cette biodiversité, la pression qui s'exerce sur les ressources et sur les espaces est très forte, mais d'un autre côté nous n'avons que 7% de la superficie totale qui est cultivable. Il faut dire que dans notre pays, et dans les pays d'Afrique du nord et du Moyen-Orient, les superficies cultivées sont supérieures d'au moins 20% aux superficies cultivables. Cela veut dire que nous cultivons des terres qui ne devraient pas être cultivées. A mon avis, il y a des espaces autres qu'agricoles qui pourraient assurer cette préservation de la biodiversité à condition qu'on y réduise la pression. Le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre le Désertification entreprend des efforts énormes dans ce sens par le biais du programme des aires protégées et des parcs nationaux. Il y a un projet de Loi en cours de promulgation pour cadrer nos efforts avec les recommandations de l'IUCN.

En réponse à l'observation de Pr. Berriane, l'Homme a toujours été au centre des préoccupations de la recherche agronomique, c'est une vérité. Comme le stipule même les textes de création de l'INRA ou de l'IAV Hassan II, les aspects socio-économiques sont au centre des préoccupations de la recherche agronomique. Sur ce plan la collaboration avec d'autres instances universitaires est vivement souhaitée.

**Albert Sasson** (CSTV, modérateur)

Je voudrais aussi, M. Taquet, ajouter quelque chose concernant la biodiversité. Le Maroc se lance dans un programme à moyen terme sur l'adaptation aux changements climatiques. Nous parlons plus d'étudier le changement climatique, nous parlons de s'y adapter. Parmi précisément les priorités, le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la Désertification, de concert avec le Ministère de l'Agriculture et les autres départements ministériels concernés, a choisi cinq grands écosystèmes qui paraissent le plus importants, les plus vulnérables et les plus peuplés pour appréhender l'impact du changement climatique. L'un d'entre est la montagne parce que nos forêts reculent à cause de la pression. Deuxièmement, tous les écosystèmes oasiens, où il y a aussi beaucoup de monde, ce n'est pas des déserts touristiques. Les gens y vivent du palmier dattier, de la petite agriculture qui se fait dessous et de l'élevage ovin ou caprin qui l'accompagne. Donc là les études d'adaptation au changement climatique plus, évidemment, et intégrant la biodiversité seront bien sûr à l'ordre du jour.

**Pr. Francisco Garcia-Garcia** (CSTV)

Que será abordar la consulta que se dice del parte del Pr. Besri con respeto al proyecto del nopal y creo que habido mucha receptividad en guante a este cultivo por motivos obvios México es considerado, como ustedes saben, dependiendo del la publicación y del ano, como el cuarto o el quinto país en materia de biodiversidad en esta planeta. Creo que sabemos un poquito precisamente de esa gran requisa genética e sobre todo en la cuestión de especies vegetales, y muy en particular de las forestales. En este sentido, vemos como una magnifica oportunidad de nichos y oportunidades comerciales vehiculados a los aspectos sociales. En México, hemos ya pasado a una tercera fase dentro del programa de pago de servicios ambientales, es decir se paga por conservar y se le paga del titular del terreno para que no aproveche su bosque, y la requisa es ver con una visión holística no solamente el bosque como madera sino toda la requisa que existe dentro de ese bosque.

En nuestro país, y creo que no somos excepción, y en la mayoría de muchos países donde hay mucha y alta biodiversidad. Esta biodiversidad se encuentra casi exclusivamente en las zonas muchísimas pobres, en las zonas rurales y forestales. Pensamos que es en los cultivos no maderables existen oportunidades productivas económicas con una visión social. En este sentido, el cactus tiene, como ustedes conocen bastante bien, además del aspecto productivo y social, un aspecto del componente de reducir la erosión del suelo. En México, lo vemos como un cultivo forestal no maderable, el nopal es en cultivo estratégico a nivel nacional. Vuelvo a reiterar la oportunidad de colaborar en materia específica del cactus, para establecer de inmediato una vía de colaboración, no solamente para el intercambio de tecnologías. Creo que esa parte ya la hemos avanzado, fruto de la visita del Pr. Omar Fassi-Fehri et del Pr. Albert Sasson a nuestro país el ano pasado. Lo que deberíamos a hacer de inmediato es como establecer una avenida de esta colaboración. Lo importante es que aprendamos y establezcamos a otros cultivos, a otras tecnologías.

Hay otros aspectos que me gustaría comentar no directamente con respecto al nopal pero con respecto al Plan Marruecos Verde. Me congratulo el señor Ministro por su presentación de ayer. Les felicito porque, a un servidor estando en un puesto de funcionario el Gobierno Federal de México, lo que escuche me gusta muchísimo por una visión clara, directa, de una perspectiva nacional. Creo que esta sería el ejercicio de reflexión et de sugerencia a la Academia es que la Academia tiene que caminar de la mano con ese Plan Marruecos Verde. No debe ser de esta manera en tal sentido que solicitaría, muy respetuosamente, que al menos el colegio de ciencias de la vida, tuviéramos mas información específica de cómo esta planificando la implementación de este Plan Marruecos Verde. Insisto, un servidor que trabaja para el Gobierno Federal de México no vería con buenos ojos que mi Academia en México, que mis universidades no estuvieran haciendo investigación de desarrollo tecnológico y de transferencia de manera independiente de lo que el Gobierno Federal esta haciendo. Lo que escuchamos el día de ayer, a mi en particular, me gusta muchísimo además de que des de la realidad del contexto como nos comenta el Pr. Omar Fassi-Fehri es lo que se debe que hacer e lo que la Academia desde de todo punto de vista de la agricultura debe de empujar para ser factible de inmediato que en esas necesidades de investigación y el desarrollo tecnológico al menos en parte la Academia puede apoyar e impulsar ese el Plan Marruecos Verde.

Tengo otros comentarios de otra naturaleza pero durante el debate creo que me gustaría abordar.

**Pr. Nouredine El Aoufi (CESDE)**

Je voudrais remercier Monsieur le Secrétaire Perpétuel pour ses observations. J'ai essayé d'aller vers deux lignes analytiques à travers la présentation que j'ai faite et de passer deux messages.

Le premier c'est par rapport, encore une fois, à la discipline que j'ai l'honneur de représenter, les rapports entre les chercheurs universitaires et les décideurs (pouvoirs publics) n'ont pas toujours été faciles. Si on fait une rétrospective depuis l'indépendance, les chercheurs étaient boudés, en tout cas les économistes, les sociologues je crois, avaient le sentiment qu'ils n'étaient pas écoutés. Ils faisaient des travaux qui avaient une pertinence, mais ne passaient pas les frontières des campus. On peut constater, et s'en réjouir, que aujourd'hui et je peux dater cela depuis l'élaboration du rapport du cinquantenaire, une ouverture importante au plus haut niveau. Le rapport a mobilisé plusieurs centaines d'universitaires dans tous les domaines qui ont signé les rapports thématiques et ça a donné lieu à un rapport qui reste aujourd'hui une référence pour les politiques économiques que le Maroc est en train de mettre en œuvre depuis le début du siècle. C'est tout à fait heureux de constater le retour d'une chaleur dans les relations entre les universités et les pouvoirs publics, on commence à travailler ensemble.

Deuxième message : les concepts évoluent, il y a des glissements en fonction des contextes. L'enjeu impose au chercheur de revoir ses concepts, ses théories, etc. on constate que les prix Nobel ont été toujours attribués à des travaux qui ont pu résister au temps, c'est rare qu'on attribue un prix Nobel à un travail récent. Il faut que le concept, le modèle ou la théorie traverse quelques décennies. Par rapport à cette problématique de glissement conceptuel, concernant la politique des barrages, j'ai essayé de restituer l'ambiance ou la perception par un segment des chercheurs (j'ai parlé des économistes), c'est une politique

qui était très controversée. Aujourd'hui, il y a une sorte de rebondissement de ce concept de résilience, certains chercheurs ont fait leur *mea culpa* en disant qu'ils s'étaient trompés de jugement. Si on fait un peu du contrefactuel et si la politique des barrages n'avait pas été mise en œuvre, les effets négatifs de l'absence de mise en œuvre auraient été beaucoup plus ravageurs. On peut paraphraser les économistes pour dire : c'est une anticipation rationnelle. Dans le contexte des années 60-70, on ne voyait pas l'usage national en faveur de toute la communauté la politique des barrages, on voyait peut-être l'effet pervers à l'époque. A présent, il y a un consensus sur l'effet bénéfique de cette politique.

**Pr. Tamás Németh** (Secrétaire Général de l'Académie des Sciences de Hongrie)

First the aim of biodiversity cannot be achieved without evaluating positive effects and side effects. Also, we did not talk yesterday and today about the role of the media. I think, in the food crisis and in the financial crisis, the role of the media is questionable.

The second point, I mentioned the education, especially in Europe during the past 20-25 years, it was mentioned also that agriculture just went out of business. Two years ago there was a survey in the elementary school, and from an agricultural point of view the results were terrible. For example, the kids were unable to relate eggs to chickens and so on. So in the future, things have to go back to the original situation and more interest devoted to agriculture.

**Albert Sasson** (CSTV, modérateur)

Sur le nopal, appelé ici figuier de barbarie, et comme l'a dit Francisco Garcia-Garcia, c'est une plante fétiche qui figure même sur les armoiries de l'Etat mexicain. A mon avis, un très bon exemple de ce que pourrait être effectivement une belle coopération entre nos deux pays, entre des institutions marocaines et des institutions mexicaines. Nous en avons fait la liste avec notre Secrétaire Perpétuel et ce serait à elle de prendre le leadership et de dire quel programme voulons-nous en matière de nopal, dans quelle région du pays, dans quel agro-système? Est-ce que c'est pour protéger les sols, pour produire du fourrage en période de soudure, est-ce que pour en extraire des aliments utiles ou un produit de niche pour flatter les goûts de consommateurs européens riches et écologistes. Il y a tout un éventail. A ce moment là, le leadership étant pris et la formulation étant faite, l'Académie Hassan II, comme elle l'a fait dans beaucoup de cas, peut accompagner et y apporter un financement, sa garantie, etc. Il me semble que nous sommes là au cœur du dispositif de la coopération et de la recherche, c'est d'abord à ceux qui en ont la charge dans le cadre du Plan Maroc Vert de prendre l'initiative.

Sur les nanotechnologies, ce que nous savons pour l'instant c'est que c'est un éventail de technologies, comme d'ailleurs les biotechnologies, qui existent dans de nombreux secteurs et bientôt en médecine hospitalière, mais pas encore en agriculture. Si l'Académie le souhaite, avec des personnalités que nous avons des spécialistes dans le domaine, on peut examiner le sujet, mais il ne faut pas confondre les choses. Ce n'est pas parce qu'on a un biosenseur qui contient des biomatériaux qu'on a des biotechnologies en agriculture.

**Pr. Mohamed Badraoui** (Directeur de l'INRA, Maroc)

Sur le cactus en particulier, je voudrais vous dire qu'il y a beaucoup de tractations actuellement et beaucoup d'industriels sont sur la place pour développer cette culture depuis l'amont jusqu'à la valorisation. Il y a de nombreux projets en gestation par des

professionnels de très haute valeur, et c'est là où la recherche scientifique est importante pour les guider sur le choix des variétés et également sur les possibilités de valorisation. Au niveau de notre institution, nous avons déjà une dizaine de produits agro-alimentaires à partir du cactus.

Une autre idée intéressante me rappelle septembre 2007. Il y avait deux incendies de forêt ravageurs, en une dizaine de jours nous avons perdu 3.000 ha. Etant responsable de ce secteur, nous avons été sur place et nous nous sommes dit pourquoi ne pas mettre du cactus dans les tranchées pare-feu? L'évaluation a dégagé 20.000 ha d'espaces pare-feu, et nous pouvons gagner énormément pour l'Etat, pour le service de l'écosystème et pour les populations sur place. Cette idée est actuellement en cours de mise en œuvre par le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la Désertification.

Mon dernier commentaire est relatif à la biodiversité. Je vous invite à consulter le rapport n° 8: «Cadre naturel, environnement et territoire» du rapport sur le développement humain, qui fait une analyse la situation de la biodiversité en général, l'eau et les sols, les espaces forestiers, les mines, l'énergie et l'agriculture en termes de ressources. C'est un rapport de synthèse poussée mais dans lequel il y a des orientations stratégiques pour le développement.

**Omar Fassi-Fehri** (Secrétaire Perpétuel)

Je vous suggère, simplement et très brièvement, si vous pouvez expliquer ce que c'est que le rapport du cinquantenaire pour nos collègues étrangers.

**Pr. Nouredine El Aoufi** (CESDE)

Avec l'avènement du règne de Sa Majesté Mohamed VI, dans l'un de ses premiers discours à ce que le Maroc fasse un bilan de l'économie, de la société, de la culture, de la politique, etc... depuis l'indépendance. Il y a une commission qui a fait appel pour la première fois à des chercheurs universitaires intéressés et en fonction de leurs compétences et de leurs spécialités. C'est un travail qui a duré plus d'un an. L'objectif était de faire ce bilan à la lumière d'un concept «le développement humain». Comment relire l'histoire du Maroc indépendant à la lumière de la problématique du développement humain, c'est un exercice difficile qui a donné de très bons résultats. C'est un bilan objectif, assez critique sur un certain de phénomènes de dysfonctionnements soit au niveau de l'élaboration des politiques ou de leur mise en œuvre et les conséquences de ces politiques en termes d'effets sur la société. C'est un document colossal et une référence pour tous ceux qui veulent approfondir leurs connaissances sur le Maroc.

A la base, il ya les rapports par domaine, par thème, par spécialité. Ces rapports sont signés par les chercheurs. Ensuite, par grandes disciplines, il y a des rapports thématiques qui sont des synthèses des rapports individuels, également signés par les chercheurs. Au dessus, il y a un rapport général qui est destiné pour le grand public.

**Pr. Sellama Nadifi** (CSTV)

Je n'ai pas de question à poser mais un sentiment à exprimer et un petit commentaire. Pour cela, je salue l'intervention du Pr. Badraoui et celle du Pr. El Aoufi concernant la recherche et j'imprime le terme "Recherche made in Morocco" au Pr. El Aoufi pour dire que la première institution au Maroc qui a effectivement adoptée une recherche made in Morocco est l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques et on en est très fiers.

En tant que femmes de terrain, nous avons toujours adhéré à des projets qui ont été proposés par des chercheurs de l'extérieur. Donc, on se sentait toujours un petit maillon du puzzle. L'arrivée de l'Académie nous a procuré un autre sentiment. Les projets prioritaires sont déterminés par les marocains, les équipes sont marocaines et quand il y a une compétence qui nous manque, on cherche, et c'est extraordinaire.

**Pr. Taieb Chkili (CSTV)**

Permettez-moi de revenir sur 2 ou 3 points.

Le premier c'est celui qu'a abordé le Pr El Aoufi en parlant de la politique des barrages – politique à contre courant. A ma connaissance, il n'y a jamais eu une opposition à la politique des barrages, il y a eu des critiques de cette politique dans la mesure où elle a été présentée comme la solution à la grande question agraire. Dans les années 60-70, il n'y avait pas de possibilité de parler de l'agriculture sans parler de réforme agraire, donc toucher le foncier, donc regroupements en coopératives, et bien entendu les critiques étaient à ce niveau là. Les critiques essayaient de faire comprendre que la seule régulation et mobilisation des ressources hydriques ne suffit pas pour résoudre la question agraire. Je vous donne raison quand vous dites que le Plan Vert contourne des difficultés : la difficulté du foncier et la difficulté de l'investissement.

Le deuxième point concernant le Plan Maroc Vert, je crois qu'effectivement on ne peut que se féliciter de ce projet qui à mon avis constitue la première initiative essayant d'aborder l'agriculture dans sa globalité. Nous avons eu plusieurs touches mais jamais la question agraire n'a été abordée aussi minutieusement mais aussi avec beaucoup de pragmatisme. Ceci dit, je crois que la mise en œuvre est une autre histoire et c'est là où je reviens à ce que disait tout à l'heure le Pr. Berriane. Pascon l'avait déjà compris dans les années 60. Il était un chercheur dans les sciences humaines et sociales au sein de l'Office Régional de Mise en Valeur du Haouz, il avait compris que pour réussir dans l'appropriation des technologies par les populations rurales, il fallait comprendre leurs motivations et les placer au centre des questions. Or, à ce jour là, le Plan Maroc Vert a été présenté il y a plusieurs mois. Il reste, malgré tout, l'intérêt d'une élite et on apprend de temps en temps que telle région a son plan régional. J'ai bien peur que ne pas avoir pris les mesures nécessaires pour expliquer cela au corps à corps aux populations, que cela ne mette en danger une idée à mon avis novatrice. Le paysan d'une façon générale, le paysan marocain, en particulier, est méfiant, et l'histoire lui a appris à l'être et à le rester.

Le troisième point sur lequel je voudrais revenir. Je ne voudrais pas qu'on magnifie la recherche marocaine et je ne voudrais non plus qu'on la minimise. Je n'aime pas non plus le terme de «Recherche made in Morocco». La recherche en agronomie a commencé depuis très longtemps. Les résultats des travaux qui nous ont été présentés aussi bien par le Pr. Badraoui que par le Pr. Guessous sont les résultats de 25 ans de labeur. Ce qui est marocain, ce n'est pas la recherche, ce sont plutôt les thématiques des problèmes de paysans marocains. La recherche elle est universelle. En rapport avec el palmier dattier, je ne comprends pas pourquoi nous avons mis au point des variétés résistantes au bayoud depuis près de 20 ans et on n'arrive pas à produire les 75.000 plants par an nécessaires pour reboiser les palmeraies. Il y a sûrement des mécanismes qui nous échappent. Est-ce que parce qu'on n'a pas pris en compte le facteur humain? A côté de cela, il y a d'autres enjeux et des aspects à clarifier.

**Pr. Jean Swing (CSTV)**

I found this title extremely ambitious: "Producing more and better". Effectively, it would have incorporated a paradox. Of course, we have to be ambitious and Morocco has to be ambitious. I found the presentation made by Minister Akhannouch very clear and full of pragmatism and so were the other presentations and the discussions. Two things I have been lacking in this discussion. One thing is which demographic scenario exists for Morocco until 2050? If we ask the question produce more and better, we have to ask ourselves for which population? What level of life quality are we thinking of for the rural and urban populations?

**Pr. Mohamed Ait Kadi (CSTETM)**

Je voudrais revenir rapidement sur cette lecture chronologique extrêmement documentée et fort intéressante que nous a présentée notre collègue Noureddine El Aoufi. Il a pu justement montrer que, tout à fait au début des années 60, il y avait une production prolifique de recherches, d'études empiriques de la situation objective de la paysannerie marocaine. Ces études et ces ont permis véritablement de nourrir la réflexion sur les choix de politiques agricoles mais aussi sur les choix techniques et technologiques. Je prendrai comme exemple, dans les aménagements hydro-agricoles, le choix qui a été fait se fondait sur ce qu'on appelle dans le jargon technique la trame rationnelle. Cette trame, qui est matérialisée sur le terrain, n'a rien d'autre qu'une agrégation des agriculteurs pour permettre à la petite agriculture d'accéder facilement aux techniques modernes d'irrigation et de production. Je pense que déjà, à cette époque, il y avait cette recherche de contourner une difficulté structurelle du foncier et nous connaissons la dimension du foncier qui n'est ni technique ni économique, seulement elle est sociale, elle est culturelle. Il est difficile, dans les conditions que nous avons vécues, d'adopter une approche frontale de dépassement de cette situation foncière.

A mon avis, l'expérience du projet Sebou conforte la crédibilité de l'ambition de développer de la recherche surtout dans le domaine des sciences humaines et économiques pour accompagner le Plan Maroc Vert. Beaucoup de collègues se sont exprimés sur le fait que la mise en œuvre est un véritable défi.

Le deuxième niveau de lecture que le Pr El Aoufi a fait par rapport aux stratégies c'est cette typologie qu'il a bien voulu nous donner et je voudrais qu'il ajoute que, pour le Plan Maroc Vert, ce n'est pas tout simplement une stratégie qu'il a qualifiée d'institutionnaliste. Elle s'inscrit dans une nouvelle gouvernance du secteur qui met en avant les acteurs et se fonde sur la responsabilisation et la contractualisation dans les axes d'interventions qui sont orientés fondamentalement vers le renforcement de la profession et de l'interprofession. Le Plan Maroc Vert a été construit sur la base d'une accumulation couronnée par le processus "Agriculture 2030" qui a mis en évidence que le Maroc n'a pas d'autres choix que de prendre son agriculture dans sa globalité. Le Plan a apporté une rupture par rapport à une vision dualiste de l'agriculture qui, d'une façon réductrice, opposait un secteur moderne performant à un secteur traditionnel marginalisé. Le Plan Maroc Vert s'est départi de cette vision et c'est pour ça qu'on a parlé d'agriculture plurielle, celle qui peut donner à toutes les catégories d'exploitations la possibilité de valoriser leurs potentialités dans un ensemble national. C'est la raison pour laquelle le plan repose sur deux piliers. Le pilier II s'intéresse à 850.000 exploitations sur les 1,5 millions d'exploitations agricoles, c'est 58% de surface agricole utile. Ce pilier II est

un grand challenge dans sa mise en œuvre. Il se fonde sur une approche de création de dynamique territoriale entrepreneuriale qui inclut la petite agriculture par rapport à des produits de niche, par rapport à la marge de valeur ajoutée et par rapport à la gestion des ressources naturelles. Ces petites exploitations agricoles dans les espaces oasiens ou dans les espaces montagnards ne se limitent pas qu'à la surface agricole utile (SAU), elles exploitent les terrains de parcours, la forêt, etc.

Je voudrais terminer par l'expérience fort intéressante du Mexique et je m'adresse à notre collègue Francisco Garcia-Garcia d'abord pour saluer cette coopération avec le Mexique et pour lui dire que nous nous sommes beaucoup inspirés de l'expérience mexicaine pour les négociations de l'ALE avec les USA. Vous avez parlé du paiement pour services environnementaux, le Mexique a été extrêmement novateur dans la mise en place d'instruments qui focalisent des objectifs précis, je pense à PROCAMPO, à PROGRESA et maintenant le paiement pour services environnementaux. Je voulais juste vous dire que nous caressons cette ambition de développer chez nous, par rapport aux zones économiquement fragiles où l'agriculture joue un rôle extrêmement important, le paiement pour services environnementaux dans le cadre la réforme de la caisse de compensation. Nous voulons qu'une partie des transferts monétaires conditionnels à l'éducation et à la santé aillent aussi au paiement des services environnementaux, et dans ce cadre que je vous pose la question : comment vous avez pu articuler avec PROGRASA s'il y a une articulation ou bien c'est un instrument "stand alone"?

**Pr. Rajaa Cherkaoui-El Moursli (CSPC)**

Effectivement cette session nous a permis de comprendre le Plan Maroc Vert, c'est très important pour nous. Alors, qui dit vert pense à l'eau. L'envasement des barrages est très sérieux au Maroc et j'aimerais savoir s'il y a des stratégies pour arrêter cet envasement?

**Pr. Abdelaziz Sefiani (CSTV)**

En tant que citoyens, nous sommes très sensibles et sensibilisés à la crise alimentaire. Les présentations de ces deux jours nous ont des arguments scientifiques pour agir en matière d'économie de l'eau. En tant que scientifique, ma trajectoire a croisé celle des agronomes et des vétérinaires dans le domaine de la recherche scientifique dans certaines situations, en particulier lorsque nous avons reçu dans notre laboratoire des prélèvements de juments et de mules pour faire des caryotypes. Ma question concerne les OGM : est-ce qu'il y a une position officielle du Maroc concernant les OGM? Si oui, est-ce qu'il y a un projet de les développer? Sinon, est-ce qu'il y a des outils de contrôle?

**Pr. Rajae El Aouad (CSTV)**

Ma question est relative à ce qui a été soulevée par le Pr. Badraoui et le Pr. El Aoufi concernant l'implication du privé dans la R&D dans le domaine de l'agriculture. Quel cadre envisager pour ce partenariat public-privé pour que l'Académie s'en saisisse du message, le porter et le défendre auprès des instances décisionnelles?

**Pr. Mostapha Bousmina (CSPC, Chancelier)**

J'aimerais simplement réagir sur l'intervention de notre collègue Mohamed Besri d'avoir ouvert cette brèche sur l'éventuelle collaboration entre le domaine de l'agronomie en général et le domaine des nanotechnologies. Je voudrais informer les collègues que le Maroc a adopté une stratégie assez ambitieuse dans le domaine des nanotechnologies, des biotechnologies et dans le domaine de la micro-électronique sous l'égide du ministère du

Commerce, de l'Industrie et des Nouvelles Technologies de l'Information. Actuellement, nous sommes installés à l'ENSET de Rabat relevant de l'Université Mohamed V – Souissi.

Concernant la collaboration, nous sommes ouverts pour l'organisation d'un workshop et explorer toutes les possibilités comme nous pouvons intervenir dans le séquençage, la nanofiltration, les engrais, le diagnostic à titre d'exemples.

**Pr. Mohamed Badraoui** (Directeur de l'INRA, Maroc)

A la question relative à l'utilisation de ce que nous produisons comme technologies, dans le cas du palmier dattier, ce n'est que dernièrement à travers des visions claires (besoin de 750.000 plants identifié il y a à peine deux ans). Certainement, nous n'avons pas fait suffisamment de marketing à ce sujet, mais nous sommes à conventionner sans restrictions des investisseurs privés pour le montage de pépinières.

Pour le partenariat public-privé, l'INRA a un bon nombre de conventions avec de promoteurs privés dans plusieurs domaines (palmier dattier, agrumes, etc...).

A cause de l'envasement, nous perdons chaque année un barrage moyen (65. Millions de m<sup>3</sup>). Pour atténuer cela, il y a un programme national d'aménagement des bassins versants par la correction des ravins soit mécaniquement soit par le reboisement. Le deuxième volet important concerne le développement rural dans les zones de montagnes essentiellement à travers la promotion d'activités génératrices de revenus et la solidarité amont-aval.

**Pr. Francisco Garcia-Garcia** (CSTV)

Durante mi presentación anterior trate de restricta mi específicamente al tiempo y veo que omite, por razones obvias, algunas de las consultas de temas fundamentales e importantes. En este sentido, mi gustaría solicitar su indulgencia si es posible mi regalan 5 minutos adicionales del tiempo para tratar un poquito mas a mis respuestas. Creo que hay temas fundamentales e los miembros que vienen de otros países nos gustaría tener más de tiempo para compartir nuestras experiencias. Para me ha sido magnifico escuchar sus comentarios y creo que seria también muy pertinente invertido 5 minutos extras para tratar de responder de una manera directa con cierto grado de profundidad algunas de las preguntas. De hoy en día, casi sectores tienen alguna involucración, la agricultura es un ejemplo muy claro.

Empiezo por el tema del programa de pago por servicios ambientales, en México recientemente le va bien en el sentido de que hemos aprendidos y ya llevamos 4 años donde este programa sea consolidado de hoy en día. La receptividad de parte del ciudadano, del productor forestal es tremenda. Hay mucha necesidad por conservar no solamente nuestro patrimonio forestal sino principalmente la biodiversidad que se acaba de comentar. El recurso presupuestal de ese programa de pago por servicios ambientales surgía exclusivamente del Gobierno Federal de la nación.

Actualmente por que es un tema políticamente sensible, hay al menos en nuestro país, 4 municipios, que por iniciativa propia, captan recursos de la ciudadanía en el recibo que se paga del agua y captan también un montón pequeño.

Adicionalmente, en los últimos años hay algo complementario que ha ido surgiendo solo dentro de nuestras áreas naturales protegidas, he debo mencionar que 11% del territorio son áreas naturales protegidas. México, hoy en día, es el único país que tiene un instrumento que denominamos "compensación ambiental" que se deposita en un El Fondo Forestal Mexicano.

El Pro árbol es un programa para promover el desarrollo sustentable forestal y complementa de manera integral a lo que sería el programa PROCAMPO.

Una urgencia es la constitución de los planes del ordenamiento ecológico territorial. Es fundamental de delimitar que se pueda ser o que no pueda ser en un terreno.

Por último, e para terminar, es muy importante para nosotros que vienen de fuera de tener una copia del documento del cincuentenario. Muchas gracias.

**Pr. Nouredine El Aoufi (CESDE)**

J'ai deux points : en réponse au Pr. Chkili, j'ai utilisé le terme de controverse, pas résistance, pour expliquer la politique à contre courant. Pour ce qui est du rapport du cinquantenaire, il a abouti à l'Initiative Nationale de Développement Humain (INDH). Nous, au sein du Collège Etudes Stratégiques et Développement Economique, sommes souvent interpellés sur ce dossier et nous proposons de réserver une partie de la session plénière 2011 à ce programme de l'INDH.

**Albert Sasson (CSTV, modérateur)**

Oui nous avons des scénarios démographiques qui alimentent d'ailleurs les statistiques des Nations Unies, oui nous devons doubler la quantité d'aliments disponibles en 2050. Il faut penser à la petite agriculture qui est à la base de tous les systèmes à travers le monde.

Il y a en Afrique 500 millions d'hectares de sols dégradés. Le problème de l'eau c'est d'aller vers une productivité maximale par unité d'eau. L'Afrique utilise 8kg d'engrais en moyenne quand la Chine utilise 20 fois plus.

Nous avons les instruments et les scénarios pour produire plus et mieux : tous les aspects d'économie d'utilisation d'intrants doivent être mis en œuvre. Il y a un instrument qui nous manque au Maroc et que d'autres utilisent, il s'agit des OGM. Au Maroc, il y a indifférence, c'est une option. L'Europe est réticente pendant que les USA les autorisent et peuvent nous les vendre au nom du libre échange. Le Maroc, signataire de l'accord de Carthagène, est en voie d'établir un cadre de biosécurité.

Pour conclure, je crois que le mérite de cette session, en complément à celle d'hier, c'est de mettre en relief que la panacée n'est pas que de la recherche scientifique, elle est aussi politique. Je vous remercie.

**CÉLÉBRATION DE  
L'ANNÉE MONDIALE DE L'ASTRONOMIE**



## MODELES D'UNIVERS

*Pr. Omar FASSI-FEHRI*

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



## INTRODUCTION

### L'année mondiale de l'Astronomie et un peu d'histoire

L'année 2009 a été déclarée Année mondiale de l'Astronomie par l'UNESCO, sur demande du Gouvernement italien et en commémoration du 400<sup>ème</sup> anniversaire des premières observations faites en 1609 par Galileo Galilei -Galilée- (1564 -1642) avec une lunette astronomique qu'il avait inventée. Il découvre entre autres que la lune avait comme la terre des montagnes, que Jupiter avait des satellites comme la lune pour notre planète, que la Voie lactée se compose de beaucoup d'étoiles, et que les planètes tournaient autour du soleil. Ses observations mettaient à bas les thèses géocentriques qui prévalaient depuis l'antiquité avec Aristote et Ptolémée ; elles confirment les thèses de Copernic (c'est la terre qui tourne autour du soleil, résultat lui-même obtenu en utilisant les calculs de Tycho Brahe (1609 -1618)); elles seront confirmées par les lois de Kepler et démontrées par Newton en 1687 à partir de la loi de la gravitation universelle.

L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques a tenu à célébrer l'année mondiale de l'Astronomie en consacrant au cours de sa session plénière solennelle 2009 une séance dédiée à l'astronomie, l'astrophysique et la cosmologie.

### I- OBJET DE LA COSMOLOGIE

La cosmologie scientifique - nous laissons bien entendu de côté la cosmologie métaphysique ou religieuse - a pour objet d'étudier l'Univers dans son ensemble, sa naissance et son évolution. Elle fait appel à différentes disciplines (physique des hautes énergies, physique théorique, physique nucléaire, astrophysique, thermodynamique, optique, mécanique, physique quantique, physique statistique et beaucoup de mathématiques...).

#### Relativité restreinte et relativité générale : quelques rappels

Pour décrire l'Univers la mécanique Newtonienne ne permet pas de décrire une distribution de matière uniforme et infinie ; il faut faire appel à la relativité générale, théorie élaborée en 1915 par Albert Einstein.

En 1905, Einstein élabore la théorie de la relativité restreinte pour expliquer les phénomènes qui apparaissent lorsque des objets se déplacent à des vitesses proches de la vitesse de la lumière.

La relativité restreinte est fondée sur les deux postulats bien connus :

1. les lois de la nature et les résultats de toutes les expériences effectuées dans un système de référence donné sont indépendantes du mouvement de translation global du système (repère galiléen).

2. dans le vide la lumière se propage isotropiquement et sa vitesse, indépendante de la source, est une constante universelle  $c$  dans tous les repères galiléens.

Grâce à ces deux postulats, A. Einstein développe une mécanique relativiste dont les équations sont invariantes, non plus dans la transformation de Galilée, mais dans les transformations de Lorentz, que nous rappelons :

Considérons deux repères galiléens  $R(x, y, z, t)$  et  $R'(x', y', z', t')$  en translation uniforme  $v$  le long de l'axe des  $x$ . Dans la transformation de Galilée

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

=> la loi fondamentale de la dynamique est invariante dans cette transformation mais non les équations de Maxwell de l'électromagnétisme.

A partir de ses «réflexions sur l'électrodynamique des corps en mouvement» et des deux postulats, A. Einstein développe une mécanique relativiste dont les équations sont invariantes dans les transformations de Lorentz (physicien Hollandais).

$$x' = \gamma (x - \beta ct)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$ct' = \gamma (ct - \beta x)$$

avec  $c$  vitesse de la lumière,

$$\beta = \frac{v}{c}, \gamma = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

=> Les effets relativistes, prédits par la transformation de Lorentz sont la contraction des longueurs, la dilatation du temps, la variation relativiste de la masse  $m = \gamma m_0$  ( $m_0$  masse au repos) et l'équivalence masse énergie ( $E = mc^2$ )

Pour deux événements infiniment proches dans l'espace-temps l'élément de métrique  $ds^2 = (c dt)^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$  est un invariant.

La signature de la métrique (+ - - -) indique que l'espace-temps ne mélange pas la dimension temps avec les trois dimensions d'espace.

La relativité générale est une extension de la relativité restreinte ; elle étudie les systèmes en accélération, et les forces de gravitation; la gravitation est reconsidérée dans l'espace courbe à 4 dimensions ; la théorie de la relativité générale permet une extension de la relativité restreinte à tous les repères accélérés ou non.

Einstein fit une hypothèse supplémentaire à savoir l'identité entre masse grave et masse inerte, déjà vérifiée expérimentalement à  $10^{-8}$  près dans les expériences d'Eötvös vers 1900.

C'est le principe d'équivalence qui dit qu'il n'y a pas lieu de distinguer localement un mouvement en chute libre dans un champ gravitationnel d'un mouvement uniformément accéléré en l'absence de champ gravitationnel (expérience de l'ascenseur).

Rappelons que masse grave correspond à la masse qui intervient dans l'attraction gravitationnelle  $-G \frac{mm'}{r^2}$  et permet de déterminer le poids d'un corps, et masse inerte ou d'inertie celle qui intervient dans le principe fondamental de la mécanique ( $F = m\Gamma$ ); selon le principe d'équivalence, masse inerte et masse grave (ou gravitationnelle) sont deux notions distinctes mais ont exactement la même valeur.

L'équation de Poisson ( $\Delta V = -4 \pi c \rho$ ),  $\rho$  densité volumique de charge et  $V$  potentiel électrique), qui découle de la loi de Coulomb peut être généralisée en termes relativistes; et il devient naturel de chercher une expression similaire en ce qui concerne la loi de gravitation de Newton.

Pour cela Einstein abandonne le formalisme euclidien au profit d'un autre formalisme plus complexe utilisant l'espace de Riemann où l'élément d'espace métrique s'écrit  $ds^2 = g_{ij} dx^i dx^j$  où  $g_{ij}$  représente le tenseur métrique et ses composantes dépendent des coordonnées.

Tout revient à faire le choix d'une «bonne métrique».

Einstein, pour pouvoir généraliser l'équation de Poisson dans un espace-temps à quatre dimensions a donc construit par analogie avec l'équation de Poisson, une équation tensorielle en égalant (à un facteur numérique près  $k$ ) le tenseur impulsion-énergie  $\mathbf{T}$ , à caractère physique, fonction des pressions et de la densité du fluide spatial au tenseur  $\mathbf{S}$  pour être le tenseur le plus général du second ordre symétrique à divergence nulle ne dépendant que des  $g_{ij}$  et de leurs dérivées (1<sup>ères</sup> et secondes) qui interviennent de façon linéaire [Elie Cartan a démontré en 1922 que  $\mathbf{S}$  était le tenseur le plus général possédant ces propriétés]; il est choisi de façon que sa dérivée covariante s'annule identiquement.

$$\mathbf{S} \equiv R_{ij} + \frac{1}{2} g_{ij} R - \Lambda g_{ij} = k T_{ij} \quad (\text{I})$$

$g_{ij}$  tenseur métrique

$R_{ij}$  est le tenseur de courbure

$R = R^i_i$  la courbure scalaire

$\Lambda$  la constante cosmologique

$$k = \frac{8\pi G}{c^4}$$

$G$  = constante de gravitation,  $c$  vitesse de la lumière

A grande échelle l'Univers est considéré comme un gaz de galaxies avec les propriétés d'un fluide parfait de densité  $\rho$  et pression  $p$ , caractérisé par le tenseur d'énergie-impulsion

$$T_{ij} = \left(\rho + \frac{p}{c}\right) u_i u_j - \frac{p}{c^2} g_{ij}$$

$u_i$  est la quadrivitesse

$T$  est un tenseur à 16 composantes, symétrique ; il décrit la matière.

L'équation tensorielle  $R - \frac{1}{2} R G = \chi T$  joue en théorie relativiste le rôle que l'équation de Newton joue en mécanique classique de la gravitation.

Les équations d'Einstein ( $I$ ) relient la courbure de la variété en un point au tenseur impulsion-énergie en ce point.

La matière affecte la courbure de l'espace.

La gravitation n'est pas une force ; c'est l'expression de la courbure de l'espace-temps, courbure due à la présence de matière.

## II- EQUATIONS DES COSMOLOGIES

On applique les équations d'Einstein de la relativité générale ; si  $p$  et  $\rho$  sont la pression  $p$  et la densité  $\rho$  du gaz parfait de galaxies à l'instant  $t$ , alors on a :

$$\left\{ \begin{array}{l} 8\pi G p = \frac{-kc^2}{a^2} - \frac{\dot{a}^2}{a^2} - \frac{2\ddot{a}}{a} \\ \frac{8}{3} G \pi \rho = \frac{kc^2}{a^2} + \frac{\dot{a}^2}{a^2} \end{array} \right. \quad (II)$$

$a$  est un facteur d'échelle qui croît avec le temps, appelé fonction de métrique ou "rayon de l'univers".

Les points désignent des dérivées par rapport à  $t$  :  $\dot{a} = \frac{da}{dt}$

On en déduit l'intégrale première des équations ( $II$ )

$$\frac{d(\rho c^2 a^3)}{da} + 3 p a^2 = 0$$

$$\text{ou } d(\rho c^2 a^3) + 3 p a^2 da = 0$$

### Paramètres cosmologiques

#### - Constante de Hubble :

En 1929 Edwin Hubble découvre la récession des galaxies lointaines à partir d'observations effectuées à l'observatoire du Mont Wilson. Les galaxies s'éloignent les unes des autres selon la loi de Hubble, la vitesse d'éloignement des galaxies est proportionnelle à leur distance.

$$V_r = H \cdot d$$

$d$  distance de la galaxie à l'instant  $t$  en millions d'années lumières

$H$  constante de Hubble

$V_r$  vitesse de fuite en km par seconde

$H$ , bien que appelée constante, varie en fonction du temps.

$H$  actuel  $\equiv H_0 \sim 65$  km/s/Mpc ; son inverse donne l'âge de l'Univers, entre 13.5 et 14 Milliards d'années.

Les observations d'Edwin Hubble montrent aussi que la lumière venant des galaxies est décalée vers le rouge (vers les grandes longueurs d'onde) proportionnellement à leur distance (effet Doppler).

$$1 + z = \frac{\lambda_o}{\lambda} = \frac{a(t_o)}{a(t)} \quad \text{rayonnement } \lambda_o \text{ émis à } t_o$$

rayonnement  $\lambda$  émis à  $t$

$z$  = red-shift (décalage vers le rouge)

La décélération  $q$  de l'Univers : due au freinage exercé par la force gravitationnelle de la matière qui est y contenue. C'est le ralentissement de vitesse par unité de temps (par ex 1 s) =>

$$q = - \frac{a\ddot{a}}{a^2}$$

$q$  est relié à la densité moyenne de matière  $\rho$  :  $q = \frac{4\pi G\rho}{3H^2}$

### III- MODELES D'UNIVERS & CRITERES

Ce sont les équations de la relativité générale au nombre de 10 et le choix d'une métrique qui vont nous permettre d'en déduire des modèles d'Univers.

On fait l'hypothèse que l'Univers à très grande échelle est homogène et isotrope (principe cosmologique).

De même on adopte l'hypothèse d'une symétrie sphérique, d'où l'intérêt d'utiliser les coordonnées sphériques (ou polaires) pour repérer un point de l'espace  $(r, \theta, \varphi)$  :

$$ds^2 = dr^2 + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2)$$

En ce qui concerne le temps on choisit de décrire le monde dans le référentiel de temps d'un observateur par rapport auquel la vitesse moyenne de la matière de l'Univers est faible. Ce temps est - à peu de chose près - le temps de l'observateur terrestre. C'est un point important car il nous permettra de remonter dans le passé.

Tout modèle doit satisfaire à 4 critères :

- être réaliste (conforme à nos connaissances en physique);
- être explicatif (expliquer les phénomènes observés par exemple l'existence du rayonnement à 3° K sur lequel nous reviendrons plus loin);
- être prédictif (prédire des résultats d'observation);
- le quatrième critère a un aspect que je qualifierai de «relatif» (!), entre deux modèles on préfère celui qui utilise le moins d'hypothèses;

Rappelons quelques uns des modèles qui ont constitué des jalons dans l'histoire de la cosmologie moderne.

#### Premiers modèles

##### *Modèle d'Einstein (1917)*

Le premier à étudier la question fut Albert Einstein lui-même, il découvre que l'Univers est dynamique ce qui ne correspond pas à ses convictions et l'oblige à introduire dans les équations de la relativité la fameuse constante cosmologique  $\Lambda$  pour rendre l'Univers statique.

##### *Modèle de Sitter*

Il obtient deux mois après Einstein un modèle-théorique-dynamique en expansion où la distance entre deux points de l'espace augmente avec le temps.

*Modèle de Schwarzschild*

Il arrive à calculer l'avance du périhélie de Mercure (un des tests de validité de la relativité générale). Son modèle permet également de calculer la déviation des rayons lumineux au voisinage de grandes masses (le soleil par exemple), un autre test de validité de la relativité générale.

**IV- MODELE STANDARD****Modèle de Friedmann Alexandre (1922) - Georges Lemaître (1927)**

En 1922, le mathématicien russe Alexandre Friedmann établit que la relativité générale prédit un Univers non statique, en expansion ou en contraction globale; ce qui a été par la suite observé par Hubble (Univers en expansion).

Le modèle utilise la métrique de Robertson et Walker; ce modèle décrit un Univers homogène et isotrope; la métrique s'écrit :

$$ds^2 = c^2 dt^2 - a(t)^2 \left\{ \frac{dr^2}{1 - k r^2} + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2) \right\}$$

$k$  est une constante sans dimension qui caractérise la courbure de l'espace  $|k| = \frac{1}{R^2}$

et peut prendre l'une des valeurs +1, 0 ou -1

$k = 1$ , univers sphérique fermé . . . . .  $\rho > \rho_m^c$

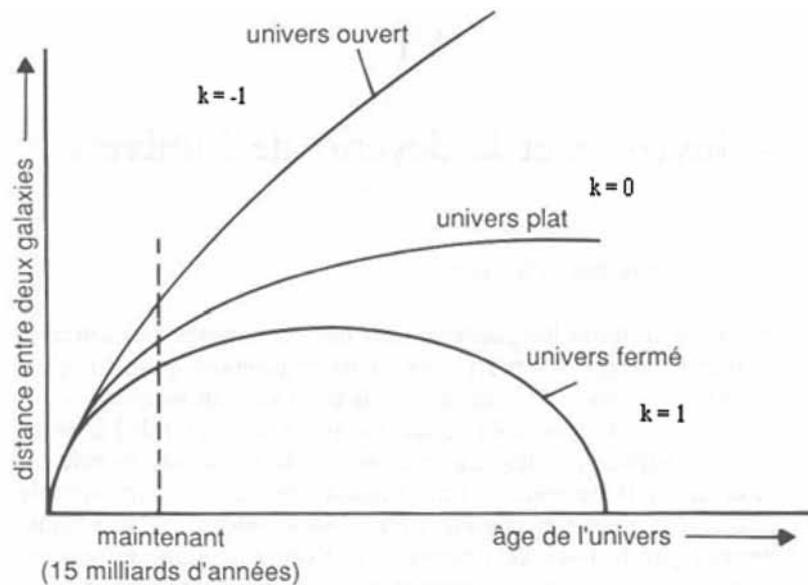
$k = 0$ , univers pseudo euclidien (espace plan) . . . . .  $\rho = \rho_m^c$

$k = -1$ , univers hyperbolique ouvert. . . . .  $\rho < \rho_m^c$

$\rho$  densité de l'Univers,  $\rho_m^c$  densité critique égale à  $\frac{3H_0^2}{8\pi G} \sim 5 \times 10^{-3} \text{ g cm}^{-3}$

$H_0$  constante de Hubble actuelle;  $H$  constante de Hubble;  $a$  est le facteur d'échelle croissant avec le temps appelé aussi fonction de métrique ou «rayon» de l'Univers; il donne l'échelle des distances à un instant donné; il décrit l'expansion ou la contraction de l'espace au cours du temps.

$$\text{on a : } H = \frac{1}{a} \frac{da}{dt}$$



### Principales étapes de l'évolution

- ère inflationniste

$$10^{-35} \text{ s} < t < 10^{-32} \text{ s}$$

$$a \propto e^{Ht}$$

- ère du rayonnement

$$1 \text{ s} < t < 300.000 \text{ ans}$$

$$a \propto t^{1/2} \text{ et } T \propto \frac{1}{r} \propto \frac{1}{t^{1/2}}$$

- ère de la matière

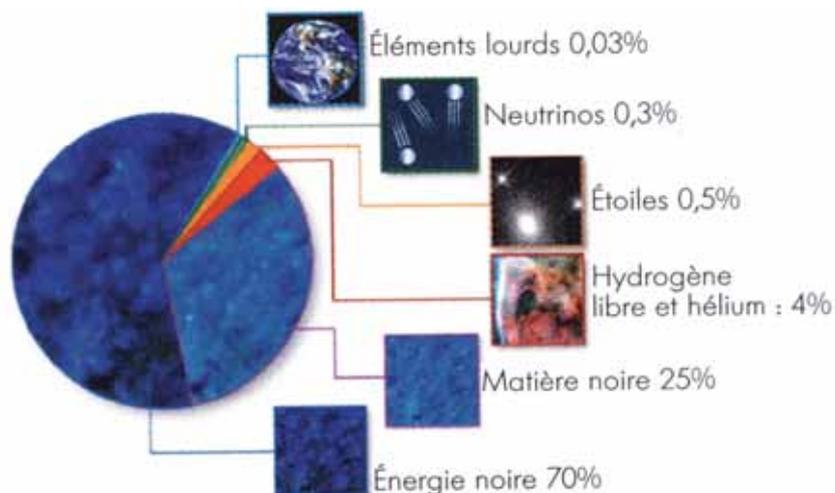
$$t > 300.000 \text{ ans}$$

$$a \propto t^{2/3} \text{ et } T \propto \frac{1}{r} \propto \frac{1}{t^{2/3}} \quad \text{le symbole } \propto \text{ signifie "proportionnel".}$$

Georges Lemaître (1922) d'abord, Georges Gamow ensuite (1948) proposent un modèle d'Univers qui prend en compte la découverte de Hubble (récession des galaxies), selon lequel à l'origine toute la matière était concentrée en un point et l'Univers serait né d'une «explosion» - big bang - (expression due à Hoyle) à un moment où la température et la densité étaient extrêmement élevés, l'expansion de l'Univers entraînant un refroidissement selon Gamow, et si cette vision est juste il doit exister dans notre Univers d'aujourd'hui une trace de cette époque sous la forme d'un rayonnement millimétrique. Faite en 1948, cette prédiction est vérifiée en 1965, par Penzias et Wilson, découverte pour laquelle ils ont obtenu en 1978 le Prix Nobel de Physique.

### La Recette de l'univers

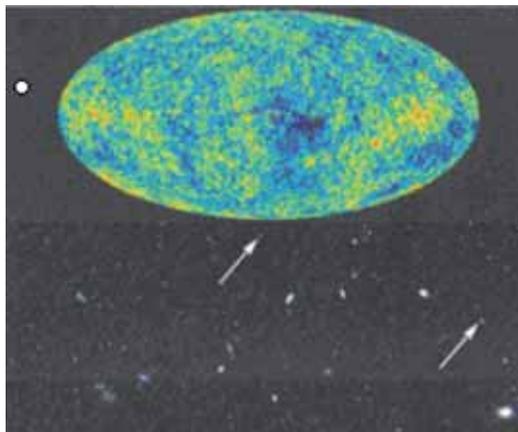
Une pincée d'éléments lourds, 0,3% de neutrinos, seulement 0,5% d'étoiles et 4% d'hydrogène et d'hélium. Voilà ce que contient l'Univers, dans toutes les longueurs d'onde. Le reste, les 95%, seraient de la matière et de l'énergie noires dont nous n'avons pas constaté directement l'existence mais dont nous pouvons mesurer les effets. Voilà de façon très résumée à quel point sont parvenues les observations les plus récentes.



D'après le Petit Atlas de l'Univers (Flammarion) par Leopoldo Benacchio

### Les Derniers Résultats

Aujourd'hui on a pu observer et cartographier précisément le rayonnement de lumière micro-onde résultant des échos du Big Bang(1), on a relevé l'existence d'objets très lointains qui appartiennent apparemment à l'époque où les galaxies ont commencé à briller, il y a 13 milliards d'années, et on a pu analyser le signal électromagnétique des quasars qui sont apparus un milliard d'années seulement après ce que nous considérons aujourd'hui comme le début de l'expansion de l'Univers, avant la formation des étoiles.



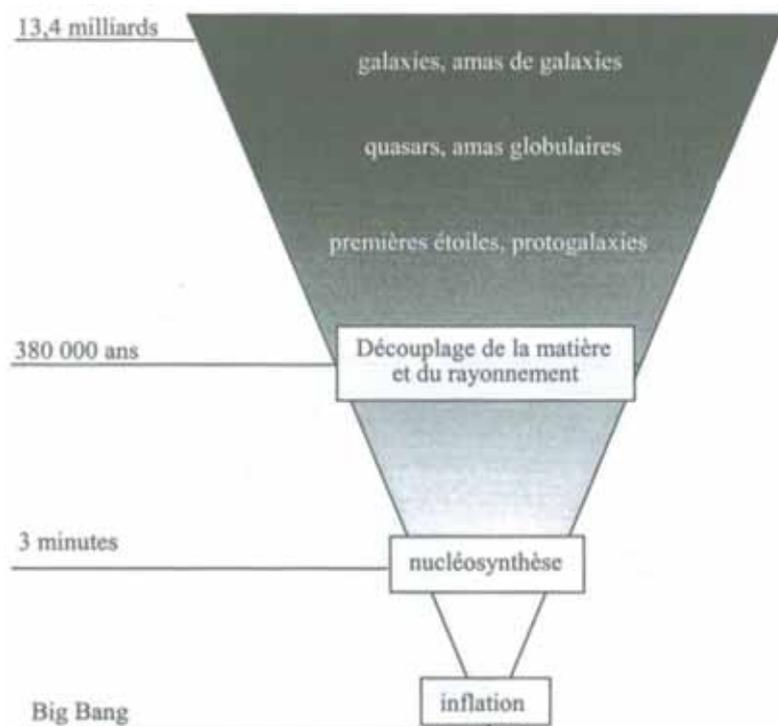
## Histoire de l'Univers

L'âge de l'Univers peut être calculé à partir de la constante  $H_0$ ; on peut reconstituer l'histoire de l'Univers en remontant dans le temps; en supposant que l'âge de l'Univers 15 G ans est représenté par une année, on reconstitue son histoire :

1 <sup>er</sup> janvier	big bang
1 <sup>er</sup> avril	formation de notre galaxie Voie Lactée
9 septembre	formation du système solaire
25 septembre	première cellule de vie (les plus vieux fossiles des algues bleues dateraient du 9 oct.)
19 décembre	premiers poissons et vertébrés
21 décembre	les premiers arbres
24 décembre	les premiers dinosaures
26 décembre	les premiers mammifères
27 décembre	les premiers oiseaux
28 décembre	mort des dinosaures

L'homme civilisé fera son entrée à la dernière minute du dernier jour de l'année.

La civilisation égyptienne apparaît dans les dix dernières secondes, la naissance de la science et de la connaissance lors de la dernière seconde de l'année.



Evolution de l'Univers depuis le Big Bang jusqu'à nos jours

### Chronologie de l'Univers

Temps après le big bang Ap B.B.)	Événement	Années passées et futures
0	Big bang.	Il y a 13,7 milliards d'années
$10^{-35}$ à $10^{-33}$ secondes	Période d'inflation.	
$10^{-33}$ secondes	Naissance des quarks et antiquarks. Ils s'annihilent les uns les autres, laissant un léger excédent de quarks.	
$10^{-5}$ secondes	Les quarks se combinent pour former protons et neutrons.	
$10^{-3}$ secondes	Formation des atomes d'hydrogène et d'hélium	
1 à 3 minutes	Formation des éléments légers jusqu'au bore.	
370 000 ans	Emission du fond diffus cosmologique - l'Univers devient transparent.	
200 millions d'années	Naissance des premières étoiles, réionisation.	Il y a 13,5 milliards d'années
3 milliards d'années	Formation des galaxies âgées, des quasars et des plus vieilles étoiles de la Voie lactée.	Il y a 10,4 milliards d'années
9,1 milliards d'années	Notre système solaire (la Terre y compris) est formé.	Il y a 5,6 milliards d'années
9,9 milliards d'années	Formation des premiers fossiles.	Il y a 3,8 milliards d'années
13,4 milliards d'années	Premiers reptiles.	Il y a 320 millions d'années
13,5 milliards d'années	Séparation de l'Afrique et de l'Amérique ; les dinosaures apparaissent.	Il y a 200 millions d'années
13,64 milliards d'années	Fin des dinosaures ; diversification des petits mammifères.	Il y a 65 millions d'années
13,695 milliards d'années	Evolution des primates, et en particulier des grands singes.	Il y a 5 millions d'années
13,6998 milliards d'années	Homo sapiens.	Il y a 195 000 ans
13,6999 milliards d'années	Dernier âge glaciaire, aube du monde moderne.	Il y a 10 000 ans
<b>13,7 milliards d'années</b>	<b>Aujourd'hui.</b>	
14,7 milliards d'années	La Terre devient inhabitable.	Dans 1 milliard d'années
18,7 milliards d'années	Le Soleil se transforme en géante rouge, destruction de la Terre.	Dans 5 milliards d'années
23,7 milliards d'années	Le Soleil devient une naine blanche.	Dans 10 milliards d'années
$10^{14}$ années	La formation des galaxies et des étoiles s'arrête.	Dans une centaine de milliers de milliards d'années
$10^{36}$ années	50% de la totalité des protons sont désintégrés.	
$10^{40}$ années	Tous les protons ont disparu, les trous noirs dominant.	
$10^{100}$ années	Les trous noirs se désintègrent.	
$10^{150}$ années	Ere des photons : l'Univers atteint un état d'énergie extrêmement bas ?	

D'après l'Histoire complète de l'Univers (Flammarion)

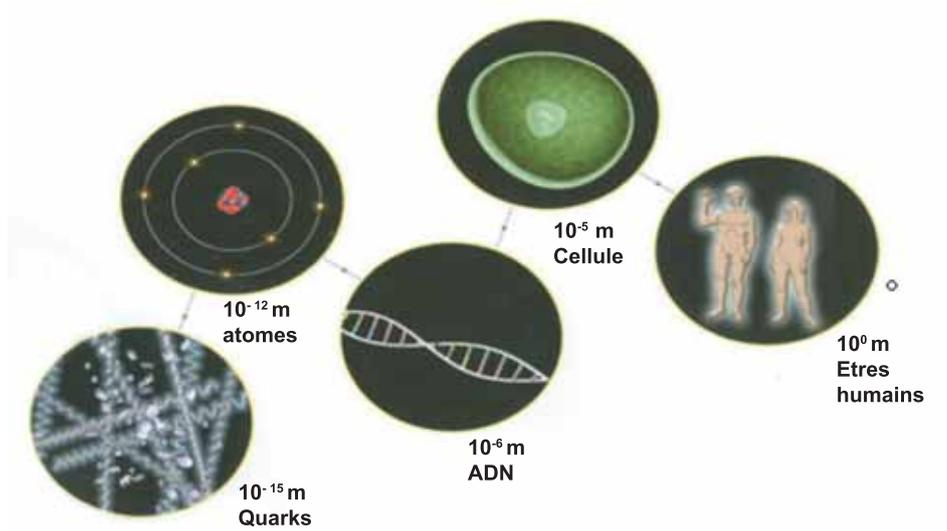
### Le futur lointain d'un univers ouvert

Temps (en années)	Événement
$10^{12}$	Les étoiles s'éteignent
$10^{18}$	Les galaxies deviennent des trous noirs galactiques
$10^{27}$	Les amas de galaxies deviennent des trous noirs hypergalactiques
$[10^{31} - 10^{36}]$	[Les protons meurent]
$10^{100}$	Les trous noirs s'évaporent
$10^{1500}$	Toute la matière (hormis les étoiles à neutrons) se métamorphose en boules de fer
76	
$10^{10}$	Les étoiles à neutrons et les boules de fer s'effondrent en trous noirs. Ces derniers s'évaporent en lumière

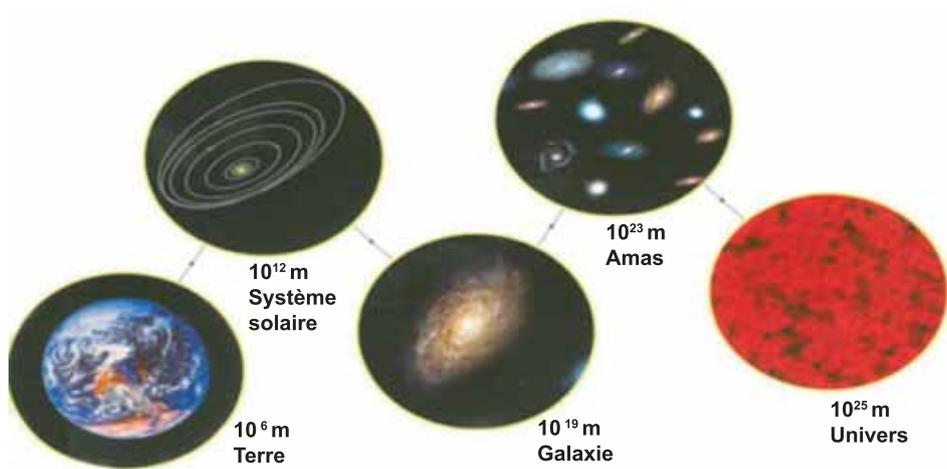
### Le compte à rebours vers l'effondrement final d'un univers fermé

Temps avant l'effondrement final (en années)	Événement
- $10^9$	Les amas de galaxies fusionnent
- $10^8$	Les galaxies fusionnent
- $10^6$	Les étoiles, aplaties comme des crêpes, traversent le ciel à des vitesses proches de celle de la lumière
- $10^5$	Les enveloppes des étoiles s'évaporent en particules élémentaires. La lumière ne peut plus se propager : l'Univers redevient opaque
- $10^3$	Les étoiles explosent. Les trous noirs, cadavres stellaires des étoiles d'antan, dévorent la matière environnante et grandissent à vive allure
- 1	L'Univers est rempli d'une soupe de quarks, d'électrons, de neutrons et de leurs antiparticules

## De l'invisible ...



## ...à l'infini



D'après l'Histoire complète de l'Univers (Flammarion) par Brian May

## V- PRINCIPAUX TESTS COSMOLOGIQUES QUE DOIT SATISFAIRE UN MODELE D'UNIVERS

Tout modèle cosmologique réaliste doit permettre de rendre compte le plus précisément de l'ensemble des observations et données disponibles. en particulier :

### 1- âge de l'Univers :

à partir du red-shift ( $\frac{2}{3} H^{-1} \sim 13.5 - 14$  milliards années)

### 2- rayonnement fossile à 3° K (2.7° K) :

Il faut un red-shift de  $10^5$  homogène, isotrope, non polarisé pour un âge de l'Univers d'une année pour que l'hypothèse de corps noir soit bonne.

### 3- formation des éléments légers He, D, Li (nucléosynthèse primordiale)

Les éléments légers comme l'Hélium, le Deutérium,... sont considérés d'origine cosmologique, il faudrait que le modèle prévoie la formation de ces éléments à l'origine avec les abondances qu'on observe.

### 4- la densité de l'Univers :

Selon que  $\rho$  est plus grand ou plus petit que la densité critique  $\rho_c = 10^{-30} \text{ g cm}^{-3}$  sachant que la densité des galaxies

$$\rho_{\text{gal}} = 2 \times 10^{-31} \text{ g cm}^{-3} \text{ et que } \rho_{\text{amas}} \sim 2 \times 10^{-30} \text{ g cm}^{-3} \text{ et } \rho_{\text{max}} \sim 1.5 \times 10^{-29} \text{ g cm}^{-3}$$

### 5- formation des galaxies, contenu matériel de l'Univers:

Leur répartition, formation d'amas de galaxies - super amas ; il existe dans l'Univers 100 milliards de galaxies et 200 MM étoiles dans chaque galaxie.

Avec les découvertes récentes concernant le contenu de l'Univers, il faut aussi expliquer tout le contenu de l'Univers, matière noire et énergie noire.

On détecte la matière noire de manière indirecte, par l'influence qu'elle exerce, qu'elle émette ou non de la lumière.

L'énergie noire est décelée par l'effet de répulsion qu'elle exerce sur les galaxies et qui serait responsable de l'accélération constatée des galaxies.

### 6- les ondes gravitationnelles:

Prévues par la relativité générale, aujourd'hui détectées.

## CONCLUSION

Certes le modèle cosmologique dit standard explique beaucoup de choses ; mais beaucoup d'interrogations restent encore posées ; certaines sont encore sans réponse, d'autres possèdent des réponses très peu précises :

- quelles sont les valeurs précises des paramètres cosmologiques comme  $H_0$  ou  $\rho_0$  ;
- quelle est la nature de la matière noire ; celle de l'énergie noire ?
- les constantes fondamentales de la physique sont-elles réellement constantes ;
- la grande question : que s'est-il passé pour  $T > \text{Gev}$  ; peut-être alors l'extension du modèle standard de particules élémentaires à la super-symétrie, et avec les espoirs nés grâce au démarrage du grand accélérateur du CERN le LHC (Large Hadronic Collider), permettra d'avancer dans le modèle standard de la cosmologie.

Selon la théorie du big bang il y a 13.7 milliards d'années la température et la densité de l'Univers atteignaient des valeurs extrêmes ; on parle alors d'un «début d'Univers», on ne peut décrire ce qu'il y avait «avant» ce début ; pour investir ce domaine il faudrait résoudre un des plus grands problèmes posés aujourd'hui aux physiciens, celui de concilier la relativité générale et la physique quantique et trouver une formulation satisfaisante de la théorie quantique de la gravitation ; ce qui fait que dans ce cas-là nous ne sommes pas encore capables de jouir de cette «joie» dont parle Einstein : **«qu'est ce qui nous pousse à inventer des théories l'une après l'autre ? et pourquoi même les imaginons-nous ? la réponse est simple : parce que nous avons de la joie à comprendre».**

## Références :

- Hubert Reeves "Patience dans l'azur" (Ed. Seuil)
- Hubert Reeves "Dernières nouvelles du Cosmos" (Ed. Seuil)
- Evry Schazwan "Structure de l'Univers" (Hachette)
- Leopoldo Berrachio "Le petit Atlas de l'Univers" (Flammarion)
- Marie-Antoinette Tounelat "Théorie électromagnétique et relativité" (Masson)
- Jean Heidmann "Introduction à la cosmologie" (PUF)
- A. Ewinstein "Quatre conférences sur la relativité" (Ed. J. Gabay)



La grande nébuleuse d'Andromède, l'une de nos plus proches voisines :  
c'est une galaxie spirale semblable à la nôtre observée  
pour la première fois (964) par Abderrahman AL-SUFI (10<sup>e</sup> siècle)

### Un Tourbillon Majestueux

Au centre de la photo, on voit le noyau brillant de la galaxie M51; c'est un globe de 80 années-lumière de diamètre qui émet une quantité de lumière équivalente à 100 millions de soleils. Les astronomes estiment que sa masse est équivalente à 40 millions de fois celle du soleil.

(d'après "le Petit Atlas de l'Univers", Leopoldo Berrachio - Flammarion)



## THE UNIVERSE IN STRING THEORY

*Pr. El Hassan SAIDI*

*Membre résident  
Académie Hassan II des Sciences et Techniques*



Superstring theory, which uses strings as fundamental objects of nature, is a supersymmetric theory that lives in a ten dimensional space time; that is six more space dimensions than the usual four ones (time + the 3 space directions). It solves one of the basic problems of the 20th century theoretical physics regarding the unification of quantum gravity mediated by a spin two ( $s=2$ ) field (the graviton) with the three other forces of the universe. These three forces, which are mediated by twelve ( $12=1+3+8$ ) spin one ( $s=1$ ) gauge fields, are as follows: (i) The electromagnetic force mediated by the photon; it extends the well known Coulomb force and it is exerted between electrically charged particles such as the electron  $e^-$  and the proton  $p^+$  of the Hydrogen atom. (ii) The weak force describing the decay of particles often known as radioactivity; it is mediated by the famous three gauge bosons  $W^+$ ,  $W^-$  and  $Z^0$  predicted by theory at the end of 1960 decade and discovered at CERN in 1983. (iii) The strong force responsible for having altogether protons inside of atoms nuclei. The strong interaction is mediated by eight gluons and it is exerted between quarks defining the building blocks of protons, neutrons and hadrons in general.

In the last few years an increasing interest has been given to linking superstring theory to the low energy elementary particle physics phenomenology and cosmology. This interest has been mainly motivated by the Large Hadron Collider (LHC) event where the particle detectors ATLAS and CMS at CERN, Switzerland, are expected to capture new signals beyond the Standard Model of electroweak interactions. A large part of these theoretical studies have been particularly focusing on bringing superstrings and M- theory inspired ideas to engineer possible extensions of the Minimal Supersymmetric Standard Model (MSSM) of elementary particles at TeV- energy scale. Recall that the energy magnitude used in the LHC experiment at CERN has been never reached before and computing simulation capabilities for data analysis have been never so powerful. These achievements make the accessible TeV energies an emergent field that need to be explored and the future band for testing several ideas and proposals such as supersymmetry

and extra dimensions. The access to the TeV energy band allows also to check notable early phenomenological prototypes beyond the  $SUC(3) \times SUL(2) \times UY(1)$  Standard Model such as the  $SUC(4) \times SUL(2) \times SUR(2)$  Pati-Salam treating quarks and leptons on an equal footing and the  $SU^3(3)$  tri- unification models. The TeV band allows as well to shed more light on grand unified theory (GUT) proposals; especially those based on simple gauge symmetry groups like the  $SU(5)$ ,  $SO(10)$  and E6 GUT models.

In this presentation, based on recent developments in superstring theory literature; but also on results and ongoing research projects at Lab/UFR-PHE, Faculty of Science- Rabat, we review briefly some basic ideas on superstrings in connection with the embedding of MSSM and Grand unified models in higher space time dimensions as well as issues on brane world cosmology and black objects in 10D superstring compactifications.

## L'OBSERVATION EN ASTRONOMIE

*Pr. Zouhair BENKHALDOUN*

*Laboratoire de Physique des Hautes Energies  
et Astrophysique, Faculté des Sciences Semlalia,  
Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc*



De toutes les sciences, l'astronomie est sans doute la plus tributaire de l'observation. La naissance même de cette science, qu'on ne saurait dater, a eu lieu la première fois que l'intelligence humaine à commencer à scruter le ciel, le plus vieux et le plus vaste des laboratoires scientifiques.

À travers les âges, l'observation en astronomie et astrophysique à beaucoup évoluer avec le développement technologique de l'instrumentation scientifique. Un bond qualitatif à été opéré avec la découverte de la lunette qu'on attribue à l'astronome Italien Galileo Galilei en 1609 et dont nous célébrons cette année le 400<sup>ème</sup> anniversaire. Un autre saut à eu lieu au milieu du 20<sup>ème</sup> siècle avec l'exploration spatiale d'une part et la formidable révolution électronique et informatique.

En effet, les télescopes et leur évolution, de concert avec le développement des capteurs et les moyens d'acquisition et de traitement de l'information, à permis de rapprocher les objets célestes de l'homme et de changer radicalement sa conception même de l'univers. Parmi les découvertes importantes dues à l'observation:

Cratères à la surface de la lune, phases de venus, satellites de Jupiter ..., avec Galilée, Herschel et Newton grâce à la lunette puis les premiers télescopes.

Vitesse de fuite des galaxies avec Hubble et son télescope de 2m du mont Palomar.

Rayonnement fossile avec Penzias et Wilson et leur radio télescope.

Exoplanètes, matière primordiale, ondes gravitationnelles avec les instruments actuels et en projet, tel l'Extrêmement Large Télescope pour lequel les montagnes de l'Atlas au Maroc (Jbel Aklim) constituent l'un des sites potentiels et qui fait l'objet d'une campagne intensive de qualification.

Si le développement technologique a beaucoup fait évoluer l'Astrophysique, cette science a eu une incidence certaine sur les avancées, aussi bien théorique que techniques, de notre monde actuel.

On ne compte plus les découvertes impulsées par cette volonté des astronomes de vouloir, toujours, plus et mieux observer et sonder notre univers. De la relativité générale d'Einstein à la mécanique quantique en passant par la physique des hautes énergies du point de vue théorique, ou de la mise en orbite des satellites, l'imagerie, les télécommunications, ... du côté instrumental, sont autant de domaines liés à cette mère des sciences qu'est l'astronomie.

Il n'y a plus réellement de frontières entre les différentes branches de la physique, mais il est toujours permis de définir l'Astrophysique comme étant cette science qui permet de décrire, de comprendre et de prévoir la totalité des phénomènes physiques qui se produisent dans l'Univers. Aujourd'hui les acteurs (chercheur) en astrophysique ne font pas tous de l'observation, loin s'en faut, mais ils contribuent chacun dans sa spécialité (traitement des données, développement de modèles, instrumentation ...) à faire progresser l'ensemble.

Aujourd'hui, observer en astrophysique n'est plus aussi simple que de scruter le ciel ou de mettre son œil derrière un oculaire de télescope. Nous reprenons ici la définition, puisée dans l'ouvrage de référence «l'Observation en Astrophysique» de l'Astronome Français Pierre Léna et qui nous paraît fort adéquate:

«Le but de l'Observation en astrophysique est d'élaborer une stratégie de collecte de cette information et de hiérarchiser les différentes variables ou paramètres physiques mesurés. Il faut également en assurer le traitement afin de n'en dire ni trop -ce serait surinterpréter l'information-, ni trop peu -ce serait en perdre-, et la conserver à l'usage de comparaison ultérieures ou à celui des générations futures».

## DISCUSSION

**Pr. Mostapha Bousmina** (CSPC, Chancelier)

J'aimerais d'abord remercier les intervenants pour ces riches présentations qui nous ont plongés dans un autre domaine et ça montre, à mon avis, la diversité de notre Académie. C'est un domaine où il faut avoir un grand intellect et des prouesses mentales assez importantes.

Ce que je retiens de la première partie c'est qu'on peut avoir les lunettes de la relativité générale et l'utiliser comme une grille pour lire l'univers et nous avons un certain nombre de critères, qui ont été rappelés par le Pr. Fassi-Fehri, à savoir que n'importe quelle théorie doit satisfaire un certain nombre de critères et d'observations notamment le fameux refroidissement à 3°k, l'isotropie de l'univers, la consistance et un critère un peu subjectif, c'est que n'importe quelle théorie doit satisfaire un peu ce que nous connaissons.

Avec l'intervention de notre ami Saidi, nous avons regardé l'univers avec une théorie de la mécanique quantique qui est la théorie des cordes.

Ma question est la suivante : l'un des grands défis du siècle, c'est comment combiner ces deux théories qui essaient d'expliquer l'univers? Il s'agit de la relativité générale et de la mécanique quantique qui décrivent le même monde mais, en fait, sont basées sur des hypothèses complètement contradictoires, d'ailleurs c'était le grand défi d'Einstein.

Dans la relativité générale : le monde est courbe, la masse a une énergie ( $E=mc^2$ ), le vide n'a pas d'énergie et toutes les équations sont déterministes.

Dans la mécanique quantique : le monde est plat, la masse n'a pas d'énergie, le vide recèle une énergie infinie et toutes les équations sont probabilistes.

En mécanique quantique, il y a trois choses que nous observons, mais que nous ne comprenons pas :

- La première : l'intrication (expérience des deux photons).
- La deuxième chose : la non localité (incertitudes de Heisenberg).
- La troisième concerne la dualité (chats de Schrödinger).

La structure des atomes rappelle celle de l'univers. Pour les atomes, nous nous sommes arrêtés à un certain niveau pour les particules et on a dit il n'y a rien en dessous de l'électron. Rien ne me dit que l'électron n'a pas aussi une autre structure. Ma question est la suivante : est-ce qu'il y a une autre théorie, inconnue maintenant, qui permettrait à la fois de regrouper les 4 forces et de combiner les deux théories et de rendre les observations de la mécanique quantique palpables.

**Taieb Chkili** (Directeur des Séances)

Il s'agit là d'un grand questionnement, pas d'une question, et par conséquent n'a pas besoin de réponse.



## COMMUNICATIONS



## UNE BATTERIE LI-ION MAROCAINE POUR LES VOITURES ÉLECTRIQUES ET TÉLÉPHONES PORTABLES

*I. AKALAY, I. BENZAKOUR,  
A. KADDAMI, H. FAQIR, K. OUZAOUIT*

*Centre de recherche - Reminex - Managem / ONA*



Le marché global des batteries est de 7,7 milliard de \$ avec une croissance annuelle de 15% pour les batteries Li-ion. La crise économique actuelle a mis à mal l'industrie de l'automobile et les aides que les états américains et européens vont octroyer sont conditionnées par le lancement des voitures «propres» hybrides et électriques.

Cette nouvelle vision entraînera un développement important des batteries. Pour qu'une batterie soit retenue pour ces applications industrielles elle doit présenter une haute densité énergétique, une forte puissance, une sécurité infailible, une longue durée de vie, un chargement électrique rapide et une faible perte de capacité.

Afin de répondre à toutes ces exigences, le centre de recherche (REMINEX) de MANAGEM a développé une cathode pour ce type de batterie constituée de Cobalt - Lithium dopé au Cérium. Cette cathode présente une importante résistance à l'échauffement qui est aujourd'hui le point faible des batteries Li-ion présentes sur le marché.

### **1. Historique.**

Un archéologue allemand a découvert, il y a soixante ans, la plus ancienne des batteries. Elle porte le nom de Baghdad (figure n°1) et a été conçue en IRAK il y a 2000 ans.

Elle est constituée d'un pot en céramique, d'électrodes en Fer et en Cuivre et l'étanchéité a été assurée par de l'asphalte. Il est fort probable que l'électrolyte ait été du jus de raisin. La question qui se pose : qu'ont-ils fait les irakiens, à cette époque, avec une batterie?

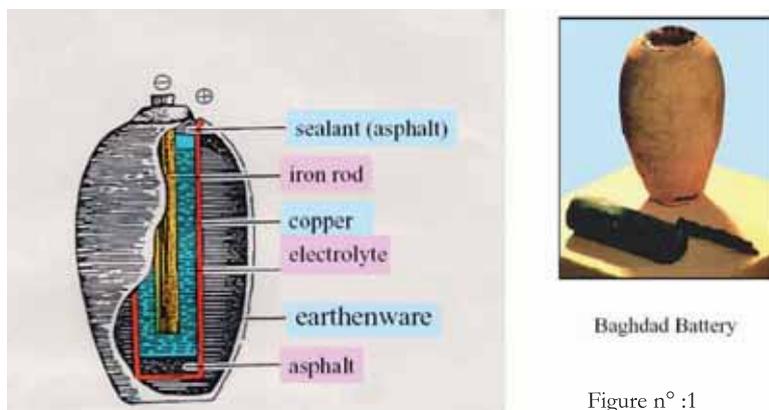


Figure n° :1

Il semble que les alchimistes à cette époque ont dû l'utiliser pour une sorte d'électroplacage aurifère ou argentifère, le Grand JABER IBN HAYANE a dû l'utiliser pour recouvrir d'or des métaux vils.

## 2. Que faut-il pour fabriquer une batterie ?

Une batterie pour qu'elle soit fonctionnelle a besoin d'une cathode active, d'une anode active et d'un électrolyte. Avec ces éléments, il existe 110 millions de combinaisons probables. Jusqu'à ce jour seulement trente existent, fruit d'une sélection qui tient compte des contraintes de volumes (qui doit être faible), de sécurité, d'efficacité et de prix.

## 3. Les exigences pour une batterie commerciale.

Cette batterie doit présenter une haute densité, une forte puissance énergétique et une sécurité absolue. Elle doit aussi avoir une faible vitesse de décharge, un chargement rapide et une durée de vie importante.

La batterie, qui présente une bonne performance en fonction de la température et qui est non polluante, se distingue de manière significative sur le marché.

## 4. Marché des batteries.

Le marché des batteries Li-ion croît de 15% par an tiré par les cellulaires, les PC portables, les caméras et équipements audio.

Cette croissance devrait s'accroître avec la voiture électrique, les motocyclettes électriques et les outils électriques.

La voiture électrique devrait à partir de 2009 utiliser la batterie Li-ion et connaître un essor important dû à l'exigence de tous les gouvernements occidentaux et asiatiques pour développer la voiture propre.

### 5. Structure d'une batterie LiCoO<sub>2</sub>.

La cathode LiCoO<sub>2</sub> d'une batterie Li-ion présente une structure hexagonale dans laquelle s'insère le Lithium et c'est ce dernier qui va assurer, par sa mobilité, la charge et la décharge de la batterie (Figures n°2 et 3).

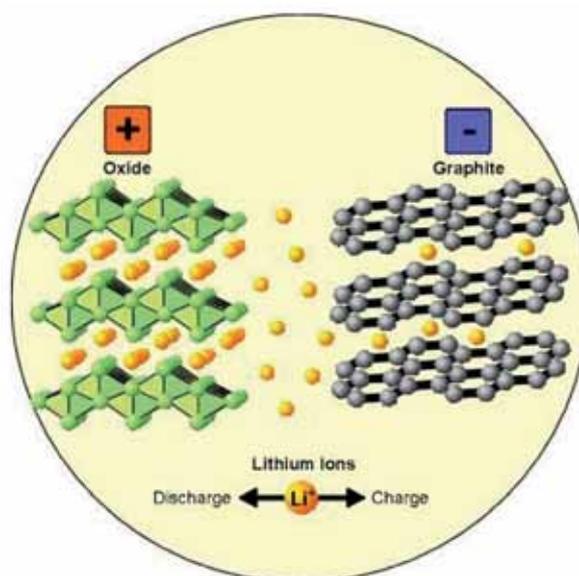


Figure n° :2



Figure n° : 3

### 6. Les tests de caractérisation électrochimique de la batterie marocaine.

Après une série de tests électrochimiques au Maroc, aux USA et au Japon (figures n° 4,5 et 6) il s'avère que cette batterie présente une capacité énergétique supérieure aux batteries commerciales telles que celle fabriquée par NIPPON CHEMICAL fournisseur Japonais des fabricants de batteries tel que SONY et SANYO.

En effet la batterie mise au point par le centre de recherche de MANAGEM présente une capacité de charge de 165 mah/g à comparer au 150 mah/g du commerce. Cette augmentation de capacité énergétique a été obtenue par l'ajout de l'oxyde de cérium nanométrique au  $\text{LiCoO}_2$ . De part la facilité du cérium de passer de son état d'oxydation 3+ à 4+ et vice versa il confère une stabilité à l'édifice cristallin du  $\text{LiCoO}_2$  et permet au lithium de mieux migrer de la cathode à l'anode.

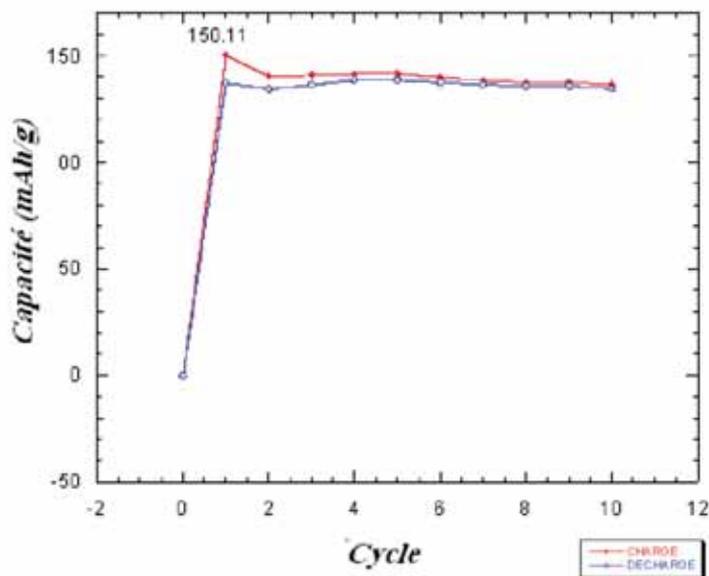


Figure n° : 4

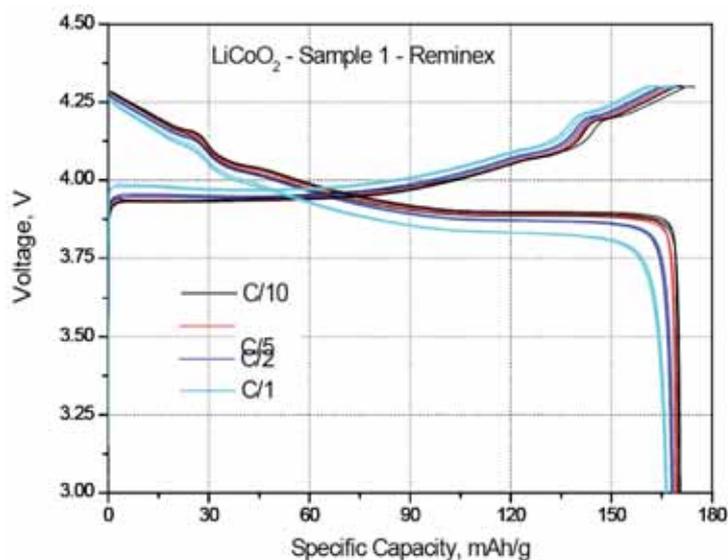


Figure n° : 5

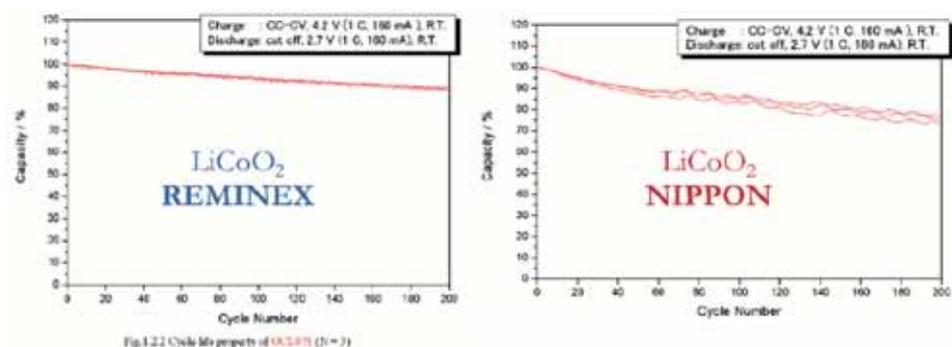
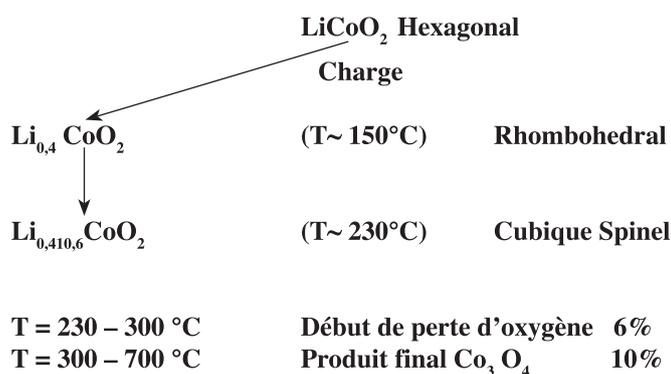


Figure n° : 6

### 7. Stabilisation thermique du LiCoO<sub>2</sub>.

Il est avéré que le modèle de décomposition du LiCoO<sub>2</sub> au cours de son activité se présente de la manière suivante :



Ce modèle permet de voir qu'à une certaine température (230°C) commence une perte d'oxygène qui fragilise l'édifice et qui génère de l'énergie pouvant aller jusqu'à une explosion.

Afin de remédier à ce problème nous avons développé une technique de dopage, au cérium, des cristaux Cobalt - Lithium oxydes (LiCoO<sub>2</sub>) qui permet la rétention de l'oxygène. L'oxyde de cérium est une pompe à oxygène et son efficacité a été augmentée par la synthèse d'un oxyde nanométrique lui conférant une grande attractabilité vis à vis de l'oxygène.

### 8. L'oxyde de Cérium nanométrique.

Cet oxyde a été synthétisé selon deux voies : par précipitation en milieu ammoniacal ou (et) par précipitation sol-gel. Il présente une taille des particules de l'ordre de 30 nm.

Il est une véritable pompe à oxygène grâce à sa structure lacunaire favorisée par les deux états d'oxydation Ce<sub>3+</sub> et Ce<sub>4+</sub> :



C'est cette structure lacunaire qui va contribuer à stabiliser l'oxygène dans l'édifice  $\text{LiCoO}_2$  et réduire considérablement son échauffement.

### 9. Test d'échauffement de la batterie dopée au cérium :

Des tests de faisabilité ont été menés dans deux grands laboratoires : l'un est américain, ARGONE, appartenant au ministère de l'énergie et qui est chargé actuellement par le gouvernement américain de diriger un consortium composé de compagnies industrielles et qui doit lancer une fabrication locale de batteries.

Le deuxième laboratoire est japonais ENAX qui est une start-up qui fabrique des batteries pour les motocyclettes, les voitures électriques et les satellites.

Ces deux laboratoires ont confirmé nos résultats sur le dégagement de chaleur de la batterie au cours des tests d'échauffement.

Les batteries de référence commercialisées actuellement présentant des enthalpies d'évolution :

$\text{LiCoO}_2$ (4,2 Volts)	= 770 Joules/gramme
$\text{LiNiO}_2$ (4,2 V)	= 1330 J/g
$\text{LiMn}_2\text{O}_2$ (4,2 V)	= 230 J/g
$\text{LiFePO}_4$ (4,5 V)	= 150 J/g
$\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{O}_2$ (4,2 V)	= 564 J/g (données SONY)
$\text{LiCo}_{1-x}\text{CexO}_2$ (4,2 V)	= 35 J/g (cathode REMINEX)

L'énergie libérée par notre cathode est très faible par rapport à celle du commerce et ceci s'explique par la diminution de la résistance de l'interface cathode - électrolyte favorisée par le dopage à l'oxyde de cérium nanométrique.

### 10. Performances des différentes batteries commerciales :

Nous reprenons dans ce tableau établi par SONY les comparaisons des performances de différentes sortes de batteries.

Il apparaît clairement que la batterie « REMINEX » présente les meilleures performances en terme de capacité énergétique et de sécurité par une très haute stabilité thermique (Figure n°7).

	LiCoO <sub>2</sub>	LiNiO <sub>2</sub>	LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	LiFePO <sub>4</sub>	LiCo <sub>1-x</sub> Ce <sub>x</sub> O <sub>2</sub> REMINEX
Average voltage (V)	3,7	3,6	3,9	3,4	3,7
Theoretical capacity (mAh·g <sup>-1</sup> )	274	274	148	169	274
Practical capacity (mAh·g <sup>-1</sup> )	140	170	105	150	165
Density (g·ml <sup>-1</sup> )	5,1	4,8	4,2	3,6	5,1
Practical energy density (Wh·Kg <sup>-1</sup> /Wh·l <sup>-1</sup> )	524/2690	612/2910	410/1680	470/1850	524/2690
Stability at high temp.	Passable	Insufficient	Good	Excellent	Excellent

Figure n° : 7

## 11. Conclusion

Les batteries Li-ion sont aujourd'hui les plus performantes sur le plan énergétique mais elles présentent une sérieuse faiblesse sur le plan sécuritaire car en s'échauffant elles peuvent détériorer les matériaux la constituant voire exploser.

Le Centre de Recherche « REMINEX » du groupe minier marocain MANAGEM a apporté la solution à ce problème en y incorporant un élément stabilisateur l'oxyde de Cérium.

Cet oxyde de Cérium, par sa particularité d'être nanométrique a un comportement de stabilisateur même s'il est utilisé à faible dose.

Un brevet d'invention PCT a été déposé en Suisse et il est prévu de lancer un produit pilote de quelques dizaines de tonnes de LiCoO<sub>2</sub> dopé par an.

Notre ambition est de mettre en place un partenariat avec un constructeur de batteries pour une production industrielle conséquente.



## APPLICATION DE LA TECHNOLOGIE DE LA CONCENTRATION DU RAYONNEMENT SOLAIRE DANS LA MÉTALLURGIE EXTRACTIVE AUX HAUTES TEMPÉRATURES

*Pr. Naji ABDENNOURI*

*Laboratoire de Procédés Métrologie et Matériaux  
pour l'Energie et l'Environnement LP2E2M-IMP,  
Faculté des Sciences et Techniques*

*Université Cadi-Ayyad, Marrakech, Maroc*



### Introduction

Les énergies renouvelables ont connu une évolution technologique remarquable durant les dernières années. Cette évolution a été engendrée suite au développement qu'a connu le domaine des matériaux pour l'énergie et à la performance des systèmes de suivis et de contrôle. De sa part, le système solaire à concentration, représente l'axe émergent dans l'ensemble des technologies dédiées à la production des énergies propres. Elle a contribué d'une façon considérable à cette évolution et son efficacité a fait ses preuves dans les secteurs de production de l'énergie électrique et de la synthèse de vecteurs d'énergie à travers les installations à grande échelle réalisées dans plusieurs pays industrialisés.

Actuellement, les concentrateurs solaires sont considérés dotés d'un fort potentiel pour jouer le rôle de source d'énergie alternative à grande échelle. Les installations qui ont vu le jour durant les dernières années s'appêtent à un domaine d'application très large et dans des gammes de température allant de quelques dizaines à des milliers de degrés Celsius [a]. Cette technologie est considérée relativement simple et s'accommode avec d'autres sources d'énergie pour former des systèmes hybrides.

Le concentrateur solaire permet d'atteindre de très hauts niveaux d'énergie en peu de temps et offre ainsi, la possibilité d'utiliser ce système dans plusieurs domaines, aussi bien dans la conversion de l'énergie thermique produite que pour des applications de fusion ou de vaporisation des matériaux.

Parmi les applications qui ont fait l'objet de plusieurs travaux de recherche, nous citons les travaux effectués dans le domaine de la fusion des matériaux [b] pour la conversion de l'énergie [c, d, e] et les travaux de la vaporisation dans le domaine de la métallurgie extractive [f].

Le traitement et la fusion des matériaux aux hautes températures présentent souvent des intérêts multiples aussi bien dans le domaine de la conversion de l'énergie, du traitement métallurgique et de la synthèse de matériaux spécifiques. Dans des cas spécifiques, les traitements à haute température peuvent conduire à des opérations de décomposition et d'extraction des éléments par vaporisation [g, h]. Dans le domaine des matériaux, on désigne généralement par hautes températures celles qui sont proches de la fusion des matériaux en question.

Dans les cas usuels, ces opérations nécessitent des sources d'énergie de fortes puissances en utilisant des sources d'énergies conventionnelles, polluantes et qui puisent de plus en plus dans des ressources d'énergie très limitées. Alors qu'une utilisation excessive de l'énergie conventionnelle nuit à l'environnement, accable la répartition des besoins en énergie, et risque de freiner l'avancée technologique dans beaucoup de pays notamment ceux en voie de développement.

Les concentrateurs solaires peuvent apporter un appui sans équivoque à l'émergence de telle technologie dans le domaine de la conversion de l'énergie et dans le domaine des matériaux à haute température [i, j, k].

Dans ce travail, nous présentons une étude d'un cas typique de concentrateur de rayonnement solaire pour des opérations de fusion et de vaporisation d'éléments contenus dans un minerai à base de sulfure de fer.

Pour mieux cerner l'évolution du comportement de et suivre l'évolution du processus de vaporisation de ce minerai au foyer du concentrateur solaire, des analyses chimiques sur des résidus et des gaz émis ont été entrepris. Suite aux résultats obtenus.

## 1. Le concentrateur solaire

Les technologies solaires à concentration reposent sur l'adjonction de rayonnement solaire par des surfaces réfléchissantes dans un espace confiné. Elles permettent ainsi d'atteindre des températures assez élevées, de réduire la surface de réception et donc de minimiser l'influence des pertes thermiques [1].

On retrouve cette configuration sous plusieurs formes selon la disposition et la forme des surfaces réfléchissantes. Ainsi, on rencontre les formes cylindro-paraboliques à foyer linéaire, les concentrateurs à tour où plusieurs miroirs disposés dans un champ réfléchissant le rayonnement solaire en un récepteur placé au sommet d'une tour, les concentrateurs paraboliques à foyer mobile et les concentrateurs paraboliques à foyer fixe grâce à une double réflexion. Ces dispositifs sont schématisés sur les figures 1 et 2 :

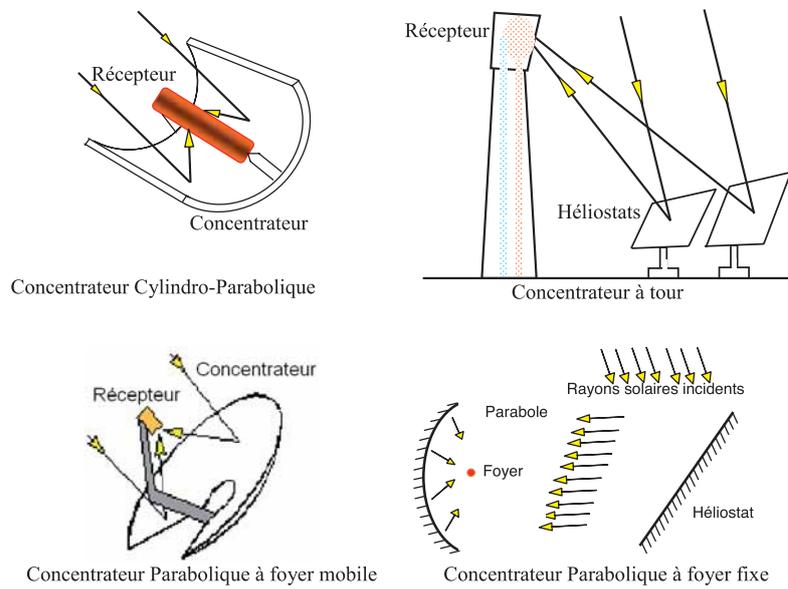
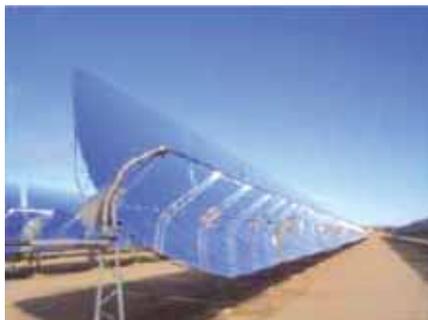


Figure 1 : Schémas des principales filières solaires à concentration



Concentrateur cylindro-parabolique de la centrale de Nevada Solar One



Concentrateur à Tour (Almeria –Espagne)



Concentrateur Dish-Stirling (Allemagne)



Four Solaire d'Odeillo en France

Figure 2 : Images de différentes filières de concentrateurs solaires

Le tableau suivant indique quelques caractéristiques atteintes actuellement pour chaque type de concentrateur :

<i>Technologie</i>	<i>Cylindro-parabolique</i>	<i>Tour</i>	<i>Parabole</i>	<i>Four solaire</i>
Rendement thermique nominal	70%	73%	75%	70%
Puissance des installations	80-300MW	10 – 100 MW	1 – 100 kW	1 – 1000 kW
Concentration	400 – 800	700 – 1200	6000 – 10000	8000 - 20000
Domaine de Température	270 – 550°C	550–1000° C	600 – 1200 °C	1000–3000°C
Prix du champ solaire	2500 Dh/m <sup>2</sup>	2000 Dh/m <sup>2</sup>	~1500 Dh/m <sup>2</sup>	~3000 Dh/m <sup>2</sup>

Tableau 1 : Caractéristiques des dispositifs à concentration

Les collecteurs linéaires de Fresnel permettent aussi de concentrer le rayonnement solaire mais avec des performances plus faibles. Les filières se distinguent par leurs dimensions élémentaires qui spécifient la puissance au foyer, la nature des surfaces réfléchissantes qui détermine leurs performances optiques et thermiques, et le coût de l'installation.

Dans ce qui suit, nous détaillons les caractéristiques d'un concentrateur parabolique à axe vertical et à foyer fixe. Il est constitué d'un ensemble de miroirs plans constituant l'héliostat et d'un miroir parabolique d'une puissance thermique maximum de 2kW (figures 3 et 4). A l'aide d'un dispositif de suivi continu, l'héliostat est disposé à chaque instant de telle sorte que le rayonnement solaire est renvoyé suivant l'axe principal de la paraboloïde. Le taux de concentration théorique du dispositif est de 16000 au foyer de la paraboloïde. Les densités d'énergie reçues au foyer de l'installation sont de l'ordre de 104kW/m<sup>2</sup>. L'image focale a un diamètre de 1.5 cm environ. Le flux solaire incident peut être ajusté par un obturateur à pales placé entre l'héliostat et le plan focal de la paraboloïde.

Le dispositif expérimental est équipé d'une coupole en silice (transparente au rayonnement solaire) et dans laquelle l'atmosphère peut être contrôlée. La mesure de la pression est assurée par un simple manomètre placé dans le circuit de gaz en communication avec l'enceinte.

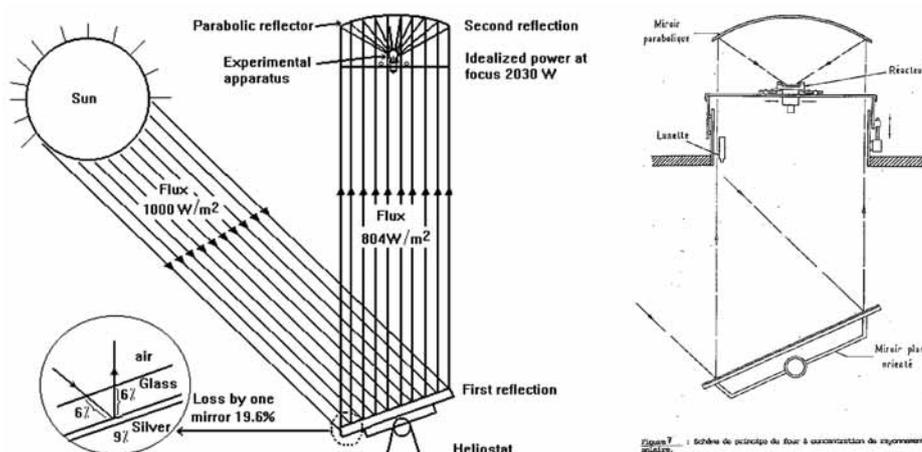


Figure 3 : Schémas du concentrateur solaire à axe vertical de puissance 2kW



Figure 4 : Images de l'héliostat et la disposition du concentrateur à axe vertical utilisé Four solaire d'Odeillo en Pyrénées-Orientales en France

### 1.1. Distribution du flux dans le plan focal

La distribution du flux au niveau du plan focal est mesurée à l'aide d'un fluxmètre photonique à sphère intégrante qui a été développé au laboratoire PROMES [1] dont les caractéristiques sont les suivantes:

- résolution spatiale de 0.5mm qui permet de faire des cartographies de flux précises
- temps de réponse de l'ordre d'une nanoseconde
- gamme de flux mesurable: de 100 à 1200 W/cm<sup>2</sup>.

Les mesures ont été effectuées dans un jour d'ensoleillement normal du mois de janvier. Le flux solaire reçu au niveau du sol a été mesuré par un pyranomètre durant toute la journée (figure 5).

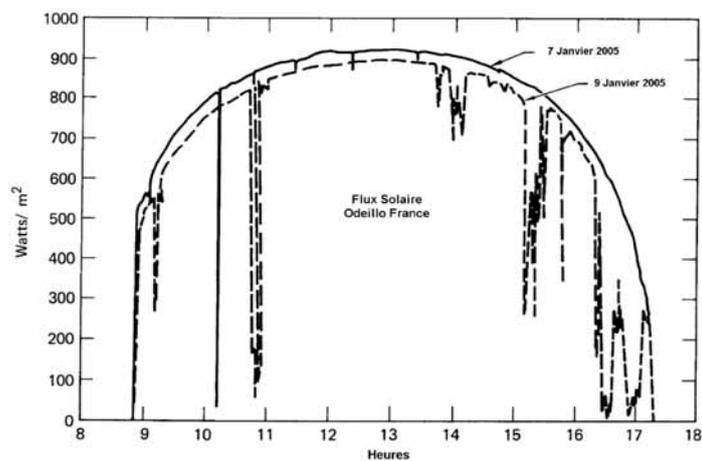


Figure 5 : Flux du rayonnement solaire au niveau du sol

La courbe représentant le flux mesuré (figure 6) est une gaussienne dont le maximum situé au centre de la tache focale (de 2cm environ) est de l'ordre de 850W/cm<sup>2</sup>.

Les traitements au foyer conduisent dans tout les cas à la fusion du matériau à traiter. Les forts gradients de température développés dans le matériau créent un mouvement de convection à l'intérieur de la masse fondu et rendent ainsi sa température homogène [m]. Il ressort alors que dans certains cas, seul le flux global est déterminant pour atteindre un niveau d'énergie de traitement [n].

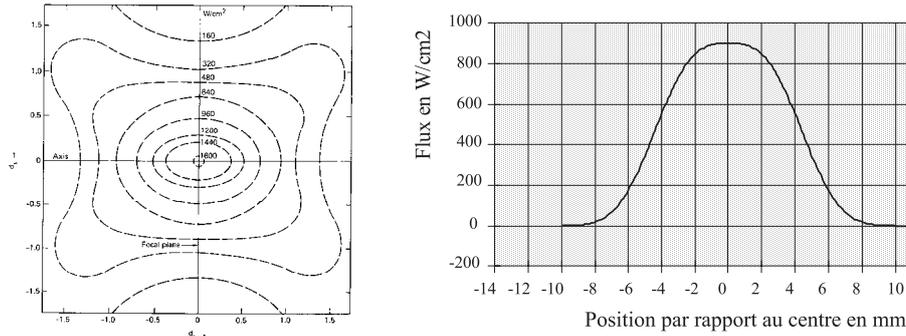


Figure 6 : Cartographie du flux de rayonnement au plan focal de la paraboloïde

## 1.2. Flux global de rayonnement au foyer de la paraboloïde

Les mesures sont effectuées à l'aide d'un calorimètre à eau. Le rayonnement à mesurer pénètre par un orifice de 3cm de diamètre dans une cavité formant une enceinte noire dont les parois sont refroidies par une circulation d'eau extérieure. La mesure du débit d'eau et de l'évolution de sa température permet de calculer l'énergie incidente.

Dans le cas des traitements sous atmosphère contrôlée, une coupole en silice transparente est placée au-dessus de porte-échantillon. Cette coupole absorbe une quantité d'énergie. Dans le but d'évaluer la quantité d'énergie réellement atteinte au foyer, des mesures du flux ont été effectuées avec et sans coupole. Nous présentons ainsi, sur la figure 7, la courbe donnant la puissance incidente en fonction du taux d'ouverture des pales. L'incertitude relative sur les mesures de la puissance est évaluée à 5%. La coupole fait baisser de 18% le flux incident par absorption et par réflexion.

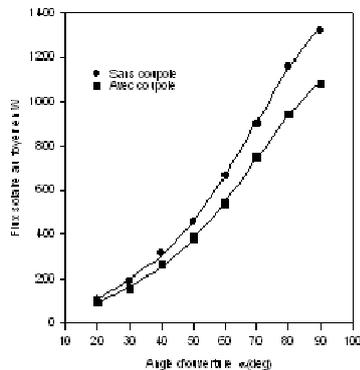


Figure 7 : Evolution de la puissance reçue au foyer

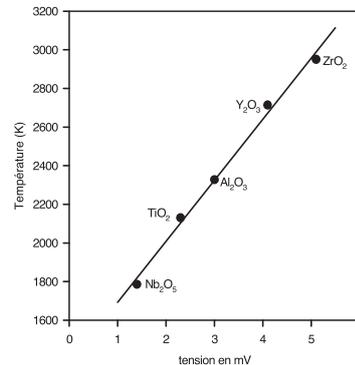


Figure 8 : Courbe d'étalonnage du pyromètre

### 1-3 Mesure de la température de la surface d'échantillon

Cette mesure est effectuée au moyen d'un pyromètre infrarouge (Therodot TD 6A) mesurant l'énergie émise par la surface de l'échantillon dans une étroite bande de longueurs d'onde centrée sur 2.9  $\mu\text{m}$ . Cette longueur d'onde correspond au domaine spectral pour lequel l'atmosphère (vapeur d'eau et anhydride carbonique) joue le rôle de filtre du rayonnement solaire. La part du rayonnement réfléchi par l'échantillon est par conséquent nulle à cette longueur d'onde et seule l'énergie émise par l'échantillon est lue par le pyromètre [12]. La visée peut être réalisée à travers un orifice prévu à cet effet dans la coupole de verre ou bien au travers d'un hublot en fluorine inséré dans cette coupole. L'estimation des températures est réalisée à partir d'un abaque (figure 8) établissant la relation entre la réponse du pyromètre et la température de solidification d'une série d'oxydes réfractaires servant d'étalons (Tableau II) [o]. Après avoir placé l'étalon au foyer sous flux solaire, on ferme instantanément l'obturateur provoquant ainsi un refroidissement rapide de l'échantillon. Au passage du point de solidification, l'intensité délivrée par le pyromètre marque un palier sur un traceur relié au pyromètre. Les mesures ont été effectuées avec la même installation et dans les mêmes conditions prévues pour les traitements.

Echantillons	ZrO <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
T <sub>Solidification</sub> (K)	2987	2713	2327	2058	1783

Tableau II: Température de solidification des étalons.

## 2. Montage et protocole experimental

Le dispositif expérimental (figure 9 et 10) est équipé d'une coupole en silice (transparente au rayonnement solaire) et dans laquelle l'atmosphère peut être contrôlée. La mesure de la pression est assurée par un simple manomètre placé dans le circuit de gaz en communication avec l'enceinte.

Les échantillons à traiter sont pastillés sous pression mécanique et pesés. La coupole est remplie d'argon après avoir mis le vide à l'aide d'une pompe. L'opération est répétée trois fois avant de laisser la coupole sous balayage d'argon. La pression partielle de l'oxygène est contrôlée au moyen d'une sonde électrochimique de zircone stabilisée, (Westinghouse oxygen Monitor M 209) placée en dérivation sur le circuit de sortie des gaz ; elle doit être maintenue inférieure à 10-5atm. L'échantillon atteint la température de fusion en quelques secondes. La durée des traitements est variable, de quelques secondes à 60 min. environ. A chaque durée correspond la vaporisation d'une quantité de matière sensiblement variable. Les vapeurs émises constituent une mince colonne de fumée s'élevant verticalement sous l'effet de la convection naturelle. Une grande partie de ces vapeurs est évacuée par le débit d'argon, une faible quantité parvient à se déposer sur les parties froides de la coupole.

Entre deux étapes consécutives les condensats sont prélevés et l'échantillon pesé. Au cours de chaque étape, nous s'assurons que certaines caractéristiques de l'installation (flux, température,...) restent sensiblement invariantes.

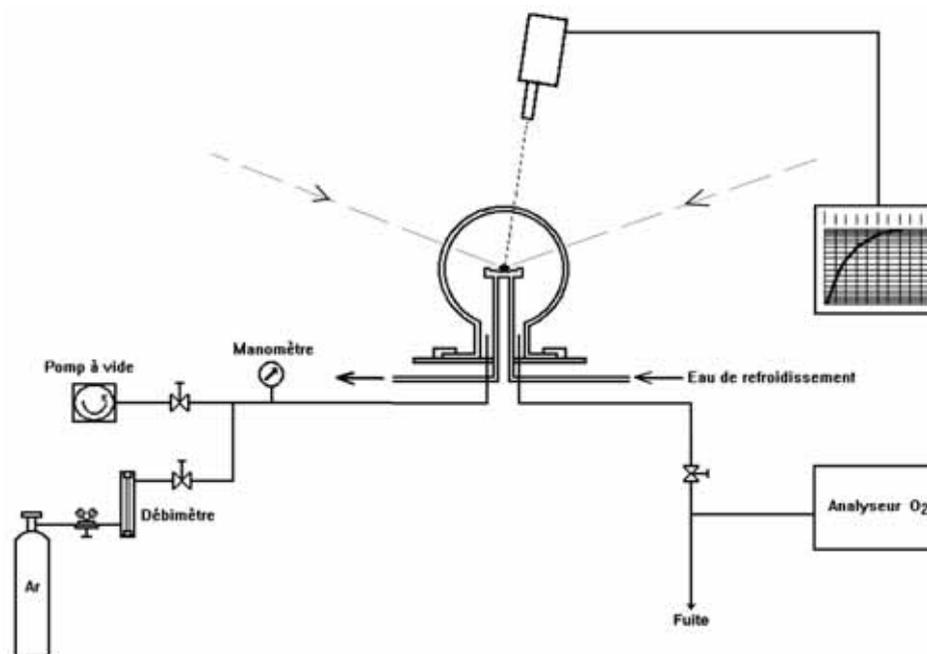


Figure 9 : Schéma de l'installation utilisé pour suivre l'évolution de la vaporisation

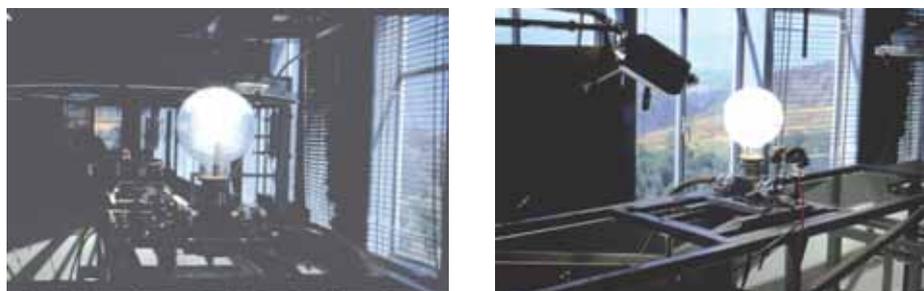


Figure 10 : Images de l'installation expérimentale en fonctionnement

### 3. Vaporisation du minéral

#### 3.1. Vaporisation sélective des minerais

La valorisation des matériaux, en l'occurrence les minerais, par vaporisation sélective a connu une grande percée suite à l'émergence des technologies relatives aux hautes températures, notamment avec les fours à torche plasma, les générateurs à rayons laser de haute puissance et les concentrateurs solaires.

La vaporisation est un phénomène physicochimique complexe qui associe, généralement, plusieurs phases condensées et une phase gazeuse. Chaque phase est assujettie aux transferts de chaleur et de matière à l'intérieur de la phase et aux différentes interfaces.

La vaporisation peut être, dans certains cas, accomplie sous pression réduite afin de favoriser les débits de matière évaporée même à basse température. Bien entendu, les traitements à basse pression ne s'apprêtent pas facilement à des applications à grande échelle et on en fait recourt que pour des matériaux de haute valeur ajoutée.

### 3.2. Les minerais de sulfure de fer

Le sulfure de fer se trouve en abondance dans la nature. Il est généralement associé à plusieurs métaux. Au Maroc, ce minerai se trouve dans la plupart des mines du pays. Nous le retrouvons dans les mines de phosphates, et dans les autres sites d'extraction des métaux tels que le l'argent, cuivre, le zinc et plomb. Il constitue l'essentiel des rejets miniers qui sont déposés à la surface. Ces déchets sont à l'origine de plusieurs émissions de gaz nocifs et de fluides acides qui dissolvent et drainent avec eux des métaux lourds vers les courts d'eau et dans la nappe phréatique (problèmes connus sous l'abréviation DMA, Drainage de Minier Acide).

Par la technologie des concentrateurs solaires, la valorisation de ce déchet est possible que se soit par l'extraction du soufre [p] et production d'une fonte ou encore par l'extraction des métaux de valeur qu'il contient.

Dans notre cas, nous avons examiné l'extraction du soufre à partir d'un minerai constitué essentiellement par du sulfure de fer. Pour cela deux configurations ont été testées. La première consiste à porter les échantillons à haute température en milieu inerte. Dans le second cas, nous avons introduit un réactif (carbone sous forme de graphite ou du méthane). Le réactif a pour objectif d'augmenter la vitesse de vaporisation, et dans certains cas, de favoriser la vaporisation sélective des éléments.

Dans un premier temps, nous avons testé deux types de minerais en provenance de France, l'un des mines de Pau constitué de pyrrhotite ( $Fe_{1-x}S$ ), l'autre de l'Aude de la mine aurifère de Salsigne. Un troisième type de minerai à base de pyrrhotite aussi en provenance des mines de Hajjar à 35 km de Marrakech a été testé et les résultats qui en découlent suivent les mêmes tendances que ceux précédemment cités et qui ont fait l'objet de plusieurs travaux publiés.

	<i>Fe</i>	<i>S</i>	<i>C</i>	<i>Cu</i>	<i>As</i>
<b>%massique</b>	54.65	35.35	0.095	0.74	0.175
<b>%molaire</b>	46.	51.4	0.4	0.6	0.09

Tableau III: Composition de des échantillons traités de pyrrhotite

## 4. Simulation thermodynamique

L'étude thermodynamique est basée sur le calcul des états d'équilibres successifs [q, r]. Cette étude a été menée dans l'objectif de déterminer au préalable les zones de températures et de pressions à explorer pour chaque système considéré.

#### 4.1. Comportement du composé Fe-S aux hautes températures

Le résultat de l'étude thermodynamique confirme la décomposition de FeS à la température 1900K. Elle est d'autant plus importante que la composition du résidu est proche de celle de FeS [s, t, u].

L'évolution des pressions des espèces émises en fonction de la composition du résidu (Figure 11-a) montre que le soufre admet une pression partielle assez élevée dans un intervalle de composition en fer qui varie entre 50% et 70%. Au-delà de cette composition, la pression du soufre baisse et devient comparable à celle du fer. La phase gazeuse récupérée est essentiellement constituée des espèces à base de soufre (S, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>..) au début de traitement, alors qu'elle devient riche en fer après la vaporisation de 60% du soufre initialement présent dans le FeS. Les fortes valeurs des pressions se manifestent au niveau expérimental par une forte perte de masse des échantillons.

La figure 11-b rapporte la fraction des éléments présents dans le résidu par rapport à l'état initial en fonction de la composition de celui-ci. Le fer liquide apparaît au fur et à mesure que le sulfure de fer se décompose en fer liquide et en vapeur de soufre.

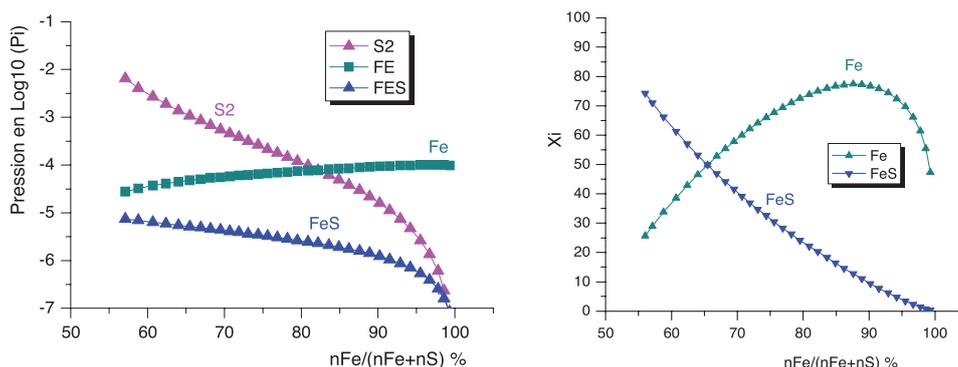


Figure 11-a : Evolution des pressions d'équilibre en fonction de la composition du résidu.

Figure 11-b : Evolution des fractions molaires en fonction de la composition du résidu.

Figure 11 : Vaporisation de FeS sous gaz inerte à T=1900K et P<sub>T</sub>=1atm

#### 4.2. Comportement du composé Fe-S en présence de carbone aux hautes températures

Sur la figure 12, nous avons représenté l'évolution des pressions partielles des espèces gazeuses (figure 12-a) et les fractions des éléments dans le résidu (figure 12-b) en fonction de la composition de celui-ci à une température T=1900K et sous une pression P=1atm. La présence de carbone, favorise fortement la vaporisation du soufre sous forme de CS, CS<sub>2</sub> et S<sub>2</sub> [v, w] et leurs pressions restent proches de 10<sup>-2</sup>atm le long du traitement.

Dans la phase résiduelle, l'addition du carbone au minerai diminue fortement la solubilité du fer dans le FeS et provoque la séparation des deux liquides en deux phases immiscibles [21], l'une est constituée de sulfure de fer et l'autre de la solution fer-carbone. La fraction

molaire de carbone dissoute est d'autant plus importante que la température est élevée [x, y]. L'expression retenue pour le calcul du coefficient d'activité du carbone dans le mélange fer-carbone [z, 23] s'exprime comme suit :

$$\text{Log} \gamma_c = \frac{1180}{T} - 0,87 + \left(0,72 + \frac{3400}{T}\right) y_c \quad \left(y_c = \frac{n_{Fe}}{n_c} = \frac{1-x_c}{x_c}\right)$$

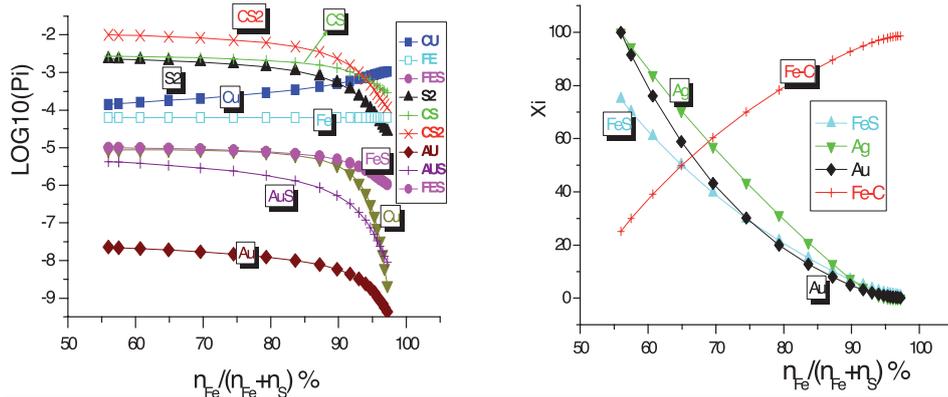


Figure 12-a : Evolution des pressions d'équilibre en fonction de la composition du résidu. Figure 12-b : Evolution des fractions molaires en fonction de la composition du résidu.

Figure 12 : Vaporisation de FeS en présence de carbone à T=1900K et PT=1atm

### 4.3. Fusion d'un minerai de pyrrhotite au foyer d'un concentrateur solaire

#### a/ Vaporisation du minerai seul à haute température

L'opération consiste à chauffer le minerai (stérile de sulfure de fer) dans des conditions physico-chimiques permettant le transfert sélectif du soufre en phase vapeur. La coupole est purgée à plusieurs reprises avant d'établir un écoulement d'argon continu (de l'ordre de 5l/mn). Le traitement du stérile sous argon conduit à une évaporation très intense au début du traitement.

Pour des durées de traitements supérieures à 5 minutes, l'évaporation devient moins importante. Un dépôt jaune est observé sur les parois du four; il s'agit du soufre et probablement d'autres composés à base du soufre. Sur la figure 13, on présente l'évolution de la perte de masse mesurée au cours du traitement du stérile dans les conditions: intensité de flux de 1500W, température de 1800 K. Sur cette figure, on constate qu'au début du traitement, la masse du produit subit une chute importante, alors qu'elle devient moins considérable après. La première partie de cette courbe correspond à la vaporisation des espèces soufrées qui admettent de fortes pressions au début du traitement. Pour des températures plus élevées, et jusqu'à 2200K, le comportement du matériau conserve la même tendance.

### b/ Vaporisation en présence de réducteur à haute température

Le mélange du sulfure de fer et du carbone est effectué avec la proportion molaire de 50% FeS et 50% C. Le mélange broyé est placé au foyer du four solaire. Dans ce cas, la perte de masse est due à la fois à la vaporisation du carbone et du stérile. Il faut noter que l'impact du flux sur le mélange a un caractère légèrement violent. Dans ce cas, la perte de masse observée n'est pas aussi précise que dans le cas précédent puisque le carbone ajouté reste en forme pulvérulente. La perte de masse (figure 14) est nettement plus importante que dans le cas précédent surtout en début de traitement. Ce comportement est dû aux fortes valeurs de pressions des espèces évaporées dans le cas du traitement en présence de carbone [8,9]. Les analyses chimiques entreprises dans ce cas mettent en évidence la présence de fer sous forme de carbure de fer et une phase constituée de sulfure de fer non miscibles. Alors que la phase gazeuse est essentiellement constituée de soufre et de carbone. L'ensemble de ces résultats reste conforme aux divers travaux effectués dans ce domaine.

Dans le cas la présence de carbone, on observe une vaporisation du minerai plus rapide que dans le cas précédent et la vaporisation des métaux est plus sélective. Il faut noter que la présence de carbone a augmenté l'absorption du rayonnement solaire et par conséquent la température du minerai est plus élevée que dans le cas précédent. Néanmoins, l'écart de température observé n'est pas très important pour expliquer à lui seul cette attitude. En effet le fer est connu par son affinité au carbone [21], ce qui implique une grande stabilité du fer dans la phase condensée. Dans la phase gazeuse, on se retrouve avec une quantité plus faible de fer que dans le cas précédent.

En milieu inerte et au bout de 30 minutes, la perte de masse des échantillons de la matre aurifère atteint 40% de la masse initiale. En présence de réducteurs, cette perte de masse atteint 50%.

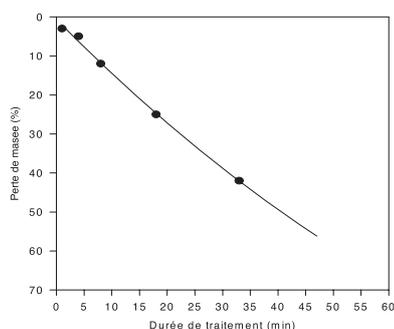


Figure 13: Perte de masse au cours du traitement sous écoulement d'argon.

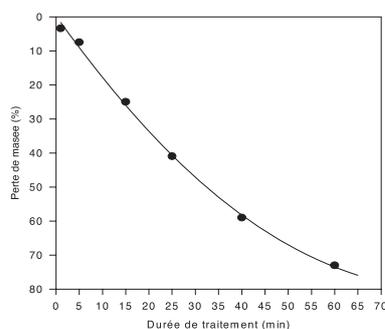


Figure 14: Perte de masse au cours du traitement en présence de carbone.

Le même procédé fut utilisé pour extraire sélectivement des éléments de valeur contenus dans des minerais. Cette séparation est d'autant plus efficace en présence de réducteur. En effet, la présence de carbone par exemple, diminue la solubilité de FeS dans le fer liquide et provoque la séparation du liquide en deux couches, l'une constituée par la solution fer-carbone l'autre par du sulfure de fer [21, 26]. Cette seconde phase retient la totalité des

métaux secondaires de valeur initialement présents dans le minerai. Par cette séparation en deux phases, on s'oriente vers un enrichissement d'une phase en métaux précieux dans la mesure où ces métaux ne migrent pas dans la phase fer-carbone.

Les travaux concernant l'étude du système Fe-C montrent que le refroidissement d'un mélange liquide de fer et de carbone peut être effectué dans des conditions d'équilibre qui supposent un refroidissement lent. Le produit serait alors constitué de la solution de carbone dans le fer (austénite), et du carbone libre. Par contre, un refroidissement rapide aboutirait à la présence de cémentite Fe<sub>3</sub>C dans des conditions hors équilibre [aa, ab]. La présence du soufre a pour effet de stabiliser la cémentite dans la phase condensée [26].

## 5. Caractérisation chimique des produits des traitements

### 5.1. Analyses chimiques effectuées sur les échantillons de pyrrhotite

Afin d'évaluer l'efficacité du dispositif solaire pour des opérations de séparation, les produits obtenus (le résidu et le condensat) ont subi une série d'analyses chimiques. Selon le composé analysé, nous avons utilisé pour cela, la microsonde WDS, la spectrométrie à absorption atomique, la spectrométrie à émission atomique et un spectromètre à électron Auger. Les vapeurs sont à caractère très corrosif, nous n'avons pas pu réaliser des mesures chromatographiques des gaz émises.

Sur la figure 15, nous présentons une vue d'une coupe d'un résidu de pyrrhotite qui a subi un traitement sous argon durant 20 minutes. Cette coupe met en évidence l'existence d'une phase claire et d'une autre grise. Les analyses en WDS effectuées montrent que la phase claire n'est autre que le fer issu de la décomposition et la phase grise correspond à la matière de même composition que le minerai initial.

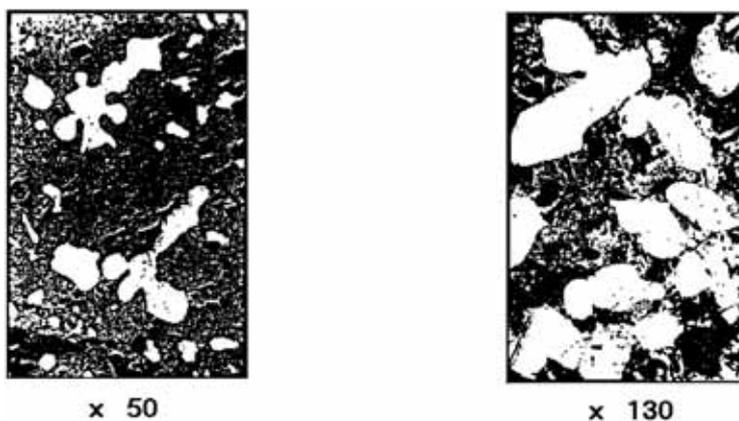


Figure 15 : Observations sur une coupe effectuée sur un échantillon traité sous gaz inerte à T=1900K durant 6h.

Comme il a été prévu, le traitement du minerai en présence de carbone donne lieu à deux phases, l'une constituée de fer-Carbone et l'autre de sulfure de fer. Dans des coupes des résidus, deux phases sont visibles à l'œil où la phase fer-carbone est généralement sous forme d'une bille compacte enveloppée par du sulfure de fer.

L'analyse en EDS effectuée le long d'une ligne qui traverse les deux phases est représentée sur la figure 16:

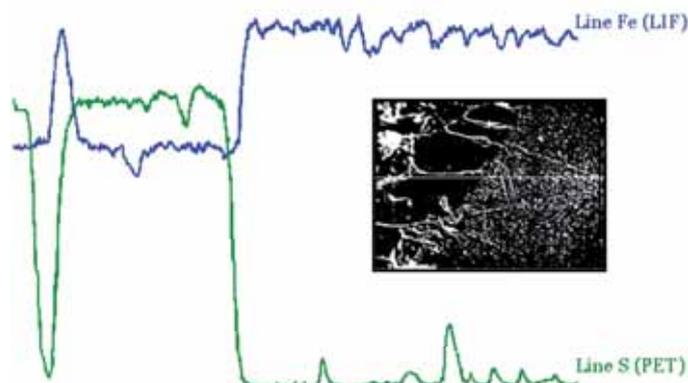


Figure 16 : Analyse topographique en « Linescan » effectuée dans la zone de contact entre les deux phases fer et sulfure de fer.

Lors du passage de la ligne d'analyse par des zones de fer qui viennent alimenter l'amas de fer-carbone, le signal correspondant au soufre passe par une valeur minimale. Dans la zone grise, les deux signaux atteignent des proportions voisines et correspondent à FeS. Dans la première zone de l'amas compact, les deux signaux indiquent que cette phase est constituée majoritairement de fer.

Les analyses élémentaires ponctuelles effectuées dans les deux phases donnent, en moyenne, les valeurs indiquées dans le tableau suivant :

	Composition moyenne en mole %			
	Fe	S	C	Cu
Phase : Fe	99%	0%	1%	0%
Phase : FeS	48%	50%	1%	1%

Tableau IV : Composition des deux phases observées sur une coupe du résidu fer-carbone

La figure 17 est une représentation schématique d'un échantillon pour lequel la réaction avec le carbone est presque terminée. L'enveloppe de sulfure de fer, très réduite, se situe exclusivement sur la partie supérieure du noyau dense de fer. Des analyses ponctuelles ont été effectuées sur les points de 1 à 6.

À l'intérieur du noyau de fer, nous montrons la forme des transitions Auger KLL du carbone en mode  $dN(E)/dE$  observées sur chaque point analysé. Les valeurs approximatives de concentration en carbone, calculées à partir des analyses Auger sont les suivantes :

- point 1 :  $10 \pm 4\%$
- point 2 :  $15 \pm 4\%$
- point 3 :  $30 \pm 4\%$
- point 4 :  $35 \pm 4\%$
- point 5 :  $51 \pm 4\%$

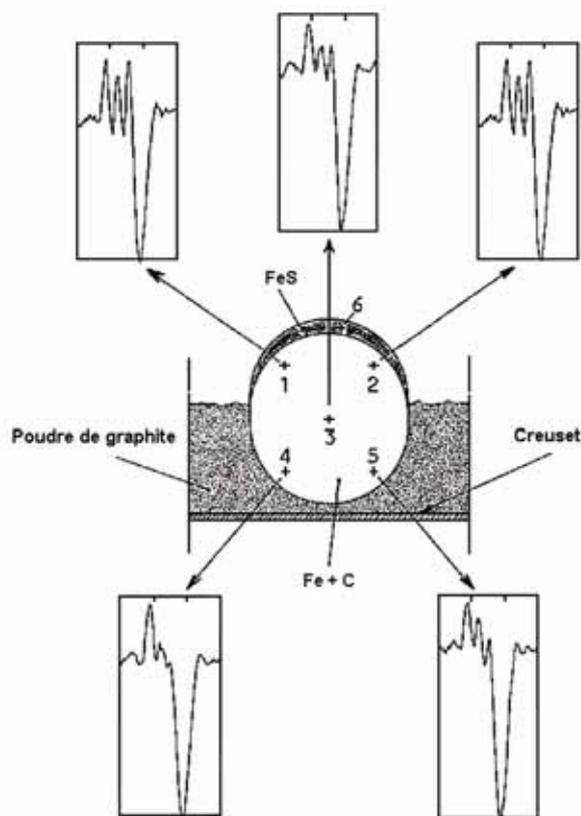


Figure 17 : Reproduction d'un noyau dense de fer avec son enveloppe poreuse en fin de réaction. Spectre Auger du carbone en divers points analysés.

D'après la forme des transitions Auger C.KLL observées en chaque point analysé, on peut déduire, qu'aux points 1 et 2, le carbone est lié au fer sous forme de carbure. En effet, les transitions principales sont dans ce cas, accompagnées de deux transitions à plus faible énergie caractéristique des carbures des éléments de transition. Aux points 3, 4 et 5, le carbone est présent sous la forme d'un mélange de carbone non lié et de carbure de fer. Les résultats de la figure 17 illustrent l'ensemble des résultats obtenus par spectrométrie d'électrons Auger : le noyau de fer est constitué par un mélange de fer et de carbure de fer (Fe<sub>3</sub>C-Cémentite) et de carbone non lié décelé surtout à la base de la bille solidifiée [27, 28].

## 5.2. Récupération d'un élément de valeur contenu dans un minerai par un dispositif solaire

Dans cette partie, nous présentons le cas où le déchet minier de sulfure de fer contient vers 100 ppm d'or. Les résultats des analyses chimiques du fer, du soufre et du cuivre sont très semblables à ceux obtenus dans le cas précédent. Nous nous comptons ici de rappeler uniquement ceux qui se rapportent à l'élément de valeur à extraire à savoir l'or.

Les fractions de l'or extrait au cours de la vaporisation sont présentées dans les tableaux V et VI. Les analyses ont été accomplies par ICP-AES.

Durée (min)	5	10	60
Au %	9%	12%	14%

Tableau V: Fraction de l'or évaporé  
Traitement en milieu chimiquement inerte.

Durée (min)	1	5	20
Au %	19%	31%	59%

Tableau VI: Fraction de l'or évaporé  
Cas de la présence de carbone

Sur le tableau suivant, nous présentons une comparaison des taux de séparation de l'or dans différents milieux considérés.

Conditions	Taux d'or extraits%
Argon	40
Carbone	70
Méthane	100

Tableau VII : Taux d'or extraits par vaporisation en milieu inerte, en présence de carbone et en présence de méthane.

## 6. Conclusion et Perspectives

Parmi les nouvelles technologies dans le domaine des énergies renouvelables, nous notons les particularités et les avantages des systèmes à concentration solaires qui fleurissent dans beaucoup de pays comme source d'énergie alternative, propre et à technologie relativement simple et adaptable. Les installations qui ont vu le jour durant les dernières années ont été dotées de systèmes hybrides selon la disponibilité d'autres sources d'énergie.

Les systèmes à concentration du rayonnement solaire permettent de transformer le rayonnement solaire en chaleur dans une large gamme de température 100°C à 3000°C, avec un rendement supérieur à 70%. La chaleur produite peut être exploitée dans différents processus de transformation de l'énergie, de la matière ou encore dans les procédés de synthèse et de traitement des matériaux.

Le rayonnement direct représente entre 50% et 90% de la totalité du rayonnement solaire reçu. Cette technologie est actuellement considérée comme une véritable alternative à la consommation de ressources fossiles. Elle permettra dans les années à venir d'assurer une indépendance énergétique des pays en voie de développement et des pays à forte consommation d'énergie.

Les concentrateurs solaires peuvent être facilement installés non loin des lieux de consommation ou de transformation évitant ainsi les problèmes qui surgissent lors du transport et l'acheminement des combustibles et des vecteurs d'énergie.

Cette technologie s'apprête mieux pour des applications à haute température telles que la cuisson, la fusion [ac], le craquage [ad] ou l'évaporation [7].

Généralement, ces opérations nécessitent des sources d'énergie de puissances assez considérables. Actuellement, les hautes températures sont atteintes par des sources d'énergie conventionnelle avec tout ce qu'endure l'environnement suite aux émissions nocives, l'épuisement des ressources énergétiques en plus du surcoût de production.

Les concentrateurs solaires peuvent apporter un appui sans équivoque à l'émergence de telles technologies dans la conversion de l'énergie et dans le domaine du comportement des matériaux à haute température. Ils se retrouvent dans un large domaine d'applications [ae] :

- Surchauffe
- Dish Stirling
- Cuisson
- Fusion
- Vaporisation
- Photoplasma solaire

Les travaux de recherche scientifique concernant les concentrateurs solaires comme moyen de production d'énergie ou de vecteur d'énergie ont dépassé le stade de veille à l'échelle des laboratoires et s'orientent vers des applications plus larges et à grande échelle.

Cette situation est traduite par la mise en œuvre de plusieurs installations à travers le monde de centrale solaire à base de concentration du rayonnement.

Ces dispositifs sont en mesure de fournir de la chaleur primaire en grande quantité à des niveaux de température élevés. Ils peuvent aussi faire office d'instrument de recherche scientifique sur l'étude des comportements des matériaux dans des conditions de température et de réactivité extrêmes.

En parallèle, le développement de dispositifs de stockage de chaleur dans une large gamme de température ultra performants et peu coûteux constitue un enjeu capital pour parvenir à fiabiliser la production d'électricité par voie solaire thermodynamique.

Dans cette contribution, nous avons présenté à la fois une description d'un concentrateur solaire et la méthodologie de sa caractérisation et aussi une étude d'un cas typique d'application pour des opérations de fusion et d'évaporation d'éléments contenus dans un minerai.

Dans ce cas particulier, le concentrateur solaire nous permet d'atteindre de très haut niveau d'énergie en peu de temps et offre ainsi, la possibilité de suivre aisément l'évolution de la composition du minerai au cours de la vaporisation à haute température.

L'étude effectuée montre un cas spécifique de l'utilisation d'un concentrateur solaire pour la fusion et la vaporisation d'éléments de valeurs contenu dans un minerai de sulfure de fer. D'une façon générale, ce dispositif présente des facultés particulières pour les tests et le suivi de l'évolution du comportement des matériaux sous des conditions de température et de réactivité élevées.

Pour des déchets de sulfure de fer, la fusion du minerai dans un milieu inerte permet d'extraire 70% du soufre présent, le résidu est un mélange de fer et de sulfure de fer. La phase de fer peut être récupérée après refroidissement et le sulfure de fer restant dans le résidu peut être réintroduit pour un nouveau cycle. Ce taux d'extraction est très satisfaisant surtout qu'il peut être atteint au bout de de 35 minutes de traitement au foyer du four solaire.

En présence de réactif tel que le carbone, le traitement à haute température peut conduire à une récupération totale du soufre sous forme de CS et CS<sub>2</sub> au bout de 25 minutes. Le résidu qui reste est constitué uniquement d'une fonte constituée d'un mélange fer carbone uniquement. Les tests effectués en présence de métaux secondaires montre que la présence de carbone conduit à une séparation du résidu fondu en deux phases l'une constitué du mélange fer carbone l'autre de sulfure de fer qui confine tous ces métaux. Ces tests ouvrent la voie à des travaux d'extraction des métaux secondaires contenus dans les déchets de sulfure de fer généralement rejeté à l'issue de traitements métallurgique et qui constitue un déchet miniers

### Références bibliographiques

1. Alain Ferrière et Gilles Flamant, Captation, transformation et conversion de l'énergie solaire par les technologies à concentration, IMP-CNRS, Centre du Four Solaire, 2004.
2. M. Castro, I. Antón, G. Sala Pilot production of concentrator silicon solar cells: Approaching industrialization, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Volume 92, Issue 12, December 2008, Pages 1697-1705.
3. Stéphane Abanades, Gilles Flamant *International Journal of Hydrogen Energy*, (July 2005), Volume 30, Issue 8, Pages 843-853.
4. JoséM. Veza, Valeriano Ruiz , *Renewable Energy*, Volume 3, Issues 6-7, September-October 1993, Pages 691-699.
5. Sylvain Rodat , Stéphane Abanades, Jean-Louis Sans, Gilles Flamant, *Solar Energy* 83 (2009) 1599-1610.
6. N. Abdenouri, G. Flamant, A. Belghit, R. Berjoan., *Plasma chemistry and plasma process* ; (1999) 19, 02, 171-189.
7. R. Berjoan, N. Abdenouri, *High temp. High press.*, (1992) 24, 637-646.
8. Abdenouri N., Berjoan R., Vallbona G., *Etude de procédés d'extraction du soufre de minerais sulfurés à haute température. Application des plasmas. Journal de Physique*, 1990,8(51), 53-160.
9. Yu. M. Lytvynenko, D. V. Schur *Renewable Energy*, Volume 16, Issues 1-4, January-April 1999, Pages 753-756.
10. N. Abdenouri, Thèse de l'université de Perpignan -France (1990).
11. R.W. Taylor, R. Berjoan, J.P.Coutures, *Solar Energy*, (1980) vol 30,6,513-525.
12. Hernandez, C.Ciaurriz, G.Olalde, *J. de Physique III*, 1, (1991) p:1575-1586.
13. J.K Imacombe and F.D. Richardson, *Inst. Min. Metall. trans. sec. c*,82,63, 1973.
14. R.W. Taylor, R. Berjoan, J.P.Coutures, *Solar Energy*, vol 30,6,513-525.
15. Janaf, *J.Phys. Chem. Ref. Data*, (1985) vol 14.
16. H. Ale Ebrahim, E. Jamshidi Janes A., *Rubrique 1523* , (2003), soufre fabrication industrielle, fusion et distillation, emploi et stockage, INERIS France.

17. Eriksson G., *Chemica Scripta*, 1975, (8), 100-103.
18. Eriksson G., Rosen E., *Chemical Scripta*, 1973, (4), 193-194.
19. Barboth N., Oudar J., *Etude thermodynamique des solutions fer-soufre, cobalt-soufre, nickel-soufre*. *Scripta Metallurgica*, 1972,5(6), 371-376.
20. Berjoan R. Abdenouri N., *Extraction du soufre par vaporisation à partir d'un minerai de sulfure de fer. II Etude expérimentale*. *High temp. High press.*, 1992 (24), 637-646.
21. Hultgress Desoi, Hawkins, Glerser, Kelly. *Selected values of thermodynamic properties of binary alloys*, American Society for Metals, 1973.
22. Brugmann W., Urbain G., Froberg M.G., *Iron-Sulfur system in the iron monosulfide (pyrrhotite region)*, *Mem. Sci. Rev. Met.*, 1968, 65 (7-8), 570-572.
23. Chipman J., *thermodynamics of Fe-C solution*. *Metallurgical transactions*, 1970, 8 (1), 2163-2168.
24. K.N. Ishihara, S.R. Nishitani, H. Migake and P.H. Shingu, «Rapid solidification and the metastable phase diagrams of the Fe-C, Co-C and Ni-C systems», *International Journal of rapid solidification*, vol. 1, N[5, pp 51-58, (1984).
25. S. Ban-Ya, J.F. Elliot and J. Chipman, «Thermodynamics of Austenitic Fe-C alloys», *Metallurgical Transactions*, vol. 1 May pp 1313-1320, (1970).
26. A. Krupowski, M.P. Bastien, «Activité du carbone dans la solution liquide Fe-C», *C.R.Acad.Sc. Paris*, t. 277, Août série C, pp 287-290, (1973).
27. Ishihara K.N., Nishitani S.R., Nigake H., Shingu P.H., *Rapid solidification and the metastable phase diagrams of the Fe-C, Co-C and Ni-C systems*, *International Journal of rapid solidification*, 1984,5(1), 51-58.
28. Pascal P., *Nouveau traité de chimie minérale*, 1960, T XIII, Masson et éditeurs, Paris.
29. G. Flamant, V. Kurtcuoglu, J. Murray, A. Steinfeld *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Volume 90, Issue 14, 6 September 2006, Pages 2099-2106.
30. S. Abanades, G. Flamant, "Production of hydrogen by thermal methane splitting in a nozzle-type laboratory-scale solar reactor", *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 30, Issue 8, July 2005, Pages 843-853.
31. *Concentrating Solar Power Now*, Ministère Allemand de l'Environnement, 2002. The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) October 2003.

## DISCUSSION

**Membre de l'audience :** Ma question s'adresse à M. Ismail Akalay. Le produit  $\text{Li-CO}_2$  est un matériau conventionnel que vous avez dopé par des nanoparticules. On sait bien qu'on peut synthétiser des nanomatériaux parce que pour le cobalt ou bien  $\text{Li-CO}_2$  à partir des hydroxydes soit de lithium, soit de cobalt ou bien par des organométalliques. Deuxième question : est-ce que vous avez dopé par des nanoparticules de taille 30 nanomètres et comme dans le cas des supraconducteurs, il y a une température critique pour l'enregistrement. De même, pour le champ magnétique, il y a une taille critique. Est-ce que vous avez fait une étude systématique pour des matériaux que vous avez utilisés en fonction de la taille de l'oxyde de cérium que vous avez dopé? Merci.

**Pr. Albert Sasson (CSTV)**

Toujours pour M. Akalay, si je comprends bien, il a parlé d'une fabrication préliminaire d'une dizaine de tonnes. A-t-on au Maroc la quantité de lithium nécessaire, avons-nous des gisements de lithium puisqu'on nous dit que le gisement le plus important du monde se trouve en Bolivie. Mais, on dit aussi que l'extraction du lithium est une industrie très peu respectueuse de l'environnement et extrêmement vorace en énergie. Alors, ce qu'on va gagner d'un côté, on va peut être le perdre de l'autre.

**Taieb Chkili (Directeur des Séances)**

S'il n'y a pas de question, je vais passer la parole à M. Akalay pour répondre.

**M. Ismail Akalay (CITIT)**

Concernant le développement du  $\text{LiCoO}_2$  nanométrique, malgré le fait que les industriels des batteries sont des gens dans la haute technologie, ils restent quant même extrêmement conservateurs. L'objectif du travail que nous réalisons n'est pas en vérité à tendance scientifique. Il est à tendance économique, et donc nous avons choisi délibérément de partir d'un produit conventionnel et de résoudre un problème d'échauffement à la température. D'ailleurs, si nous arrivons à produire du  $\text{LiCoO}_2$  nanométrique, le risque c'est qu'ils consommeront moins de cobalt et cela ne m'arrange pas. C'est une réponse d'industriel.

Concernant l'oxyde de cérium, nous avons fait un travail surtout sur la capacité d'échange de l'oxyde de cérium. A un certain moment, vous n'avez plus cette propriété là. Donc, nous avons produit un certain nombre de composés de différentes tailles et nous avons constaté que nous avons une sorte de gaussienne autour de 30 nanomètres.

Pour Pr. Sasson, c'est vrai que le carbonate de lithium pose aujourd'hui un sérieux problème puisque les gisements les plus connus sont en Bolivie, mais nous travaillons sur le recyclage parce qu'aujourd'hui rester dépendant de cette partie du monde, avec tous les problèmes qu'elle connaît, est extrêmement dangereux. Donc, tout le monde s'est mis à recycler les batteries lithium-ion qui sont sur le marché, et nous sommes en train de ce type de batteries.

**Pr. Mostapha Bousmina** (CSPC, Chancelier)

Est-ce que le dopage avec l'oxyde de cérium change la transition de phase de l'élément initial?

**M. Ismail Akalay** (CITIT)

Je vous avoue que je ne me suis pas intéressé à ce problème, mais il est fort possible qu'à une certaine proportion ça puisse avoir un effet sur ce que vous dites. Par contre, ce qui est intéressant c'est que la capacité énergétique a augmenté de plus de 10% par rapport aux produits conventionnels, et là c'est intéressant de savoir pourquoi. Nous nous ne sommes pas arrivés à l'expliquer, mais ça peut faire l'objet d'un travail de recherche fondamentale assez intéressant sur cette affaire.



**RAPPORT D'ACTIVITÉ**  
**2008 - 2009**



## RAPPORT D'ACTIVITÉS 2008-2009

*Pr. Omar FASSI-FEHRI*

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



### **Introduction**

**Au cours de l'année écoulée, nous avons continué notre activité par la mise en œuvre des missions de l'Académie telles que stipulées par le Dahir de sa création et surtout en ayant présents à l'esprit les orientations et conseils que Sa Majesté nous a donnés dans le Discours d'installation de notre institution, en privilégiant une action multiforme visant à la fois à :**

- **concrétiser la réflexion sur l'état de la recherche au Maroc par la rédaction d'un document sur le système scientifique national, ses réalisations et les perspectives de son développement;**
- **promouvoir la recherche scientifique et technologique par un soutien ciblé à des projets de recherche, et à diverses manifestations scientifiques;**
- **promouvoir le développement et la diffusion de la culture scientifique dans notre pays;**
- **développer une présence sur le plan international;**
- **parachever la mise en place progressive de l'administration de l'Académie (ressources humaines)**
- **parachever la construction du Siège de l'Académie.**
- **compléter la mise en place de l'organigramme.**

**Nous voulons à cette occasion exprimer notre profonde gratitude et nos remerciements déférents à Sa Majesté le Roi pour Ses encouragements et pour Sa bienveillante sollicitude à l'égard de notre institution.**

## **Activité I :**

### **Promotion de la recherche scientifique et technologique**

3

#### **Activité I.1 : Préparation du document sur l'état de la recherche au Maroc**

- **Décision de l'Académie prise lors de sa session plénière solennelle de février 2008**
- **Collecte des données par une Commission ad hoc formée d'experts de différentes institutions et administrations en charge de la recherche scientifique**
- **Constitution d'un comité restreint chargé de rédiger le document sur la R&D nationale et de présenter le point de vue de l'Académie sur l'état de la recherche scientifique au Maroc**

**A cet effet :**

- i. Organisation d'une Journée d'étude (10 mai 2008)**
- ii. Organisation de 2 sessions ordinaires (6 juin et 25 octobre 2008)**
  - **Discussion sur la forme du document**
  - **Constitution d'un comité restreint chargé de préparer un projet de rapport de synthèse sur l'état de la recherche scientifique au Maroc.**
  - **Validation du projet lors d'une session ordinaire prochaine ( mars 2009 );**

4

### **Activité I.2 : Suivi des projets de recherche financés en 2007-2008**

5

### **Sciences & Techniques de l'Environnement, de la Terre & de la Mer**

Titre du projet	Porteur du projet Domiciliation	Durée (Ans)	Montant (Df)	1 <sup>ère</sup> tranche allouée (Df)	Etat d'avancement
1- Patrimoine géologique et géodiversité du Maroc : L'exemple de la région de Rabat-Salé-Zemmour-Zaër	Pr. Abdelfettah Tahiri (Univ. Mohamed V-Agdal, Institut Scientifique)	4	600 584	304 652	1 <sup>er</sup> rapport d'activité reçu le 30 janvier 2009. Rapport envoyé
2- Conception et construction d'une station pilote innovante pour le traitement des eaux usées pour les petites agglomérations et complexes touristiques en zones côtières (RALBI)	Pr. Omar Assobhei (Univ. Chouaib Doukkali, El Jadida)	3	1 305 000	705 000	1 <sup>er</sup> rapport d'activité reçu le 6 février 2009. Évaluation en cours

6

### Sciences de la Modélisation & de l'Information

Titre du projet	Porteur du projet Domiciliation	Durée (Ans)	Montant (Dir)	1 <sup>ère</sup> tranche allouée (Dir)	Etat d'avancement
3- Réseau de capteurs sans fil: optimisation des performances et maîtrise de la technologie	Pr. Driss Aboutajdine (Univ. Mohamed V- Agdal, Rabat)	3	4 184 800	Convention en cours de signature	
4- Réseau Théorie des Systèmes: Réseau de recherche fondamentale sur les systèmes, leur modélisation, analyse et contrôle	Pr. Abdelhaq El Jai et Pr. Larbi Affifi (Univ. Hassan II – Ain Chok, Casablanca)	3	1 825 000	275 000	1 <sup>er</sup> rapport d'activité reçu. Evaluation réalisée et envoyée
5- Mathématiques financières	Pr. Youssef Ouknine (Univ. Cadi Ayad – Marrakech)	3	1 890 000	354 000	1 <sup>er</sup> rapport d'activité prévu pour le 01 mai 2009

7

### Sciences & Techniques du Vivant

Titre du projet	Porteur du projet (Domiciliation)	Durée (Ans)	Montant (Dir)	1 <sup>ère</sup> tranche allouée	Etat d'avancement
6- COHORTE ESPOIR MAROC Etude et Suivi des Polyarthrites Indifférenciées Récentes	Pr. Najia Hajjaj-Hassouni (Univ. Mohamed V-Souissi, Rabat)	3	250 000	250 000	1 <sup>er</sup> rapport d'activité prévu pour le 25 février 2009
7- Etude de l'efficacité de la consommation de l'huile d'argan sur le profil lipidique et les statuts anti-oxydant et hormonal et détermination de l'effet hydratant de la peau chez les femmes ménopausées	Pr. Zoubida Charrouf (Univ. Mohamed V-Agdal, Rabat)	2	384 000	287 000	1 <sup>er</sup> rapport d'activité prévu pour le 22 février 2009
8-Préservation et valorisation du chêne liège (Quercus suber L.) : Etude de la variabilité génomique et amplification clonale à partir de l'embryogenèse somatique	Pr. Ahmed Lamarti (Univ. Abdemalek Essadi, Tétouan)	4	2 500 000		Convention signée
9- Etude génomique et immunologique de la tuberculose dans la population marocaine (2007-2011)	Pr. Rajae El Aouad (Institut National d'Hygiène)	4	4 303 912	1 786 124	1 <sup>er</sup> rapport d'activité prévu pour le 23 mai 2009
10-Epidémiologie prospective de l'accident vasculaire cérébral ischémique ; rôle des affections cardiaques, des facteurs nutritionnels, biologiques et génétiques	Pr. My El Mostafa El Alaoui Farès (Univ. Mohamed V-Souissi, Rabat)	4	4 069 005	2 524 735	1 <sup>er</sup> rapport d'activité prévu pour le 25 février 2009

8

### *Ingénierie, Transfert & Innovation Technologique*

Titre du projet	Porteur du projet (Domiciliation)	Durée (Ans)	Montant (Dh)	1 <sup>er</sup> tranche allouée	Etat d'avancement
11- Valorisation des ressources végétales marocaines : Exploitation des fibres végétales dans le domaine des composites fonctionnels	Pr. Hamid Kaddami (Univ. Cadi Ayad – Marrakech)	3	1 623 800	648 500	1 <sup>er</sup> rapport d'activité prévu pour le 18 mars 2009
12- Synthèse par voie catalytique homogène et hétérogène du biodiésel à partir d'huiles végétales usagées	Pr. Mohammed Kacimi (Univ. Mohamed V- Agdal, Rabat)	3	1 301 475	698 880	1 <sup>er</sup> rapport d'activité prévu pour le 30 octobre 2009

9

### *Sciences physiques et chimiques*

Titre du projet	Porteur du projet (Domiciliation)	Durée (Ans)	Montant (Dh)	1 <sup>er</sup> tranche allouée (Dh)	Etat d'avancement
13- Nanocomposites polymères à base d'argile marocaine et mise au point des nanomatériaux fonctionnels	Pr. Mostapha Bousmina (Univ. Mohamed V- Souissi, Rabat)	4	21 736 000	5 200 000	1 <sup>er</sup> rapport d'activité prévu pour le 24 mai 2009
14- Contribution au développement à l'échelle internationale de la production de l'énergie par la voie de la fusion contrôlée (Programme ITER) & Applications des Technologies plasmas	Pr. Dannoun Saïfaoui (Univ. Hassan II – Ain Chok, Casablanca)	3	230 000	80 000	1 <sup>er</sup> rapport d'activité reçu le 13 février 2009. Evaluation en cours
15- Contribution à l'équipement de l'Observatoire Astronomique Universitaire de l'Oukaimden	Pr. Benkhaldoun (Univ. Cadi Ayad, Marrakech)	1	410 000	410 000	1 <sup>er</sup> rapport d'activité prévu pour le 17 avril 2009

10

### *Etudes Stratégiques & Développement Economique*

Titre du projet	Porteur du projet (Domiciliation)	Durée (Ans)	Montant (DH)	1 <sup>re</sup> tranche allouée	Etat d'avancement
16- Systemes territoriaux et articulation du local et du regional	Pr. Mohammed Berriane (Univ. Mohamed V- Agdal, Rabat)	2	804 000	365 000	1 <sup>er</sup> rapport d'activité prévu pour le 29 mars 2009
17- Economie de la Propriété Intellectuelle au Maroc & Comparaison aux Autres Pays Emergents	Ahmed Driouchi (Univ. Al Akhawayn, Ifrane)	3	524 650	100 000	1 <sup>er</sup> rapport d'activité reçu, évaluation réalisée et envoyée

11

### *Activité I.3 : Préparation de l'appel d'offres 2009 - 2010*

- Rédaction des documents constitutifs du dossier d'appel d'offres
- Structuration des thématiques et focalisation sur l'excellence
- Etablissement des listes d'experts pour l'évaluation des projets
- Mise en ligne des dossiers de soumission et du suivi des projets

12

## Thèmes retenus pour l'appel d'offre 2009-2010

### Thèmes

- 1- Agrobiotechnologie : Amélioration des fermentations alimentaires et de la qualité des produits
- 2- Le cancer, infection et inflammation
- 3- Effets des changements climatiques sur les ressources en eau et sur les écosystèmes (impacts/vulnérabilité)
- 4- Patrimoine géologique et Géo-matériaux
- 5- Energie solaire et schistes bitumineux: Alternatives durables pour réduire la dépendance du Maroc en matière d'énergie
- 6- Mathématiques appliquées et modélisation : outils efficaces d'aide à la prise de décision dans les domaines de l'activité sociale et économique pour le développement du Maroc
- 7- Matériaux et nanomatériaux pour l'énergie photovoltaïque
- 8- Innovation, croissance et développement humain
- 9- Démographie et économie

13

## Activités I.4 : Soutien aux manifestations scientifiques (1/3)

Thème de la manifestation	Date et lieu	Montant alloué
1- 12 <sup>ème</sup> édition de la semaine de l'étudiant, 2008 « Science et monde du travail »).	Du 12 au 15 mars 2008 - Marrakech	5000 DH
2- Congrès international sur « Smart Materials and Adaptive Structure : Mathematical Modeling and Computation »	Du 14 au 16 avril 2008 - Tanger	5000 DH
3- 4 <sup>ème</sup> Colloque International sur les Problèmes Inverses, le Contrôle et l'Optimisation des Formes »	Du 16 au 18 avril 2008 - Marrakech	6500 DH
4- 6 <sup>ème</sup> Journées d'Optique et de Traitement de l'Information « Optique'08 »	Du 17 au 18 avril - Mohammedia	4500 DH
5- 6 <sup>ème</sup> école des sciences et technologies du bois	Du 23 au 26 avril - Essaouira	8000 DH
6- Rencontre Internationale sur la Gestion des Ressources en Eau dans les Zones Arides et l'Apport des Procédés non Conventionnels	Du 26 au 27 avril 2008 - Laâyoune	4600 DH
7- 2 <sup>ème</sup> rencontre sur la valorisation et la préservation du patrimoine paléontologique	Du 9 au 13 mai 2008 - Meknès	6000 DH

14

**Activités I.4 : Soutien aux manifestations scientifiques (2/3)**

<i>Thème de la manifestation</i>	<i>Date et lieu</i>	<i>Montant alloué</i>
<b>9- 4<sup>ème</sup> Rencontre Nationale des étudiants membres des Conseils d'Etablissements universitaires</b>	<b>Du 21 au 25 mai 2008 - Bouznika</b>	<b>10 000 DH</b>
<b>9- 4<sup>ème</sup> Journée Nationale des Réacteurs Nucléaires</b>	<b>Du 24 au 25 mai 2008 - Casablanca</b>	<b>2000 DH</b>
<b>10- 4<sup>ème</sup> Ecole Marocaine de Cristallographie (EMC4)</b>	<b>Du 26 au 29 mai 2008 - Rabat</b>	<b>7500 DH</b>
<b>11- 3<sup>ème</sup> Symposium International sur les Plantes Aromatiques et Médicinales «SIPAM3» et 1<sup>er</sup> Congrès International sur les Molécules Bioactives</b>	<b>Du 29 au 30 mai 2008 - Oujda</b>	<b>2000 DH</b>
<b>12- 1<sup>ère</sup> Rencontre Maroc-Canadienne sur «Eau, Sol et Climat dans la Région de Tadla-Azilal»</b>	<b>Du 27 au 28 juin 2008 – Béni Mellal</b>	<b>2500 DH</b>
<b>13- Workshop sur le Calcul Scientifique pour la Physique</b>	<b>Du 21 au 29 juillet 2008 - Casablanca</b>	<b>3000 DH</b>
<b>14- 9<sup>ème</sup> Colloque Africain sur la Recherche en Informatique et Mathématiques Appliquées «CARI'08»</b>	<b>Du 23 au 30 Octobre 2008 – Kenitra et Rabat</b>	<b>20 000 DH</b>

15

**Activités I.4 : Soutien aux manifestations scientifiques (3/3)**

<i>Thème de la manifestation</i>	<i>Date et lieu</i>	<i>Montant alloué</i>
<b>15- Rencontre Nationale sur « Matière Condensée et Modélisation des Systèmes » (MCMS'08)</b>	<b>Du 27 au 28 octobre 2008 - Fès</b>	<b>4375 DH</b>
<b>16- Cinquième Congrès de la Fondation Arabe pour la Science et la Technologie</b>	<b>Du 25 au 30 octobre 2008- Fès</b>	<b>50 000 DH</b>
<b>17- Congrès MADICA'08</b>	<b>Du 30 /10/ au 1/11/ 2008 - Rabat</b>	<b>12 000 DH</b>
<b>18- Rencontre mathématique hispano marocaine</b>	<b>Du 12 au 15 /11/ 2008 - Casablanca</b>	<b>3000 DH</b>
<b>19- 2<sup>nd</sup> ICTON-MW08 « International Conference on Transparent Optical Networks – Mediterranean Winter 2008</b>	<b>Du 11 au 13 décembre 2008 - Marrakech</b>	<b>5000 DH</b>
<b>20- 9<sup>ème</sup> Journées d'Analyses Numériques et d'Optimisation (JANO'9)</b>	<b>Du 17 au 19 /12/ – 2008 à Mohammedia</b>	<b>5250 DH</b>
<b>21- Congrès « Semaine Argon Liquide »</b>	<b>Du 02 au 05 février 2009 - Marrakech</b>	<b>5000 DH</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>171 225 DH</b>

16

### **Activité I.5 : Participation de l'Académie à des manifestations scientifiques organisées au Maroc**

<b>Manifestation scientifique</b>	<b>Lieu et date</b>
- Symposium international sur « biotechnologies médicales : potentialités et perspectives pour le Maroc » (Collège sciences de la vie)	Rabat, les 14 et 15 mars 2008
- Conférence internationale sur « les matériaux intelligents et les structures adaptatives : modélisation mathématique et calcul scientifique »	Tanger, le 14 avril 2008
- Rencontre Internationale sur « la Gestion des Ressources en Eau dans les Zones Arides et l'Apport des Procédés non Conventionnels »	Laâyoune, 26,27 avril 2008
- Conférence internationale sur « la gestion durable des boues »	El Jadida, 09/07/ 2008
- Réunion de groupe spécial d'experts : la promotion de la recherche et développement (R&D) en Afrique du Nord (en collaboration avec la Commission Economique pour l'Afrique)	Rabat, les 15,16 et 17 juillet 2008
- Colloque sur « l'évaluation du programme de coopération Volubilis : Actions intégrées maroco-françaises »	Fès, le 17 octobre 2008
- Colloque National sur « Le partenariat institutionnel en faveur de l'école marocaine » organisé par le Conseil Supérieur de l'enseignement	Casablanca, les 21 et 22 octobre 2008
- Cinquième Congrès de la Fondation Arabe pour la Science et la Technologie, tenue sous le Haut Patronage de Sa Majesté le Roi	Fès, du 25 au 30 octobre 2008
- Rencontre sur « Compétitivité et accumulation de compétences dans la mondialisation : comparaisons internationales »	Rabat, le 14 novembre 2008
- 9 <sup>ème</sup> Colloque Africain sur la Recherche en Informatique <i>CART08</i> »	Rabat, le 27/11/ 2008
- Séminaire international sur « Recomposition socio-économique face aux défis de la mondialisation »	Rabat, le 12 /12/ 2008

17

### **Activité I.6 : Participation de l'Académie à des activités scientifiques au Maroc**

#### **Activité**

**Prix OREAL-UNESCO (récompensant par une bourse des étudiantes en biologie préparant le Master)**

**Contribution au jury du Grand Prix pour l'Invention et la Recherche en Science et Technologie**

**Réunions du Conseil Supérieur de l'Enseignement**

**Réunions de la Commission Nationale de Coordination de l'Enseignement Supérieur (CNACES)**

18

### **Activité I.7 : Participation de l'Académie à des manifestations et activités scientifiques à l'étranger**

<b>Manifestation</b>	<b>Lieu et date</b>
Réseau inter-académique de la Méditerranée (Union pour la Méditerranée)	France, Paris, les 24,25 et 26 juin 2008
Conférence « Drivers of international collaboration in research »	Belgique, Bruxelles, les 13 et 14/10/2008
Tavaux de l'Atelier organisé sur l'eau dans les régions arides	Egypte, Caire, du 19 au 23/06/2009
Workshop MENA sur les changements climatiques	Egypte, Caire, les 20 et 21/11/2008
Réunion IAP Workshop on Best Practices on Advisory Poles and Fellowship Appointments	Italie, Trieste, les 12 et 13/02/2009

19

### **Activité I.8 : Action de formation sur les indicateurs de S&T à l'OST (Paris)**

- ◆ Dans le cadre de l'accord de coopération conclu entre l'Académie et l'OST, 3 cadres de l'Académie ont effectué une mission, du 24 au 27 juin auprès de l'OST à Paris.
- ◆ Ils y ont suivi, au siège de l'OST, une formation portant sur la production des indicateurs de S&T, composée de 3 modules :
  - Les indicateurs de S&T (contexte et utilisation),
  - La construction des indicateurs de S&T à l'OST,
  - Travaux pratiques sur le traitement des données relatives aux indicateurs.

20

## **Activité II :** **Promotion et diffusion de** **la culture scientifique**

21

### **Activité II.1 : Troisième édition des** **jours « les jeunes et la science » (1/2)**

- ◆ *Organisée du 24 au 30 novembre 2008, dans les villes de Rabat, Salé, Fès, Meknès, Imouzzer, Sefrou, Oujda, Nador, Tanger, Tétouan, Marrakech et El Jadida.*
- ◆ *En collaboration avec les académies régionales de l'éducation et de la formation et les universités concernées.*
- ◆ *Avec l'appui de l'IRD*



22

### **Activité II.1 : 3<sup>ème</sup> édition des journées « les jeunes et la science » (2/2)**

- ◆ *Le thème central de l'édition 2008 retenu s'inscrit dans le cadre des manifestations scientifiques pour l'Année internationale de la Terre.*
- ◆ *Outre les activités initiées par les collèges scientifiques et les académiciens, des conférences ont été données par le Pr. Bernard Poullaud (directeur de recherche émérite à l'IRD) sur « ressources en eau et changements climatiques »*
- ▶ *Une exposition itinérante sur «océan et climats : des échanges pour la vie» et des projections de films documentaires sur des sujets scientifiques ont été programmés avec le concours de l'IRD-France.*



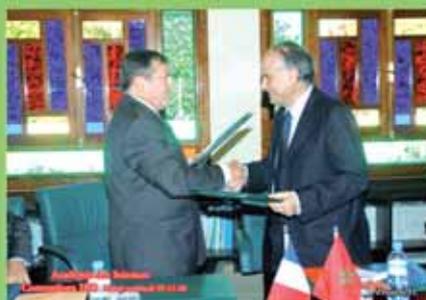
23

### **Activité II.2 : Diffusion de la culture scientifique**

- ◆ **Mise en place d'un projet «la main à la pâte»**
- ◆ **Edition d'un livre sur « Bioenergy and agrofuels : Redevance beyond polemics »**
- ◆ **Préparation d'un livre sur les matériaux**
- ◆ **Préparation d'un traité de Mécanique**
- ◆ **Projet de création d'une chimiothèque**
- ◆ **Signature de conventions avec un certain nombre d'Académies Régionales d'Education et de Formation (Rabat-Salé-Zemmour-Zaer et Gharb-Chrarda-Beni Hssen)**
- ◆ **Parrainage de trois lycées (Lycée Abdelmalek Es Sadi à Kenitra, Lycée Al Ayoubi à Salé, Lycée Ibn Sina à Rabat)**
- ◆ **Création de clubs scientifiques dans les lycées**

24

## *Activité III : Coopération et partenariat*



avec

**Le Président de l'IRD**



avec

**La Directrice de l'AREF de  
Rabat-Salé-Zemmour-Zaïer**

25

### *Activité III.1 : Visites effectuées à l'Académie*

Mr. Laszlo PAP, Ambassadeur de la République de Hongrie au Maroc	17/03/2008
Mme Nicole BOUTIN, Présidente du Conseil Supérieur de l'Education du Québec	23/10/2008
Délégation du CSIC d'Espagne, conduite par le Pr. José Juan SANCHEZ-SERRANO, Vice Président du CSIC	05/11/2008
Mr. Jean-François GIRARD, Président de l'IRD (France)-> signature de la convention entre l'Académie et l'IRD	07/11/2008
Mr. Henri GUILLAUME, Représentant de l'IRD au Maroc	17/12/2008
Mme. Catherine BRECHIGNAC, Présidente du CNRS français	02/01/2009
Mr. Gyula Csopaki, Président de l'Office National de Recherche et de Technologie	22/06/2009
Mr. Rigas ARAVANITIS, Chercheur à l'IRD	24/01/2009



26

**Activité III.2 : Missions effectuées à l'étranger par l'Académie**

<i>Lieu</i>	<i>Date</i>	<i>Résultats</i>
Espagne	27-29 juin 2009	Mise en œuvre de la convention signée entre l'Académie et le Conseil Supérieur Espagnol de la Recherche Scientifique
Mexique	22-26 novembre 2009	<p>1- Accord cadre de coopération entre l'Académie des Sciences du Mexique et l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques.</p> <p>2- Création d'une « Chaire de recherche » entre l'Université Mohammed V-Rabat/Souissi et l'Université Nationale Autonome de Mexico (UNAM).</p> <p>3- Coopération de l'Académie avec le groupe de recherche sur le tuberculose, la compagnie pharmaceutique publique Birmex et l'institut national de génomique mexicains.</p> <p>4- Possibilités de coopération dans les domaines de l'environnement, de l'agriculture, de la sylviculture, de l'adaptation au changement climatique et du développement durable.</p>
Italie	22-26 novembre 2009	Participation à la réunion de l'IAP à Trieste

27

**Activité III.3 : Conventions et accords de coopération et de partenariat**

<i>Institution</i>	<i>Action</i>
Inter Academy Panel (IAP)	Adhésion
Conseil International des Académies de l'Ingénierie et des Sciences Techniques	Demande d'adhésion
Union Internationale des Conseils Scientifiques	Demande d'adhésion
Conseil Supérieur de la Recherche Scientifique (CSIC) d'Espagne	Signature d'un accord de coopération
Institut de Recherche et Développement (IRD-France)	Signature d'un accord cadre
Observatoire des Sciences et des Techniques (OST) - France	Convention prestation de service
Groupement International pour le Développement (GID)	Mise en œuvre d'une coopération
Université des Nations Unies	Mise en œuvre d'une coopération
EMBRAPA du Brésil	Mise en œuvre d'une coopération
Académie Régionale d'Education et de Formation de Gharb, Chrarda, Beni Hssen	Accord de partenariat
Académie Régionale d'Education et de Formation de Rabat, Salé, Zemmour, Zaer	Accord de partenariat

28

### **Activité IV :** **Publications de l'Académie** **durant l'année 2008**

- ◆ *Actes de la session plénière 2008*
- ◆ *Bulletin d'information de l'Académie (N° 3 et N° 4)*
- ◆ *Conférences données dans le cadre des journées « les jeunes et la science » (édition 2008)*
- ◆ *Lettres 6 et 7 de l'Académie*

29

### **V. Conférences au sein de** **l'Académie**

- ◆ *Conférenciers du :*
  - *Maroc*
  - *USA*
  - *Corée du Sud*
  - *France*
  - *Taiwan*

30

## ***VI. Autres activités***

- ◆ ***V.1. Signature de la convention de parrainage du lycée Abdelmalek Es Saadi à Kenitra entre l'Académie et l'AREF de la région du Gharb Cherrada Beni Hsen***



31

## ***VI.2. Construction du siège de l'Académie***



32

***VI.3. Mise à jour du site web de l'Académie***

***[www.academie.hassan2.sciences](http://www.academie.hassan2.sciences)***

***VI.4 . Bibliothèque***

***Plusieurs livres et documents ont été acquis par l'Académie***

33

***Ressources humaines et moyens matériels de l'Académie***

34

## Ressources humaines

- Aujourd'hui, le personnel de l'Académie s'élève à 24 personnes dont 12 cadres supérieurs.
- En 2008, l'Académie a procédé à la nomination de deux cadres supérieurs, l'un au poste d'emploi supérieur et l'autre au poste de conseiller.
- Recrutement de deux nouveaux cadres (au service des collèges)
- En 2009, l'Académie procédera à un appel à candidature pour les autres postes d'emploi supérieur.

**Au nom de tous les Académiciens, je voudrais remercier l'ensemble de ce personnel et lui rendre hommage pour les efforts qu'il déploie ainsi que pour son abnégation et son dévouement.**

35

## Budget

Dépenses	2006 (DH)	2007 (DH)	2008 (DH)
Fonctionnement (personnel, achat consommés, indemnités, déplacements, divers ...)	7 452 000,00	8 775 000,00	5 294 222,05
Équipement (construction et équipement du siège, promotion de la recherche, organisation des sessions, édition, et achat d'ouvrages)	2 469 000,00	8 500 500,00	39 789 068,75
<b>TOTAL</b>	<b>9 921 000,00</b>	<b>17 275 500,00</b>	<b>45 083 068,75</b>
Coût Session inaugurale mai 2006	2 238 000,00		
Coût Session plénière		1 810 000,00	1 705 969,00
Coût Journée d'étude			58 808,00
Coût Sessions ordinaires		510 000,00	216 421,00
Conventions de recherche		1 384 000,00	7 481 649,00
Soutien aux manifestations scientifiques		143 000,00	186 625,00

36

## **Conclusion**

***Nous avons essayé, et nous continuerons d'essayer, de mener, autant que possible, nos différentes missions, avec le souci de promouvoir la recherche scientifique et le rayonnement des sciences et du savoir dans notre pays, et tendre vers notre objectif :***

***«servir le pays et contribuer au développement de la science mondiale».***



## COMPTE RENDU DE LA SESSION PLÉNIÈRE 2009

La session plénière solennelle 2009 de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, s'est tenue au siège de l'Académie du Royaume du Maroc, à Rabat, les 25,26 et 27 février 2009.

Mercredi 25 février 2009

Séance d'ouverture

et

**Thème scientifique général : « Les leçons de la crise alimentaire mondiale : stratégies agroalimentaires et contribution de la recherche scientifique »**

Le mercredi 25 février 2009, à 09h, au siège de l'Académie du Royaume du Maroc, à Rabat, l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques a procédé à l'ouverture solennelle de sa quatrième session plénière, en présence des académiciens et des personnalités invitées.

Au début de la séance, le Secrétaire perpétuel de l'Académie, Pr. Omar Fassi-Fehri, dans une allocution d'ouverture, a rappelé le programme de la session et en particulier le thème scientifique général retenu pour la session « *les leçons de la crise alimentaire mondiale, stratégies agroalimentaires et contribution de la recherche scientifique* ».

Au cours de la séance inaugurale deux exposés introductifs furent présentés sur ce thème; l'un par Mr. Mohamed Ait-Kadi, Directeur des séances, sur « *La crise alimentaire mondiale, ses causes et ses implications* » et l'autre par Mr. Aziz Akhnnouch, Ministre de l'Agriculture et des Pêches Maritimes, sur « *Le Plan Maroc Vert* ».

A l'issue de cette séance d'ouverture, l'Académie a procédé à l'élection de M. Tayeb Chkili comme Directeur des séances, en remplacement de M. Mohamed Ait-Kadi dont le mandat est venu à expiration.

L'Académie a par la suite continué l'examen du thème général de la session au cours de deux sessions, la première le mercredi matin sur « *la crise alimentaire mondiale et les scénarios de solution* », par :

- Pr. Chandra A. Madramootoo, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Environnement de l'Université McGill (Canada) sur « *Les solutions à la crise* »,
- Pr. Mark Rosegrant, Directeur de la Division de l'Environnement et des Technologies de Production de l'Institut International de Recherche sur les Politiques Alimentaires (IFPRI, Washington, USA) sur « *Les scénarios d'évolution* ».

La deuxième le mercredi après midi, sur « *l'alimentation, nutrition et santé* » au cours de laquelle quatre communications furent représentées par :

- Pr. Francis Delpeuch, Directeur de Recherche à l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD, France) sur « *Les enjeux nutritionnels de la crise : problèmes nouveaux ou aggravation d'une situation persistante?* »,

- Sabah Benjelloun, Professeur à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV, Maroc) sur «*Alimentation et santé au Maroc : de la complexité des facteurs à la multitude des réponses*»,
- Mohamed Badraoui, Directeur général de l'Institut National de la Recherche Agronomique (Maroc) sur «*Recherche scientifique dans le domaine végétal*»,
- Fouad Guessous, Directeur de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV, Maroc) sur «*Recherche scientifique dans le domaine animal*».

#### **Jeudi 26 février 2009 (matin)**

#### **« Les leçons de la crise alimentaire mondiale : stratégies agroalimentaires et contribution de la recherche scientifique » (suite)**

La matinée du jeudi 26 février 2009 fut consacrée à un débat sur la «*crise alimentaire : apport de la recherche*», dirigé par le Pr. Albert Sasson et réunissant un panel formé de MM. :

- Tamas Németh, Secrétaire général de l'Académie des Sciences de Hongrie,
- Mohamed Bedraoui, Directeur général de l'Institut National de la Recherche Agronomique (Maroc),
- Francisco Garcia-Garcia, Membre associé de l'Académie, Directeur général de l'aménagement forestier et conservation des sols (Mexique),
- Noureddine El Aoufi, Membre résident de l'Académie, Professeur d'Economie à la Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales de l'Université Mohammed V Agdal-Rabat (Maroc)

#### **Jeudi 26 février 2009 (après-midi)**

#### **Célébration de l'année mondiale de l'astronomie**

La première séance du jeudi 26 février 2009 (après midi) a été consacrée à la célébration de l'année mondiale de l'astronomie. Trois communications se rapportant à *l'astronomie et aux sciences de l'Univers* furent présentées :

- *Les modèles d'Univers*, par Omar Fassi-Fehri, Secrétaire perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université Mohammed V Agdal - Rabat (Maroc),
- *L'Univers en théorie des cordes*, par El Hassan Saidi, Membre résident de l'Académie, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université Mohammed V Agdal - Rabat (Maroc),
- *L'observation en astronomie*, par Zouheir Ben Khaldoun, Professeur à la Faculté des Sciences Semlalia-Marrakech (Maroc).

**Jeudi 26 février 2009 (après-midi)**  
**Energie**

La deuxième séance du jeudi 26 février 2008 (après-midi), a été consacrée au thème *Energie*. Deux communications scientifiques se rapportant à *l'énergie et à l'innovation technologique dans ce domaine* ont été présentées :

- *Une batterie Li-ion marocaine pour les voitures électriques et les téléphones portables*, par Ismaïl Akalay, Membre correspondant de l'Académie, Directeur Général de la branche Cobalt et Spécialités, Omnium Nord Africain (ONA – Maroc),
- *Les concentrateurs à rayonnement solaire de type parabolique et cylindro-parabolique et comportement des matériaux à haute température*, par Naji Abdenouri, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques -Marrakech (Maroc).

**Vendredi 27 février 2009 (matin)**  
**Rapport d'activités au cours de l'année 2008**

Le vendredi 27 février (matin), le Secrétaire perpétuel de l'Académie a présenté le rapport sur les activités de l'Académie durant l'année 2008.

Dans ce rapport, le Secrétaire perpétuel a rappelé les différentes actions menées par l'Académie, mettant en œuvre les missions de l'Académie telles que stipulées par le Dahir de sa création et dans le cadre des orientations et conseils donnés par Sa Majesté dans le Discours d'installation de l'Académie. Ainsi, une action multiforme a été menée visant à :

- *concrétiser la réflexion sur l'état de la recherche au Maroc par la rédaction d'un document sur le système scientifique national, ses réalisations et les perspectives de son développement;*
- *promouvoir la recherche scientifique et technologique par le soutien aux projets de recherche et aux manifestations scientifiques;*
- *promouvoir le développement et la diffusion de la culture scientifique dans notre pays en particulier auprès des élèves des lycées et collèges;*
- *développer une présence sur le plan international;*
- *u continuer l'édition, la publication et la diffusion des travaux de l'Académie;*
- *parachever la mise en place progressive de l'administration de l'Académie (ressources humaines);*
- *parachever la construction du Siège de l'Académie.*

Après cette présentation, les académiciens purent entamer une large discussion qui a permis de dégager un certain nombre de recommandations :

- mettre en œuvre, rapidement, la liste des experts chargés d'évaluer les projets de recherche financés par l'Académie;

- améliorer la publication des actes des sessions plénières de l'Académie en évitant la publication des communications sous forme de «*power point*» et en demandant aux conférenciers de présenter un résumé de leur communication lorsque le texte complet ne peut être obtenu;
- appréhender le problème de la mise en œuvre de la coopération internationale en favorisant la concertation inter collégiale;
- multiplier les réunions communes des directeurs de collèges pour assurer une plus grande coordination entre les collèges scientifiques;
- soutenir les projets de recherche en tenant compte du budget, des priorités nationales ainsi que du soutien apporté par d'autres instances nationales ou étrangères;
- développer l'action des collèges auprès des élèves des lycées et collèges pour promouvoir et diffuser la culture scientifique; les collèges peuvent entrevoir des actions réparties sur toute l'année;
- envisager la possibilité d'utiliser les moyens audiovisuels et les médias pour promouvoir et diffuser la culture scientifique;
- envisager un accord de partenariat entre l'Académie et la CGEM;
- Permettre aux membres associés d'établir des liens de coopération avec les secteurs publics et privés du Maroc;
- renforcer la concertation et la coordination entre l'Académie et les autres opérateurs de recherche;
- réussir le challenge de l'évaluation à tous les niveaux par l'engagement et la collaboration de tous les membres de l'Académie;
- renforcer les collèges scientifiques par des experts issus du secteur privé;
- programmer des visites des centres de recherche sectoriels et développer avec eux des échanges.

**Vendredi 27 février 2009 (après-midi)**  
**Réunion des collèges, renouvellement des organes directeurs et**  
**séance de clôture**

Le vendredi après midi, l'Académie a continué ses travaux par la réunion de chaque collège scientifique qui a passé en revue les activités de l'année 2008 et a procédé à l'élection de son directeur et du co-directeur, ce qui a donné les résultats suivants :

- ***Collège des Sciences et techniques du vivant***
  - *Directeur* : réélection de Mr. Albert Sasson
  - *co-directeur*: réélection de M<sup>me</sup> Rajae El Aouad
- ***Collège des Sciences et Techniques de l'environnement, de la terre et de la mer***
  - *Directeur* : réélection de Mr. Ahmed El Hassani
  - *co-directeur*: réélection de Mr. Mohammed Jellali

- **Collège des Sciences physiques et chimiques**
  - *Directeur* : réélection de Mr. Abdelilah Benyoussef
  - *co-directeur*: réélection de Mr. Hassan Saidi
- **Collège des Sciences de la modélisation et de l'information**
  - *Directeur* : élection de Mr. Youssef Ouknine
  - *co-directeur*: élection de Mr. Abdelmalek Azizi
- **Collège des Ingénierie, Transfert et Innovation technologiques**
  - *Directeur* : élection de Mr Ismail Akalay
  - *co-directeur* : élection de Mr Mahfoud Ziyad
- **Collège des Etudes stratégiques et Développement économique**
  - *Directeur* : élection de Mr. Noureddine El Aoufi
  - *co-directeur*: élection de Mr. Mohammed Berriane

Ensuite, les directeurs de collèges se sont réunis pour élire trois collègues parmi eux, devant faire partie du Conseil d'Académie; il s'agit des Professeurs Albert Sasson (réélu), Ahmed El Hassani (réélu), Youssef Ouknine (élu).

L'Académie a par la suite poursuivi ses travaux à huit clos et procédé à l'élection de cinq académiciens, membre de la Commission des travaux ; il s'agit de MM. Rachid Benmokhtar (réélu), Mohamed Ait-kadi (élu), Mokhtar Essassi (élu), Philippe Tanguy (élu) et Driss Ouazar (réélu).

Au cours de la séance de clôture, Monsieur le Secrétaire perpétuel a dégagé les principales conclusions que l'on peut tirer de la session, en insistant sur sa richesse et la qualité des interventions et débats; il a également rappelé les actions à mener durant les prochaines mois :

- *faire le suivi des projets de recherche financés par l'Académie;*
- *tenir une session ordinaire le 14 mars 2009 pour valider le document sur la recherche scientifique au Maroc et réfléchir sur la mise en œuvre des recommandations contenues dans le document;*
- *faire le suivi de l'ensemble des conclusions et débats sur les thèmes des sessions plénières et sur le symposium sur les biotechnologies médicales;*
- *procéder à l'actualisation des indicateurs de sciences et technologies au niveau de chaque discipline scientifique;*
- *renforcer l'ouverture de l'Académie sur l'extérieur et développer la coordination avec les différentes institutions scientifiques et techniques;*
- *s'ouvrir sur l'international;*
- *éditer un journal (scientifique) de l'Académie;*

- *mettre en œuvre les conventions de partenariat et de coopération signées par l'Académie avec les organismes nationaux et étrangers;*
- *organiser des olympiades au niveau des Académies Régionales de l'Education et de la Formation dont l'objectif est de promouvoir les ressources humaines en sciences et technologies et récompenser les meilleurs lauréats des classes terminales;*
- *mettre en œuvre les prix prévus dans le règlement intérieur de l'Académie.*

La clôture des travaux est intervenue à l'issue de cette séance au cours de laquelle l'ensemble des académiciens ont adopté un message de loyauté, de gratitude et de remerciement, adressé à Sa Majesté le Roi Mohammed VI - que Dieu Le protège et Le guide dans l'accomplissement de Sa Haute et Noble Mission - .



## Thème scientifique général

### «Les leçons de la crise alimentaire mondiale : stratégies agroalimentaires et contribution de la recherche scientifique»

#### Synthèse & conclusions

L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques a tenu les 25, 26 et 27 février 2009 sa session plénière solennelle annuelle, avec pour thème scientifique général Les leçons de la crise alimentaire mondiale : stratégies agroalimentaires et la contribution de la recherche scientifique. Différents sujets en relation avec ce thème ont été abordés. Nous nous proposons dans cette plaquette de donner un aperçu sur les exposés et communications présentées, ainsi que sur les débats intervenus, et les recommandations et conclusions dégagées; nous procéderons à la publication intégrale des communications présentées, et de l'ensemble des travaux de la session dans l'édition prochaine du document relatif aux Actes de la Session Plénière 2009.

Après les exposés faits au cours de la cérémonie d'ouverture par M. Aziz Akhanouch, Ministre de l'Agriculture et de la Pêche Maritime sur le Plan Maroc Vert, et par le Pr. Mohamed Ait-Kadi, membre résident de l'Académie, sur les causes de la crise alimentaire, plusieurs experts internationaux sont intervenus pour traiter des solutions éventuelles à la crise, et des fortes relations qui existent entre les questions de nutrition et de santé.

Au cours d'un débat général animé par des spécialistes du Maroc (Pr. A. Sasson, Pr. N. El Aoufi, Pr. M. Badraoui), du Mexique (Pr. F. Garcia-Garcia) et de Hongrie (Pr. Tamàs Németh), l'Académie a pu débattre de la problématique Comment produire plus et mieux, à partir d'expériences vécues dans un certain nombre de pays de différents continents.

Le rôle de la recherche scientifique pour faire face à la crise, et dans le cas du Maroc pour réussir le Plan Maroc Vert, a été mis en relief au cours des débats à travers l'expérience vécue dans plusieurs pays.

#### Les causes de la crise alimentaire mondiale

Le thème général de la Session a été introduit par le Directeur des Séances, Pr. Mohamed AIT KADI, membre résident de l'Académie. Il a présenté un diagnostic des causes de la crise alimentaire mondiale et il a apporté des éclairages sur ses implications aux niveaux international et national en soulignant la nécessité d'une nouvelle révolution agronomique.

La crise alimentaire mondiale s'est manifestée par une envolée des prix des denrées alimentaires qui ont atteint au premier trimestre 2008 leur plus haut niveau en valeur

réelle depuis 30 ans. La rapidité de cet emballement a secoué le monde entier. L'accalmie que connaissent les marchés agricoles depuis quelques mois ne doit pas occulter les causes structurelles de la flambée des prix. Ces causes sont liées à une nouvelle équation alimentaire mondiale en termes de demande et d'offre qui connaissent des changements rapides et profonds.

Les moteurs de l'accroissement de la demande restent principalement la démographie, l'urbanisation, l'amélioration des revenus et les changements des régimes alimentaires qui s'ensuivent. A cela s'ajoute une demande accrue de denrées agricoles destinées à la fabrication de biocarburants. L'offre est marquée par la baisse de la productivité, le niveau très bas des stocks céréaliers, le recul de la production mondiale de céréales du fait des conditions météorologiques adverses qui ont sévi dans les grands pays producteurs, le renchérissement des coûts des intrants (notamment les engrais) et du transport lié à la hausse des prix du pétrole et la raréfaction des ressources naturelles de base nécessaires à la production agricole, principalement les sols et l'eau. L'escalade des prix a été aussi amplifiée par la conjugaison de la spéculation financière, dont les céréales, en particulier, sont devenues l'objet, à la suite de la crise des crédits immobiliers aux Etats-Unis et des produits dérivés de ces instruments, et des mesures d'urgence inappropriées prises par un certain nombre de pays importateurs et/ou exportateurs face aux risques de troubles politiques et sociaux provoqués par la flambée des prix agricoles.

Cette situation a eu des répercussions dans le monde entier, et elle a touché de plein fouet les pays en développement net importateurs de denrées alimentaires, avec pour conséquences une baisse du pouvoir d'achat des ménages avec des risques graves d'instabilité sociale, le creusement du déficit commercial et des coûts considérables pour les finances publiques. Les pays également importateurs de pétrole, comme le Maroc, sont doublement affectés. Ainsi, notre pays a dû faire face, en 2008, à un accroissement de la valeur de ses importations agricoles et alimentaires de 78% en comparaison avec l'année 2006. Ceci a contribué à la détérioration du taux de couverture qui a décliné de 116% en 2006 à 67% en 2008. Cependant, l'effet inflationniste du renchérissement des produits alimentaires de base a été maîtrisé grâce aux mesures gouvernementales de soutien des prix.

### **Le Plan Maroc Vert**

Cette crise a des causes largement indépendantes du seul pouvoir d'action de l'Etat. Monsieur Aziz Akhannouch, Ministre de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, intervenant au cours de la cérémonie d'ouverture, a souligné que le Maroc pour sa part a, sous l'impulsion de Sa Majesté le Roi Mohammed VI, formulé une nouvelle stratégie dont la dénomination, le Plan Maroc Vert, voudrait exprimer tout l'espoir placé dans le développement agricole. Cette stratégie repose sur une modernisation accélérée des petites et moyennes exploitations agricoles dont le potentiel est resté sous-exploité. Elle repose, en même temps, sur une dynamisation de pôles de haute productivité et de haute valeur ajoutée, tant dans la production que dans les industries agro alimentaires, et qu'il est envisagé de développer à travers, en particulier, un investissement massif, public et privé.

Le Plan Maroc Vert prend en compte les opportunités qu'offrent la diversité des territoires et les options que celle-ci donne pour répondre aux demandes nouvelles du marché mondial. Mais ce Plan est en même temps soucieux de promouvoir une double durabilité, celle des conditions de vie des populations rurales et celle de l'environnement, base évidente du potentiel de production de notre pays.

### **Les scénarios de solution**

Au moment même où le Maroc s'engage avec détermination dans la relance de son agriculture, l'aggravation précipitée de la crise des agricultures mondiales vient, en dépit de tous ses risques, conforter le choix stratégique qu'il a fait. Pr. Chandra Madramootoo, Doyen de la Faculté d'Agriculture et des Sciences de l'Environnement de l'Université McGill, Canada, a en effet, montré que la crise alimentaire mondiale a eu au moins un effet positif, celui de remettre le développement agricole au centre des stratégies de développement dans le monde. Cette priorité, enfin reconnue, après tant d'insuffisances, vient à la rencontre de celle affirmée si fortement dans notre stratégie nationale. Replacer ainsi l'agriculture, c'est reconnaître que ses fonctions seront de plus en plus indispensables pour l'humanité. C'est rappeler que l'alimentation des hommes en dépend, que ce soit directement ou après transformation animale. C'est de produits agricoles, notamment fibres et produits ligneux, que dépendent de très nombreuses industries. C'est aussi en maîtrisant les techniques de l'agriculture que l'on pourra mieux gérer les ressources rares, économiser l'eau, protéger les sols et préserver la biodiversité.

Les scénarios à long terme présentés par le Pr. Mark Rosegrant de l'Institut International de Recherche sur les Politiques Alimentaires (IFPRI, Washington, USA) montrent que les prix des produits agricoles continueront d'être volatils et il est probable que leur niveau tendanciel sera plus élevé qu'au cours des années dernières. Ce retournement de tendance représente un événement historique considérable. Même si l'éventualité d'une tendance à la hausse sur le long terme n'est pas acquise, le seul fait que les prix agricoles soient durablement plus élevés que par le passé pose aux autorités publiques un redoutable défi, étant donné la grande sensibilité du niveau de bien-être des populations les plus pauvres aux prix des produits alimentaires. Cette crainte est corroborée par le fait que la récente crise alimentaire a pratiquement annihilé les efforts entrepris depuis plus d'une décennie pour réduire la pauvreté en faisant basculer plus de 100 millions de personnes dans la sous-alimentation.

### **Alimentation, nutrition & santé**

Les enjeux nutritionnels de la crise alimentaire ont été mis en évidence par le Pr. Francis Delpeuch, directeur de Recherche à l'Institut de la recherche pour le développement (IRD-France), qui a montré à travers l'exemple du milieu urbain sahélien, qu'en période de hausse des prix des denrées alimentaires il y a une diminution sensible de la diversité alimentaire des ménages avec un repli sur les aliments de base et la réduction des achats d'aliments de bonne qualité nutritionnelle, riches en micronutriments. Cette situation aggrave les malnutritions carencielles ou accélère la transition alimentaire et l'émergence des maladies chroniques liées à l'alimentation, accentuant le double fardeau nutritionnel qui pèse sur un grand nombre de pays. Ce phénomène, comme l'a souligné le Pr. Sabah

Benjelloun, Consultante en Nutrition Humaine et Développement, n'épargne pas le Maroc où des problèmes de sous-alimentation et de carences en micronutriments se conjuguent avec la montée rapide des problèmes de surpoids et d'obésité, et de leurs corollaires en santé que sont les maladies chroniques (maladies cardiovasculaires, diabète et cancers). Des travaux de recherche ont montré que les dénutritions chez les mères et les jeunes enfants à la suite de crises et d'ajustements économiques ont des conséquences immenses sur le capital humain, à court terme mais aussi à long terme, par les handicaps physiques et intellectuels qu'elles entraînent, et ceci de manière souvent silencieuse. Les questions de nutrition sont donc des questions de développement et, de ce point de vue, la sécurité alimentaire est liée à la sécurité nutritionnelle. Le défi n'est pas seulement de produire plus, mais aussi d'assurer une nutrition optimale des populations. Seules des politiques alimentaires et nutritionnelles intégrées peuvent y répondre.

Les réflexions qui ont traversé les débats sur ces nombreuses facettes de la crise alimentaire mondiale conduisent à reconnaître que celle-ci pose, par son caractère systémique, des problèmes plus complexes et potentiellement plus graves que par le passé. Elle doit donc être traitée comme une alerte précoce sur ce qui attend le monde au XXI<sup>ème</sup> siècle face au défi de produire et distribuer suffisamment de denrées alimentaires pour nourrir plus de 9 milliards d'êtres humains à l'horizon 2050 dans un contexte marqué par :

(i) des incertitudes quant à l'évolution des cours mondiaux des produits alimentaires et énergétiques; (ii) une concurrence accrue pour les ressources naturelles; (iii) la recrudescence des maladies chroniques qui sont dues à la malnutrition et à la progression de zoonoses émergentes ou réémergentes.

### **Importance de la recherche agronomique**

Dans un tel contexte, la recherche agronomique nationale est appelée à consolider son rôle vital en tant que facteur clé d'anticipation stratégique, d'accumulation du progrès technologique et d'appropriation de celui-ci par les agriculteurs et les opérateurs du système agroalimentaire. Elle ne doit plus être considérée comme une activité d'appoint et de support du développement agricole et rural, mais comme un choix stratégique contribuant par son contenu et ses implications à la consolidation de la sécurité alimentaire et nutritionnelle de notre pays. Le Pr. Mohamed Badraoui, directeur de l'Institut National de la Recherche Agronomique, et le Pr. Fouad Guessous, directeur de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, ont mis en avant, dans leurs exposés respectifs, les acquis de la recherche agronomique nationale et les résultats significatifs qu'elle a obtenus. Dans le domaine végétal ces résultats ont contribué à l'amélioration de la productivité des cultures et de la qualité des produits agricoles (améliorations variétales des céréales d'automne, de l'olivier, des agrumes et du palmier dattier), au développement et à la valorisation des produits du terroir et à la gestion durable des systèmes de production et des ressources naturelles. L'effort essentiel dans le domaine animal a porté sur la biodiversité animale, la biotechnologie appliquée à la génération des données scientifiques pour la connaissance des espèces et leur meilleure exploitation, l'amélioration des performances animales en harmonie avec les potentialités régionales et l'adaptation aux stress abiotiques, notamment sous l'effet du changement climatique, la lutte contre les maladies animales et la protection de la santé publique vétérinaire. Ces

acquis bien réels doivent être amplifiés pour inscrire l'agriculture marocaine dans une spirale vertueuse de progrès durable et équitable comme l'aspire le Plan Maroc Vert. Cela implique de faire des investissements dans la recherche agronomique à la hauteur des ambitions, et de disposer de ressources humaines qualifiées et motivées.

### **Etude de cas : Maroc, Mexique, Hongrie**

La crise alimentaire est mondiale, mais elle touche plus durement les populations vulnérables, particulièrement les pauvres - et les paysans pauvres - en milieu rural. Elle est non seulement alimentaire (insuffisance de l'offre quantitative), mais aussi nutritionnelle (carences nutritionnelles, malnutrition, obésité).

Beaucoup de pays, dont le Maroc, peuvent voir leur situation alimentaire s'aggraver du fait de l'impact du changement climatique sur leur agriculture (sécheresses récurrentes ou événements climatiques extrêmes -ouragans, inondations-, menaces de maladies et d'insectes ravageurs).

Dans le cas du Maroc, où la dégradation des terres menace, notamment sous l'effet de la désertification et du manque d'eau, où la majorité du territoire se trouve en zone aride et désertique, 14 millions de personnes sont affectées par de telles conditions. L'émigration vers les régions où l'eau est moins rare et l'emploi est possible, est une tendance forte, alors que le Maroc est aussi devenu un pays d'immigration et de transit.

La recherche scientifique et technique doit donc contribuer à accroître et à améliorer la production agro-alimentaire dans des conditions difficiles. Une nouvelle gouvernance s'impose, fondée sur le partenariat entre tous les acteurs du développement agricole et rural. Les domaines d'action prioritaires sont :

- la gestion intégrée de l'eau et du sol (valoriser au maximum la quantité d'eau utilisée, c'est-à-dire que la productivité n'est pas seulement exprimée par unité de surface et de temps, mais aussi par unité de volume d'eau utilisée);
- recours aux biotechnologies végétales (olivier, palmier-dattier, agrumes, espèces forestières, etc.); diagnostic des difficultés et des problèmes; implication du secteur privé dans les filières de production à haute valeur ajoutée (voir le Plan Maroc Vert);
- solidarité dans le partage des connaissances et du savoir-faire, Nord-Sud, par exemple, dans l'espace méditerranéen.

C'est aussi le cas de la coopération potentielle et prometteuse entre le Maroc, le Brésil et le Mexique, que l'Académie Hassan II s'efforce de promouvoir avec les organismes marocains compétents.

Dans le cas du Mexique, il existe une stratégie nationale interministérielle d'adaptation au changement climatique, et trois Etats ont un plan d'adaptation en agriculture, avec un budget de recherche d'environ 7 millions de dollars. Le Fonds Clinton pourrait éventuellement financer des projets de coopération entre le Maroc et le Mexique, orientés vers un développement durable. Quant à l'INIFAP (l'Institut mexicain de recherche agronomique, zootechnique et forestière), il dispose d'un millier de chercheurs, de

centres régionaux de recherche et de centaines de laboratoires disciplinaires. La loi qui régit la recherche agronomique est claire : c'est la demande des producteurs qui dicte les orientations de la recherche (17 réseaux de recherche fonctionnent actuellement). Un thème de coopération évoqué est celui qui concerne la culture du nopal (*Opuntia ficus indica*), dont les usages sont multiples : alimentation humaine et animale, protection des sols, lutte contre la sécheresse, produits de niche, etc.

Le Mexique a aussi adopté un plan national de protection, d'inventaire et d'étude de sa diversité biologique, qui comporte notamment les réglementations d'utilisation et de transfert de cette biodiversité.

L'application du Plan Maroc Vert appelle une réflexion socio-économique sur les modèles de développement adoptés par le Maroc depuis son indépendance (voir le rapport du cinquantenaire) et particulièrement sur les plans de modernisation de l'agriculture. Cette dernière a embrassé plusieurs domaines : la substitution des importations, la récupération des terres des colons, la mécanisation, le salariat, le développement du crédit dans le monde agricole. La politique de construction de plusieurs barrages pour irriguer près d'un million d'hectares, est reconnue comme une contribution positive, même s'il faut lutter contre l'envasement de ces barrages et les insérer encore mieux dans le développement agricole et rural durable.

Par la suite le modèle productiviste a prévalu («la solution passe par le marché»), tiré par les exportations (importation des besoins de moindre valeur ajoutée), association avec la Communauté économique européenne.

Après le programme d'ajustement structurel de la décennie 1983-1993, on se réfère au modèle standard, caractérisé par la vérité des prix, la prévalence des forces du marché. Puis l'on passe au développement durable, avec un élément fort, l'Initiative Nationale du Développement Humain (INDH).

Avec le Plan Maroc vert et les perspectives qu'il trace jusqu'en 2030, on met l'accent sur les institutions, la gouvernance, la régulation et sur la solidarité envers les 780.000 petites exploitations agricoles qu'il faut aider et dont il faut améliorer la production et la viabilité.

### **Produire plus et mieux**

Produire plus, en étendant les surfaces cultivées (cela est possible encore en Afrique subsaharienne, en Amérique du Sud et, dans une moindre mesure, en Amérique du Nord), mais sans porter gravement atteinte aux écosystèmes naturels (notamment les forêts tropicales et équatoriales). Produire plus en intensifiant l'agriculture, en ayant recours aux pratiques agronomiques efficaces et respectueuses de l'environnement (agriculture raisonnée). Réhabiliter les sols et améliorer leur fertilité (en Afrique, 500 millions d'hectares sont dégradés et cela entraîne un manque à gagner annuel de l'ordre de 30 milliards d'euros), grâce aux amendements et aux engrais chimiques et organiques. Le paysan africain utilise en moyenne 8 kg d'engrais chimiques par hectare, le paysan chinois 20 fois plus. Un accroissement de cette utilisation s'impose pour augmenter la

production agro-alimentaire comme cela a été le cas au Malawi, grâce à un soutien direct du gouvernement à l'achat d'engrais par les paysans; cela est également en cours en Tanzanie, au Kenya et dans d'autres pays.

Ailleurs, dans les pays industrialisés, il faudra au contraire réduire les quantités d'engrais et en améliorer l'absorption par les plantes cultivées. La même politique différenciée s'applique aux biocides et pesticides.

L'eau doit être l'objet de tous les efforts d'économie et d'efficacité dans son utilisation, et partout dans le monde. Produire plus par unité de volume d'eau consommée, améliorer et maîtriser les systèmes d'irrigation, lutter contre les gaspillages et les déperditions. Produire mieux, c'est en effet, réduire les pertes post-messiales qui peuvent s'élever jusqu'à 30% des récoltes ou plus, à cause de l'absence de conditions adéquates de stockage, ou de moyens de transport rapide vers les marchés ou encore l'absence d'une chaîne du froid pour la préservation des aliments. Produire mieux, c'est aussi changer nos habitudes de consommation, souvent gaspilleuses au sein des populations riches ou de niveau de vie moyen ou élevé.

C'est encore tirer mieux profit des qualités nutritionnelles des variétés cultivées locales ou traditionnelles, lorsque ces qualités sont avérées scientifiquement. On peut aussi recourir à la biofortification des principales espèces cultivées (céréales, légumineuses, racines et tubercules) pour y introduire des nutriments essentiels (vitamines et oligo-éléments, acides gras, acides aminés).

### **Conclusion**

Produire plus et mieux, c'est-à-dire augmenter l'offre agro-alimentaire globale, en n'ignorant pas que la réduction drastique des gaspillages et des pertes depuis la ferme jusqu'aux consommateurs peut contribuer à améliorer cette offre, en sachant aussi que des problèmes de distribution existent au sein d'un même pays ou entre les pays ou régions; mais en fin de compte, nous aurons besoin de plus d'aliments, de meilleure qualité sanitaire et nutritionnelle, ainsi que d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement, où la petite agriculture, familiale et vivrière est une priorité absolue. C'est là en effet un moyen primordial pour faire reculer la pauvreté dans le monde.

Pour pouvoir nourrir les 9 milliards d'habitants de notre planète à l'horizon 2050, la production agroalimentaire devra alors doubler; pour cela il faut redonner à l'agriculture et au développement rural leur priorité sur l'agenda politique et économique des gouvernements.



## **General scientific theme**

### **“The lessons from the global food crisis: food strategies and contribution of scientific research”**

#### **Summary & conclusions**

The Hassan II Academy of Science and Technology held its annual Solemn Plenary Session on February 25-27, 2009 on the general scientific theme “Lessons from the global food crisis: Food strategies and the contribution of scientific research”. Many topics related to this theme were discussed. We provide in this brochure an overview on talks, oral communications and discussions that took place, along with the drawn conclusions and formulated recommendations. The integral content of the lectures and talks presented at the plenary session will be published in the next edition of the “Plenary Session Proceedings”.

After the opening ceremony which started by two plenary lectures given by the Minister of Agriculture and Fisheries regarding the Morocco Green Plan and by Pr. Mohamed Ait-Kadi on the causes of the food crisis, several international experts presented oral communications related to the strong relationships between nutrition and health issues and suggested various potential solutions to the food and nutrition crisis.

During the general debate session chaired by experts from Morocco (Pr A. Sasson, Pr. N. El Aoufi, and Pr M. Badraoui), Mexico (Pr F. Garcia-Garcia) and Hungary (Pr T. Németh), the Academy members discussed issues related to how to produce more and better based on experiences of some countries in different continents.

The role of scientific research for facing the crisis and for helping a successful implementation of Morocco Green Plan was highlighted through relevant national and international experiences.

#### **The causes of the global food crisis**

The general theme of the session has been introduced by the director of sessions, Pr. Mohamed Ait-Kadi, Resident member of the Academy. He presented a diagnostic about the causes of the world food crisis and highlighted its implications at international and national levels stressing the need for a new agronomic revolution.

The worldwide food crisis resulted in a dramatic increase of the foodstuffs prices, which reached by the first quarter of 2008 their highest level in real value since 30 years. The fastness of this fad shook the whole world and the lull experienced by agricultural markets over the past few months should not eclipse the structural causes of prices surging. These causes are in fact related to a new global food equation in terms of demand and offer that are experiencing rapid and profound changes.

The sources of the demand increase are mainly related to demography, urbanisation, improvement in incomes and changes in diets resulting from the crisis. In addition to this, there is an increase in demand for agricultural products for production of biofuels. The offer is characterized by a reduction in productivity, a very low level of foodstuffs and cereal stocks, a regression of global cereal production due to various weather conditions that have prevailed in the major producing countries, rising of input costs (mainly fertilizers) and transportation cost due to the increase in oil price and dwindling in basic natural resources needed for agricultural production, mainly land and water. The escalation in prices was also amplified by the combination of financial speculation that concerns in particular cereals after the crisis in mortgages and their sub-products in the United States, and inadequate emergency measures taken by some importing and/or exporting countries to face the risks of political and social troubles resulting from the surge in agricultural prices.

This situation had impacted the entire world, but it had particularly a hard hit on developing countries which are net importers of food leading to a decline in the purchasing power of householders with serious risks of social instabilities and widening of trade deficit and considerable costs for public finance. The countries importing oil, such as Morocco, are doubly affected. In 2008, Morocco has faced 78% increase of its agricultural and food imports as compared to 2006. This has contributed to a decrease in the coverage rate from 116% in 2006 to 67% in 2008. However, the inflationary impact of price rising of food commodities was controlled by governmental measures that have contributed to maintain equilibrium in terms of prices.

### **The Green Morocco Plan**

The causes of the crisis are largely beyond the mere action of the government. Mr Aziz Akhannouch, Minister of Agriculture and Fisheries, who delivered a plenary lecture during the opening ceremony, stressed that Morocco has established, under the leadership of His Majesty the King Mohammed VI, a new strategy entitled "Morocco Green Plan" through which all hope is placed in agricultural development. This strategy is based on accelerating the modernisation of small and medium-sized farms, whose potential has remained under-exploited. The plan is also based on developing, through massive public and private investments, specialized poles of high productivity and high-added value in agro-food industries.

Morocco Green Plan takes account the opportunities offered by the diversity of the national territories and thus by the various available options to satisfy the new demands of the global Market. Besides economical actions, the plan aims also at promoting sustainable living conditions for rural populations and for the environment, which is the cornerstone of the national production potential.

### **Solution scenarios**

Despite all the risks, the precipitous worsening of the world agricultural crisis has, in fact, consolidated the proactive actions and the choices taken, with determination, by the country for the revival of its agriculture. Professor Chandra Madramootoo, Dean of the Faculty of Agriculture and Environmental Sciences at McGill University, Canada,

has in fact shown that the world food crisis had at least one positive effect; that is to put agricultural development at the center of development strategies in the world. Such a priority, which has been finally recognized after so many shortcomings, is in line with the measures and the strategy put strongly forward by Morocco. Promoting and giving the right place to agriculture in the strategy for development is to recognize that its functions will be increasingly vital for humanity. It is to recall that the men's alimentation depends on it, either directly or after animal transformation. Many industries depend also on agricultural products, including fibers, wood products and other secondary products. It is also by mastering the agriculture techniques that we can better manage scarce resources, save water, protect soils and conserve biodiversity.

The long-term scenarios presented by Pr. Mark Rosegrant, from the International Food Policy Research Institute (IFPRI, Washington, USA), show that agricultural prices will continue to be volatile and it is likely that the trend will be higher than over the last few years. This reversal is a significant historic event. Although the possibility of an upward trend over the long term is not acquired, the fact that agricultural prices are more lasting than in the past poses to the public authorities a tremendous challenge, given the high sensitivity to food prices of the welfare level of the poorest populations. This fear is corroborated by the fact that the recent food crisis has virtually wiped out the efforts made for over a decade to reduce poverty by switching over 100 million people in the state of under nourishment.

### **Food, nutrition and health**

The nutritional challenges of the food crisis has been highlighted by Pr. Francis Delpeuch, Research Director at the Institut de la recherche pour le développement (IRD-France), who showed through examples of urban Sahelian area, that during the food price rising period there is a significant decrease in dietary diversity of households with a decline in staple foods and a reduction in purchases of food with the adequate nutritional quality, rich in micronutrients. This situation aggravates malnutrition or accelerates the food transition and the emergence of chronic diseases related to food, accentuating the dual nutritional burden on many countries. As pointed out by Pr. Sabah Benjelloun, Consultant in human Nutrition and Development, the phenomenon affects also Morocco, where problems of malnutrition and micronutrient deficiencies are combined with the rapid rise of the overweight problems and obesity and their consequences on health such as chronic diseases (cardiovascular diseases, diabetes and cancers). Studies have shown that malnutrition among mothers and young children, which takes place after crisis and economic adjustments, has immense consequences on human capital in the short and long terms. It leads to physical and intellectual disabilities, so often in silent way. Nutritional issues are development issues, and from that viewpoint, food security is linked to nutritional security. The challenge is not only to produce more, but also to ensure optimal nutrition to populations. The solutions require absolutely a global and integrated policy for food and nutrition issues.

The discussions that took place during the debates led to the recognition that the world food crisis poses, through its systemic character, problems that are more complex and potentially more serious than in the past. It should therefore be treated as an early warning about what awaits the world in the twenty-first century to face the challenge for producing and distributing enough food to feed more than 9 billion people in 2050 in a context

characterised by : (i) uncertainties about the evolution of food and energy prices in the world, (ii) exacerbated competition for natural resources, (iii) increase in chronic diseases resulting from malnutrition and the progression of emerging or re-emerging zoonoses.

### **Importance of agronomic research**

In such context, the national agronomic research is called to strengthen its vital role as a key factor for strategic anticipation and for the development of technology and its appropriation by farmers and agri-food system operators. It should not be considered just as support activity to agricultural and rural development, but rather as a strategic choice contributing, by its content and its implications, to the consolidation efforts for food and nutrition security in our country. Pr. Mohamed Badraoui, director of Institut National de la Recherche Agronomique, and Prof. Fouad Guessous, director of the Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, highlighted in their respective talks, the achievements of the national agricultural research and the significant results obtained through the years. In the plant field, the research results have helped to improve crop productivity and quality of agricultural products (improvements of cereals, olive, citrus and date palm), to develop and promote local products and sustainable management of production systems and natural resources. The essential effort in the animal field has concerned animal biodiversity, biotechnology applied to the generation of scientific data regarding knowledge of species and their best use, improvement of animal performances in harmony with the regional potential and adaptation to abiotic stresses, including the effect of climate change, the struggle against animal diseases and the protection of veterinarian public health. These real and concrete achievements should be amplified to place Moroccan agriculture in a virtuous cycle of sustainable and equitable progress as it is envisaged in the Morocco Green Plan. This requires adequate investments in line with the planned ambitions, and more importantly this necessitates skilled and motivated human resources.

### **Study cases : Morocco, Mexico and Hungary**

The food crisis is global, but it affects most severely vulnerable populations, particularly the poor - and poor farmers - in rural areas. It is not only a crisis for food (inadequate quantitative offer) but also a nutritional crisis (nutritional deficiencies, malnutrition, obesity, etc.).

Many countries, including Morocco, may face worsened food situation because of the climate change impact on their agriculture (recurrent droughts or extreme weather events - storms, floods - and threats from diseases and insect pests).

In the case of Morocco, about 14 million people may be threatened by land degradation under the effect of desertification and water scarcity and because the major part of the territory is arid and desert. Emigration to regions where water is less scarce and where there are potential opportunities for employment is a strong trend, while Morocco has also become a country of immigration and transit.

Scientific and technical research should help increasing and improving food production under difficult and severe conditions. The governance should be reshaped and should be based on partnership between all the stakeholders in the agricultural and rural development.

**The priority actions are :**

- integrated management of water and soil. This requires promoting the quantity of used water in the sense that productiveness should not only be expressed per area and time units, but also per unit volume of used water;
- efficient use of plant biotechnologies (olive, palm date, citrus, forest species, etc.);
- diagnostic of difficulties and problems and involvement of private sector in the production fields which offer high-added value potential (see Morocco Green Plan );
- solidarity in the sharing of knowledge and of know-how between North and South, for example, in the Mediterranean area.

It is also the case of the potential and promising cooperation between Morocco, Brazil and Mexico, that the Hassan II Academy of Science and Technology seeks to promote in collaboration with the relevant Moroccan authorities.

In the case of Mexico, there is a national strategy for adaptation to climate change, and three states have a plan for adaptation in agriculture, with a research budget of about US\$7 million. The Clinton Fund could offer eventual financial support to projects of cooperation between Morocco and Mexico, focusing on sustainable development. As for the INIFAP (the National Institute for Forestry, Agriculture and Animal Husbandry Research of Mexico), it has a thousand of researchers, regional research centers and hundreds of laboratories in various fields of agricultural research. The law governing agricultural research is clear: it is based on the request of producers for the research programming (17 research networks are currently operating). A proposed theme of eventual cooperation is related to cultivation of nopal (*Opuntia ficus indica*), which has numerous uses: food, feed, soil protection, fight against drought, niche products, etc.

Mexico has also adopted a national plan for protection, inventory and study of its biological diversity, which includes regulations for use and transfer of this biodiversity.

The Morocco Green Plan, calls for a socio-economic analysis about the development models adopted by Morocco since its independence (see the report of the fiftieth anniversary) and particularly with respect to modernisation of its agriculture. The latter covered several areas: the substitution of imports, the recovery of settlers land, mechanization and the development of loan sources for framers. The policy of construction of several dams, to irrigate nearly a million acre, is recognized as a positive contribution, even if this needs struggling against the silting of the dams and putting them even better in sustainable agricultural and rural development.

Then, the productivist model prevailed (“the solution lays on the market”), driven by exports (import needs of low value-added); association with the European Economic Community.

After the structural adjustment program of the decade 1983-1993, the reference was the standard model based on true pricing and the prevalence of the market strengths. Then we recently moved to sustainable development, with a strong factor: the National Initiative for Human Development (NIHD).

With the Morocco Green Plan and the prospects it draws up to 2030, the emphasis is made on institutions, governance, regulation and solidarity with the 780,000 small farms that need help and improvement of production and viability.

### **Producing more and better**

Producing more by extending the cultivated areas (this is still possible in sub-Saharan Africa, South America and, to a less extent in North America), but without seriously affecting the natural ecosystems (especially tropical and equatorial forests). The challenge relays also on producing more by intensifying agriculture through the use of efficient agronomic practices which respect environment and rehabilitating soil and improving its fertility (in Africa, about 500 million hectares are degraded and this leads to a yearly shortfall of around 30 billion Euros) thanks to chemical and organic fertilizers. The African farmer uses on average 8 kg of chemical fertilizers per hectare, while the Chinese farmer uses 20 times more. Increased use is needed to increase food production, as was the case in Malawi, through direct support of the Government in the purchase of fertilizers by farmers, and this practice is underway in Tanzania, Kenya and other countries.

Conversely, the use of fertilizers should be reduced in industrialized countries and efforts should be devoted to enhance their uptake by crops. The same policy applies to biocides and pesticides.

Water should be the object of all efforts of economy and efficiency in its use, and throughout the world. The practice should be guided by efficiency; that is producing more per unit volume of consumed water, improving and controlling irrigation systems and struggling against waste and losses. Producing better is in fact, reducing post-production losses which can reach up to 30% of crops, due to the absence of adequate storage conditions, or means for rapid transport to markets or the absence of a cold chain for food preservation. Producing better, is also changing our consumption habits, often wasteful in rich populations or those with medium or high living standard.

It's also a better benefit from nutritional qualities of local or traditional varieties, when these qualities are scientifically proven. It is also recommended using the Biofortification of major crops (cereals, legumes, roots and tubers) to include essential nutrients (vitamins and trace elements, fatty acids, amino acids).

### **Concluding remarks**

Producing more and better, i.e. increasing the global food offer, while being aware of systematically reducing wastage and losses from farm to consumers can help to improve this offer, knowing that also distribution problems exist within the same country or between countries or regions, but ultimately we will need more food of better health and nutritional quality, as well as an agricultural practice more respectful of the environment, where familial and small-scale agriculture is an absolute priority. These are needed primary means for reducing poverty in the world.

The challenge for feeding 9 billion people worldwide in 2050 requires doubling food production and restoring the priority of agriculture and rural development on the political and economical agenda of governments.

## LISTE DES PARTICIPANTS à la session de février 2009

### Membres de l'Académie

Prénom et NOM	PROFESSION	FONCTION	COLLEGE
Driss ABOUTAJDINE	Professeur STIC Faculté des Sciences, Rabat	Membre résident	SMI
Daoud AIT-KADI	Professeur Productique-génie industriel Université Laval, Canada	Membre résident	SMI
Mohamed AIT-KADI	Professeur Président du Conseil Général du Développement Agricole	Membre résident	STETM
Omar ASSOBBHEI	Professeur Sciences de la mer Faculté des Sciences El Jadida	Membre correspondant	STETM
Ismail AKALAY	Directeur Général de l'Hydrométallurgie MANAGEM (ONA)	Membre correspondant	CITIT
Abdelmalek AZIZI	Professeur Mathématiques Faculté des Sciences, Oujda	Membre correspondant	SMI
Mohammed BELAICHE	Professeur Physique ENS, Rabat	Membre correspondant	SPC
Rachid BENMOKHTAR BENABDELLAH	Président de l'Université Al Akhawayn, Ifrane	Membre résident	ESDE

Collèges (abréviations):

- SPC : Sciences Physique et Chimiques
- STV : Sciences et Techniques du Vivant
- SMI : Sciences de la Modélisation et de l'Information
- ESDE : Etudes Stratégique et Développement Economique
- ITIT : Ingénierie Transfert et Innovation Technologique
- STETM : Sciences et Techniques de l'Environnement de la Terre et de la Mer

## LISTE DES PARTICIPANTS (suite)

Prénom et NOM	PROFESSION	FONCTION	COLLEGE
Abdelilah BENYOUSSEF	Professeur Physique Faculté des Sciences, Rabat	Membre résident	SPC
Abdellatif BERBICH	Professeur Médecine interne Faculté de Médecine -Rabat Secrétaire Perpétuel de l'Académie du Royaume	Membre résident	STV
Mohamed BERRIANE	Doyen, Faculté des Lettres	Membre correspondant	ESDE
Mohamed BESRI	Professeur Plant Pathology Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat	Membre correspondant	STV
Jean-Jacques BONNET	Professeur Université Paul Sabatier Directeur du Laboratoire de Chimie de Coordination	Membre associé	SPC
Badia BOUAB	Professeur Paléontologie Faculté des Sciences - Rabat	Membre correspondant	STETM
Yahia BOUGHALEB	Professeur de Physique Doyen, Faculté des Sciences El Jadida	Membre correspondant	SPC
Ali BOUKHARI	Professeur de Chimie Doyen, Faculté des Sciences Kénitra	Membre correspondant	ITIT
Tijani BOUNAHMIDI	Vice-Président Université Mohamed V Agdal - Rabat	Membre correspondant	ITIT
Mostapha BOUSMINA	Professeur Département-génie chimique Chaire du Canada sur la physique des polymères et les nanotechnologies	Chancelier Membre résident	SPC

## LISTE DES PARTICIPANTS (suite)

<b>Prénom et NOM</b>	<b>PROFESSION</b>	<b>FONCTION</b>	<b>COLLEGE</b>
Juan Carlos CASTILLA ZENOBİ (Chili)	Membre de l'Académie Nationale des USA. Facultad de Ciencias Biológicas Departamento de Ecología & Centro de Estudios Avanzados en Ecología & Biodiversidad	Membre associé	STETM
Mohammed CHERKAOUİ	Professeur – Physique Université du Metz - France	Membre correspondant	SPC
Rajaa EL MOURSLI	Professeur de Physique Faculté des sciences- Rabat	Membre correspondant	SPC
Taïeb CHKILI	Professeur Neurologie Président Université Mohammed V-Souissi	Membre résident	STV
JEAN DERCOURT (France)	Professeur de Géologie Université Pierre et Marie Curie (Paris) Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences (France)	Membre associé	STETM
Rajae EL AOUAD	Professeur de Génétique Directrice Institut d'Hygiène - Rabat	Membre résident	STV
Noureddine EL AOUI	Professeur d'économie Faculté de Droit - Rabat	Membre résident	ESTE
Ahmed EL HASSANI	Directeur l'Institut Scientifique Université Mohamed V	Membre résident	STETM
Abdelhaq EL JAI	Professeur - Mathématiques Laboratoire de Théories des Systèmes Université Perpignan - France	Membre résident	SMI
Mokhtar ESSASSI	Professeur - Chimie Faculté des Sciences - Rabat	Membre résident	SPC

## LISTE DES PARTICIPANTS (suite)

Prénom et NOM	PROFESSION	FONCTION	COLLEGE
OMAR FASSI-FEHRI	Professeur de Mécanique Faculté des Sciences-rabat	Membre résident Secrétaire Perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques	SPC
Gerald G. FULLER (USA)	Fellow of the Academy of Engineering Department Chemical Engineering (Stanford University)	Membre associé	SPC
Francisco GARCIA- GARCIA (Mexique)	Director General de Gestión Forestal y Suelos Secretario de Medio Ambiente	Membre associé	STV
MALIK GHALLAB	INRIA-France Délégué Général à la recherche et au transfert pour l'innovation	Membre résident	SMI
Moustpha KASSE (Sénégal)	Directeur National du PTCI Faculté des Sciences Economiques et de Gestion	Membre associé	CESDE
Nadia GHAZZALI	Professeur Titulaire de la Chaire de recherche CRSNG-Industrielle Alliance sur les femmes en sciences et génie Départ. Maths et de Statistique Université Laval (Québec)	Membre correspondant	SMI
Claude GRISCELLI (France)	Institut Necker Faculté de Médecine-Université René Descarte - France	Membre associé	STV
Mohammed JELLALI	Ingénieur en Hydraulique Conseiller auprès du Premier Ministre	Membre résident	STETM
Abderrahim MAAZOUZ	Professeur – INSA Départ. de Génie Mécanique Conception Lyon – France	Membre résident	ITIT

**LISTE DES PARTICIPANTS (suite)**

<b>Prénom et NOM</b>	<b>PROFESSION</b>	<b>FONCTION</b>	<b>COLLEGE</b>
Carlos MARTINEZ-ALONSO (Espagne)	Professeur d'immunologie Président- Conseil Supérieur de la Recherche Scientifique (CSIC – Madrid)	Membre associé	STV
Abdelaziz MEZIANE BELFKIH	Conseiller de Sa Majesté le Roi Mohammed VI Président délégué du Conseil Supérieur de l'Enseignement	Membre résident	CESDE
Sellama NADIFI	Professeur de Génétique et immunologie Faculté de Médecine - Casablanca	Membre correspondant	STV
Driss OUAZAR	Professeur Hydromécanique (EMI) Université Mohamed V Agdal, Rabat	Membre résident	STETM
Youssef OUKNINE	Professeur Faculté des Sciences Université Cadi Ayyad Marrakech	Membre résident	SMI
Valeriano RUIZ HERNANDEZ (Espagne)	Professeur à la Escuela Técnica Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla	Membre associé	ITIT
El Hassan SAIDI	Professeur – Physique Faculté des Sciences, Rabat	Membre résident	SPC
ALBERT SASSON	Professeur Sciences biologiques Consultant auprès UNESCO	Membre résident	STV
Abdelaziz SEFIANI	Professeur Faculté de Médecine - Rabat Directeur Département Génétique médicale (INH) Rabat	Membre correspondant	STV

**LISTE DES PARTICIPANTS (suite)**

<b>Prénom et NOM</b>	<b>PROFESSION</b>	<b>FONCTION</b>	<b>COLLEGE</b>
Khalid SEKKAT	Professeur – Economie Université Libre de Bruxelles Belgique	Membre correspondant	ESDE
Zouheir SEKKAT	Professeur Nanotechnologies - AUI (School of Science and Engineering) Osaka University	Membre correspondant	SPC
Philippe A. TANGUY (Canada)	Professeur -Département of Chemical Enginnering Ecole Polytechnique de Montréal	Membre associé	ITIT
Marcelo DE SOUSA VASCONCELOS (Portugal)	Chairman Administrative Board Community Fisheries Control Agency (Agence Communautaire de Contrôle de Pêches)	Membre associé	STETM
André ZAQUI (France)	Professeur Micromécanique des Matériaux Ecole Polytechnique Membre de l'Académie des Sciences	Membre associé	SPC
Mahfoud ZIYAD	Professeur de Chimie Vice Doyen Faculté des Sciences - Rabat	Membre correspondant	ITIT

## **LISTE DES INVITES** **ayant présenté une communication**

<b>Prénom et NOM</b>	<b>Affiliation</b>
Aziz AKHANNOUCH	Ministère de l'Agriculture et de la pêche Maritime, Maroc
Chandra A. MADRAMOOTOO	Faculty of Agricultural and Environmental Sciences McGill University, Montreal, Canada
Fouad GUESSOUS	Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6202, Al Irfane, Rabat-10100, Maroc
François DELPEUCH	Institut de Recherche pour le Développement Montpellier, France & Rabat, Maroc
Mark ROSEGRANT	International Food Policy Research Institute (IFPRI), USA
Mohamed BADRAOUI	Institut National de la Recherche Agronomique, BP 415, avenue de la Victoire, Maroc
Mohammed SADIKI	Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6202, Al Irfane, Rabat-10100, Maroc
Najib ABDENOURI	Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech, Maroc
Sabah BENJELLOUN	Professeur de nutrition humaine
Tamá NEMETH	Secrétaire Général de l'Académie des Sciences de Hongrie
Zouheir BEN KHALDOUN	Faculté des sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc



ومن البديهي اليوم أكثر من أي وقت مضى أن في قلب هذه الإستراتيجية نجد أن العنصر البشري هو الأساس ويجب تعبئة الكفاءات كميًا نوعيًا؛ إن نجاح هذه الإستراتيجية لا يكمن في الموارد المالية والمادية التي يجب توفيرها بقدر ما هو رهين بتوفير الموارد البشرية الضرورية من باحثين ومهندسين وأطر وتقنيين.

إن تعبئة هذه الموارد المادية والبشرية يجب أن تتجه نحو القطاعات التي تتوفر فيها بلادنا على مواقع طبيعية متميزة كالصناعة الزراعية والمعادن والكيمياء والثروات السمكية، وكذلك نحو القطاعات الإستراتيجية والحيوية التي لا مناص للاهتمام بها مثل الطاقة والماء والقضايا المتعلقة بالتغذية والصحة والبيئة.

أصحاب السعادة، سيداتي سادتي،

في نهاية هذه الكلمة يشرفني أن أتوجه بالشكر الجزيل إلى جميع الشخصيات التي أبت إلا أن تشرفنا بحضورها ومشاركتها في هذه الجلسة الافتتاحية للدورة الرسمية العامة للأكاديمية. كما أتوجه بالشكر الجزيل، إلى جميع الشخصيات العلمية البارزة، التي أتت من خارج وداخل المملكة، على قبولها دعوتنا للمشاركة وتقديم محاضرات أو عروض علمية خلال هذه الدورة.

كما أقدم بجزيل الشكر لصديقي الأستاذ عبد اللطيف بريش، أمين السر الدائم لأكاديمية المملكة وإلى جميع العاملين معه، على كل المساعدات والتسهيلات اللوجيستية التي يقدمها كعادته لتنظيم دوراتنا الرسمية.

أريد كذلك أن أقدم بالشكر الحار لأعضاء مجلس الأكاديمية ولجنة الأعمال والهيئات العلمية وجميع العاملين في إدارة الأكاديمية الذين يرجع لهم الفضل في تحضير هذه الدورة في أحسن الظروف.

وفي الختام، أتوجه بالدعاء إلى الباري جلّت قدرته، أن يكمل أشغالنا بالنجاح والتوفيق حتى تصبح هذه المؤسسة منارا في خدمة التعاون العلمي وإشعاع العلم والمعرفة، وترقى إلى ما يطمح لها صاحب الجلالة الملك محمد السادس نصره الله وأيده، بأن يكون هدفها هو «خدمة الوطن، والإسهام في تنمية العلوم بأبعادها الكونية».

شكرا على حسن إصغائكم واستماعكم.

وما الأزمة المالية العالمية التي برزت خلال نفس السنة لتهدد إضافي للأمن الغذائي العالمي، إنه يوجد اليوم في العالم حوالي مليار من البشر يعانون من الجوع من بينهم 830 مليون يعيشون في البلدان النامية. ومن المحتمل أن يتفاقم هذا الوضع في بعض المناطق من العالم ولاسيما القارة الإفريقية وخاصة الضفة الجنوبية المتوسطة، نتيجة الظروف الطبيعية الغير الملائمة.

لا شك إذا أن يشكل الأمن الغذائي العالمي أحد أهم التحديات التي علينا مواجهتها خلال هذا القرن؛ لذلك ارتأت أكاديمتنا أن تخصص الموضوع العلمي العام لهذه الدورة للازمة الغذائية العالمية، مما سيسمح بتقييم الوضع ودراسة السيناريوهات لإيجاد الحلول خصوصا لمواجهة الحاجيات على مستوى التغذية والصحة؛ كما سيسمح بالتفكير العميق والنقاش المثمر من أجل تحديد أحسن الطرق وأجمع السبل لتمكين العلوم والتكنولوجيا من المساهمة في معالجة أسباب هذه الازمة وتخفيف أثارها. وقد سنستمع بسرور كبير واهتمام عميق العرض الذي سيقدمه مشكورا السيد وزير الفلاحة والصيد البحري حول كيفية مواجهة هذه الازمة من لدن بلادنا وذلك من خلال برنامج المغرب الأخضر.

أصحاب السعادة، سيداتي سادتي،

يصادف انعقاد هذه الدورة بالاحتفال العام بالسنة الدولية لعلوم الفلك تحت شعار "الكون : اكتشفوا أسرارها" الذي دعت إليه منظمة الأمم المتحدة واليونسكو. واحتفاءً بهذا الحدث قامت ما يزيد من 140 دولة من بينها المغرب بتكوين لجان وطنية للأحياء الذكرى السنوية الأربعمئة لاستعمال غاليليو للتلسكوب لأول مرة، كما أنها تشكل الذكرى السنوية الأربعين لهبوط أول إنسان على سطح القمر.

إن علم الفلك يبقى ليس فقط بمثابة العلم الذي صاحب الإنسانية وكل الحضارات والثقافات خلال تاريخها، بل كان مصدر للاكتشافات العلمية والابتكارات التكنولوجية الكبرى.

وقد تشارك أكاديمتنا في هذه المبادرة العلمية الدولية، بتنظيم جلسة مخصصة للعلوم الفلكية الفلكية التي تسمح بتشجيع روح الاستكشاف عند الشباب وتعزيز الثقافة العلمية لديه. كما أن هذه الدورة تخصص جلسة لموضوع الطاقة والابتكار التكنولوجي، لما لهذا الموضوع من أهمية بالغة خاصة بالنسبة لبلادنا ونتمنى أن يخلص النقاش حول هذا الموضوع إلى تحديد مشاريع بحث ملموسة تدعمها الأكاديمية.

أصحاب السعادة، سيداتي سادتي،

من المحتمل أن تقوي المجتمعات القائمة على العلم والمعرفة سيطرة أكبر على العالم وأن تعزز نفوذها على الأسواق والمبادلات العالمية. إننا نلاحظ في زمن العولمة أن الأسواق العالمية تتطور بشكل سريع وأن قضايا التنافسية والتنمية والشغل مرتبطة؛ وأمام هذه الوضعية، لا يمكن للمغرب أن يظل خارج هذه الحركة حتى لا يبقى على الهامش؛ إنه أصبح من الضروري اليوم أن تتوفر بلادنا على قاعدة علمية وتكنولوجية قوية، قادرة على إنتاج معارف جديدة تؤدي إلى تحديث البلاد والرفع من مستواه العلمي والتكنولوجي وإلى توفير التنمية الاقتصادية والاجتماعية.

## بسم الله الرحمن الرحيم

أصحاب السعادة،  
السيدات والسادة أعضاء الأكاديمية،  
سيداتي سادتي،

إنني بفخر واعتزاز أتناول الكلمة خلال هذه الجلسة الافتتاحية للدورة العامة الرسمية الرابعة لأكاديميتنا، كما أشعر بغبطة أكيدة أن نلتقي مجدداً لنفي بإحدى أهم مواعيد مؤسستنا، التي تتيح لنا الفرصة للاجتماع بصفة منتظمة حول أهم القضايا والتساؤلات التي تهم المجتمع. وبعملنا هذا ننخرط في إطار التوجيهات الملكية التي جاءت في خطابه السامي عند تنصيب أكاديميتنا حين أكد "على أهمية الدور الفاعل الذي يقوم به علماءنا بصفة عامة، وأعضاء الأكاديمية بصفة خاصة في الإسهام في رفع ما تطرحه التنمية من تحديات، ولا سيما منها تلك المرتبطة بالتنمية البشرية".

وقد أضاف جلالته "وفي هذا الصدد يتعين على البحث العلمي والتطور التكنولوجي، والتجديد والابتكار، أن يكون في خدمة هذا الورش الحيوي، الهادف إلى النهوض بأوضاع مواطنينا، وصون كرامتهم، والعمل الدؤوب على إدماجهم في مجتمع المعرفة".

إن الدورة العامة الرسمية لأكاديميتنا تعتبر لحظة متميزة، إذ تمكننا من التأكد أننا نضطلع بمهامنا، كما تسمح لنا بالتشاور حول أنجع السبل للقيام بمهامنا على أحسن وجه. إنها كذلك فرصة للتعرف على آخر الإنجازات في ميدان العلوم في المغرب وخارج المغرب، وأخيرا لا شك أم نثل هذه الاجتماعات ترسخ مكانة بلادنا كارض للحوار، وملتقى لرجال العلم والمعرفة.

أصحاب السعادة، سيداتي سادتي،

في فبراير من سنة 2008، أي منذ سنة كاملة، انعقدت الدورة العامة الرسمية الثالثة لأكاديميتنا حول موضوع علمي خصص لتخليد "السنة الدولية للأرض". ويتمحور الموضوع العلمي العام لهذه الدورة حول "دروس الأزمة الغذائية العالمية: الإستراتيجيات الزراعية الغذائية ومساهمة البحث العلمي".

واختيار هذا الموضوع راجع للانشغال القوي الذي أصاب الجميع، سلطات عمومية، مجموعات علمية ومواطنين عاديين، أمام أسباب وانعكاسات الازمة الغذائية العالمية التي ظهرت خلال السنة المنصرمة.

إن انعقاد المؤتمر رفيع المستوى للأمن الغذائي العالمي في شهر يونيو 2008 بروما، والمؤتمر العالمي المنعقد في شهر يناير 2008 حول «الأمن الغذائي للجميع» بمدريد يعبران عن الانشغال البالغ للمجموعة الدولية، وشعورها بالاهمية المتزايدة للعمل على توفير تغذية كافية، سليمة ومتوازنة، باعتبارها أساسا للتنمية، والاستقرار الاجتماعي والعيش الحر الكريم.

كلمة الأستاذ عمر الفاسي الفهري  
أمين السر الدائم لأكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات  
في  
الجلسة الافتتاحية الرسمية لاشغال الدورة العامة الرابعة  
لأكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات

- الرباط، الأربعاء 25 فبراير 2009 -



مدعوة من المغرب ومن خارجه. كما تطرقت الدورة إلى موضوع البحث العلمي في ميدان الزراعة وكيف يمكن أن يساهم في حل الازمة وتوفير إنتاج زراعي أوسع وأجود.

وقد استمع المشاركون وسجلوا بكل فخر واعتزاز مضمون «مخطط المغرب الأخضر» الذي اعتمده حكومة صاحب الجلالة، بتوجيه من جلالتم، كاستراتيجيه وطنية جديدة تهدف إلى تحقيق تنمية فلاحية طموحة، وإلى ضمان أمن غذائي مستدام، ومواجهة التحديات المرتبطة بالتغيرات المناخية.

كانت أشغال هذه الدورة كذلك مناسبة للاحتفاء بالسنة الدولية لعلوم الفلك تحت شعار «الكون: اكتشفوا أسرارهم»، التي دعت إليها منظمة الأمم المتحدة واليونسكو بهدف تشجيع روح الاستكشاف خصوصا عند الشباب لتعزيز الثقافة العلمية لديه، مما سمح لبعض الأكاديميين والمدعوين بتقديم مداخلات علمية في الموضوع. كما تدارس المشاركون موضوع الطاقة المتجددة وخاصة الشمسية نتج عنه تحديد محاور يمكن تشجيع البحث العلمي حولها في بلادنا.

حفظكم الله، يا مولاي، بما حفظ به الذكر الحكيم، وأبقاكم ذخرا وملاذا لهذه الأمة، تجددون لها أمرها، وتعلون صروح مجدها، وترفعون راية عزها ومنعتها، وأقر عينكم بولي عهدكم صاحب السمو الملكي الأمير الجليل مولاي الحسن، وشد أزركم بشقيقتكم السعيد صاحب السمو الملكي الأمير المولى الرشيد، وبسائر أفراد الأسرة الملكية الشريفة، إنه على ما يشاء قدير، وبالإجابة جدير.

والسلام على السدة العالية بالله ورحمة الله تعالى وبركاته.

خديم الأعتاب الشريفة  
عمر الفاسي الفهري

حرر بالرباط في 2 ربيع الأول 1430  
الموافق ل 27 فبراير 2009

## بسم الله الرحمن الرحيم، والصلاة والسلام على أشرف المرسلين

### مولاي صاحب الجلالة

بعد تقديم ما يليق بمقام سيدنا المنصور بالله من فروض الطاعة والولاء، ومكين التعلق والوفاء، يتشرف خديم الاعتاب الشريفة عمر الفاسي الفهري، امين السر الدائم لأكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات، بمناسبة اختتام الدورة العامة الرسمية الرابعة للأكاديمية، أصالة عن نفسه، ونيابة عن أعضاء الأكاديمية المشاركين في هذه الدورة المنعقدة بعاصمة مملكتكم أيام الأربعاء والخميس والجمعة 29 صفر و01 و02 ربيع الأول 1430 هجرية، موافق ل 25 و26 و27 فبراير 2009 ميلادية، أن يتقدم إلى صاحب الجلالة، بأصدق آيات التفاني والإخلاص، وبأسمى مشاعر التقدير والاحترام، معبرا لجلالتكم عن تجند كافة أعضاء الأكاديمية وراء قيادتكم الرشيدة لتحقيق كل ما ترغبونه لشعبكم الوفي من رفعة وتقدم وهناء، وعن تعيبتهم الدائمة للانخراط في كل ما تخططونه من أجل رقي وازدهار مملكتكم الشريفة، داعين الله تبارك وتعالى أن يعين جلالتم على السير قدما بهذا البلد الأمين نحو مزيد من التحديث والتطوير والرقي، حتى يظل منعما بالسلام والرخاء والاستقرار، وتتواصل مسيرة نهضته المباركة في ظل عهد جلالتم الزاهر.

### مولاي صاحب الجلالة

جاءت هذه الدورة استمرارا للمحطات السابقة من عمل الأكاديمية، مركزين الاهتمام على الإسهام في رفع ما تطرحه التنمية من تحديات، وحريصين على العمل من أجل تنمية بحث علمي متقدم، ومستحضرين دائما أن الهدف الأسمى يظل هو خدمة هذا الوطن العزيز، مستنيرين في ذلك بتوجيهاتكم الجليلة ونصائحكم السديدة التي ما فتئتم تولونها باستمرار لتعزيز البحث العلمي حتى يرقى إلى المكانة الرفيعة في سلم القيم الوطنية، وهي توجيهات تعبر عن رغبة جلالتم الأكيدة في أن تصبح أكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات، التي تحظى بشرف رعايتكم السامية، مرجعا في مجالات العلم والتكنولوجيا، وتساهم في تنمية العلوم بأبعادها الكونية.

### مولاي صاحب الجلالة

تمحورت أشغال الدورة العامة الرسمية الرابعة حول موضوع «دروس الأزمة الغذائية العالمية: الإستراتيجيات الزراعية الغذائية ومساهمة البحث العلمي». وقد انكب المشاركون على تقييم الوضع ودراسة السيناريوهات لإيجاد الحلول لهذه الأزمة لمواجهة الحاجيات على مستوى التغذية والصحة؛ كما عمق المشاركون التفكير في تحديد أحسن الطرق وأنجع السبل لتمكين العلوم والتكنولوجيا من المساهمة في معالجة أسبابها وانعكاساتها والتخفيف من أثارها. وفي هذا الصدد، تم تقديم عدة عروض علمية من قبل عدد من أعضاء الأكاديمية وعلماء باحثين وشخصيات

نص البرقية المرفوعة  
إلى السدة العلية بالله  
صاحب الجلالة الملك محمد السادس

وفي جلسة مغلقة، تابعت الأكاديمية أشغالها بانتخاب خمسة أكاديميين أعضاء في لجنة الأعمال. وبهم الأمر السادة: رشيد بنمختار بنعيد الله (أعيد انتخابه)، محمد آيت قاضي (تم انتخابه)، فيليب تانجي (تم انتخابه)، مختار الساسي (تم انتخابه) وإدريس وزار (أعيد انتخابه).

خلال الجلسة الختامية، تناول الكلمة السيد أمين السر الدائم حيث تطرق لأهم النتائج التي تم استخلاصها من هذه الدورة، وأكد على جودة وغناء المداخلات والمناقشة، كما ذكر كذلك بالأعمال التالية التي يجب القيام بها في الشهر المقبل:

- القيام بمتابعة مشاريع البحث الممولة من طرف الأكاديمية،
- عقد دورة عادية بتاريخ 14 مارس 2009 للمصادقة على الوثيقة حول البحث العلمي في المغرب والتفكير في تفعيل التوصيات التي جاءت في هذه الوثيقة،
- القيام بمتابعة جميع الخلاصات الناتجة عن الحوار والمناقشة حول مواضيع الدورات الرسمية العامة والندوة حول التكنولوجيا الإحيائية الطبية (biotechnologie médicale)،
- العمل على تحيين مؤشرات العلوم والتكنولوجيات على مستوى التخصصات العلمية،
- تقوية انفتاح الأكاديمية على الخارج والعمل على تنمية التعاون مع مختلف المؤسسات العلمية والتقنية،
- الانفتاح على المحيط الدولي،
- إصدار المجلة العلمية للأكاديمية،
- تفعيل محتوى اتفاقيات الشراكة والتعاون الموقعة بين الأكاديمية والمؤسسات الوطنية والأجنبية،
- تنظيم الولىمبياد على مستوى الأكاديميات الجهوية للتربية والتكوين بهدف تنمية الموارد البشرية في العلوم والتكنولوجيا ومكافأة أحسن الفائزين في الأقسام النهائية،
- تفعيل تقديم الجوائز المنصوص عليها في النظام الداخلي للأكاديمية.

بعد ذلك تم اختتام أشغال هذه الدورة بتلاوة البرقية المرفوعة من طرف الأكاديميين إلى صاحب الجلالة الملك محمد السادس نصره الله والمشفوعة بمشاعر التقدير والشكر والامتنان.

- العمل على إنجاز عملية التقييم على جميع المستويات بالتزام وتعاون جميع أعضاء الأكاديمية.
- تعزيز الهيئات العلمية بالخبراء من القطاع الخاص.
- تنظيم الزيارات لمراكز البحث القطاعية وتنمية التبادل معها.

**الجمعة 01 ربيع الأول 1430 الموافق ل 27 فبراير 2009 زوالا**  
**اجتماع الهيئات العلمية واختتام الدورة العامة**

خلال جلسة يوم الجمعة بعد الزوال، تابعت الأكاديمية أشغالها باجتماع كل هيئة علمية على حدة لانتخاب المدير و نائب المدير لكل هيئة، مما أسفر على النتائج التالية:

- **هيئة علوم وتقنيات الأحياء**  
المدير: إعادة انتخاب السيد ألبير ساسون  
نائب المدير: إعادة انتخاب السيدة رجاء العواد
- **هيئة علوم وتقنيات البيئة والأرض والبحر**  
المدير: إعادة انتخاب السيد أحمد الحسني  
نائب المدير: إعادة انتخاب السيد محمد جلال
- **هيئة علوم الفيزياء والكيمياء**  
المدير: إعادة انتخاب السيد عبد الإله بن يوسف  
نائب المدير: إعادة انتخاب السيد حسن السعيدي
- **هيئة علوم التنظيم والإعلام**  
المدير: انتخاب السيد يوسف أكنين  
نائب المدير: انتخاب السيد عبد المالك عزيزي
- **هيئة علوم الهندسة، الإبداع والنقل التكنولوجي**  
المدير: انتخاب السيد إسماعيل ألقلي  
نائب المدير: انتخاب السيد محفوض زياد
- **هيئة الدراسات الإستراتيجية والتنمية الاقتصادية**  
المدير: إعادة انتخاب السيد نور الدين العوفي  
نائب المدير: إعادة انتخاب السيد محمد بريان

بعد ذلك، اجتمع مديرو الهيئات لانتخاب ثلاثة مديرين يمثلون الهيئات العلمية في مجلس الأكاديمية. ويهم الأمر الاساتذة: ألبير ساسون (أعيد انتخابه) وأحمد الحسني (أعيد انتخابه) ويوسف أكنين (تم انتخابه).

- «تكتيف الطاقة الشمسية وتعامل المواد في ظروف حرارة شديدة» من طرف ناجي عبد النوري، أستاذ بكلية العلوم والتقنيات بجامعة القاضي عياض بمراكش (المغرب).

### الجمعة 01 ربيع الأول 1430 الموافق ل 27 فبراير 2009 صباحا تقديم التقرير عن أعمال وأنشطة الأكاديمية خلال سنة 2008

في بداية هذه الجلسة، قدم أمين السر الدائم لأكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات التقرير عن أنشطة الأكاديمية لسنة 2008، حيث تم خلاله عرض مختلف الأعمال والأنشطة التي قامت بها الأكاديمية، بهدف تفعيل المهام الرئيسية للأكاديمية المنصوص عليها في الظهير الشريف المحدث لها وفي إطار التوجيهات والتوصيات التي جاءت في خطاب صاحب الجلالة الملك محمد السادس نصره الله عند تنصيب الأكاديمية. لهذا تم اعتماد خطة عمل متعددة الأشكال تهدف إلى :

- تجسيد التفكير في واقع البحث العلمي في المغرب بتحرير الوثيقة حول المنظومة العلمية الوطنية، منجزاتها وأفاق تطورها،
- النهوض بالبحث العلمي والتكنولوجي من خلال دعم مشاريع البحث والتظاهرات العلمية،
- تنمية نشر الثقافة العلمية ببلادنا خصوصا في اتجاه تلاميذ الإعداديات والثانويات،
- تقوية حضور الأكاديمية على المستوى الدولي،
- إصدار ونشر أعمال الأكاديمية،
- إنهاء بناء مقر الأكاديمية.

بعد هذا التقرير، جرت مناقشة واسعة بين الأكاديميين، أسفرت على التوصيات التالية:

- القيام في أقرب الآجال بتحضير لائحة الخبراء المكلفين بتقييم مشاريع البحث الممولة من طرف الأكاديمية،
- العمل على تحسين إصدار المجلة العلمية للأكاديمية مع اجتناب نشر المداخلات والمحاضرات المقدمة أو المرسله على شكل « power point » ومطالبة المتدخلين والمحاضرين بتقديم أو إرسال ملخص حين يستحيل الحصول على المداخلة أو المحاضرة كاملة.
- العمل على معالجة إشكالية تفعيل التعاون الدولي بتفضيل التشاور بين الهيئات العلمية.
- القيام بعقد اجتماعات متكررة بين مديري الهيئات لضبط تنسيق أكبر بين الهيئات العلمية.
- دعم مشاريع البحث انطلاقا من الميزانية المرصودة واعتبارا للأولويات الوطنية مع مراعاة الدعم المقدم من طرف المؤسسات الوطنية أو الاجنبية الاخرى.
- تطوير وتقوية عمل الهيئات العلمية لتنمية ونشر الثقافة العلمية في اتجاه تلاميذ الإعداديات والثانويات مع إمكانية برمجة هذا العمل على طول السنة.
- التفكير في إمكانية استعمال الوسائل السمعية البصرية والأنباء لتنمية ونشر الثقافة العلمية.
- التفكير في إبرام اتفاقية الشراكة بين الأكاديمية والفدرالية العامة للمقاولات بالمغرب (CGEM).
- إتاحة الفرصة للأعضاء المشاركين بأكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات، لربط علاقات التعاون مع القطاعات العمومية والخاصة بالمغرب.
- تنمية التشاور والتنسيق بين الأكاديمية وباقي المتدخلين في قطاع البحث العلمي.

- الأستاذ فؤاد جسوس، مدير معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرية (المغرب) حول «البحث العلمي في الميدان الحيواني».

**الخميس 30 صفر 1430 الموافق ل 26 فبراير 2009 صباحا**  
متابعة الموضوع العلمي العام حول «دروس الازمة الغذائية العالمية: الإستراتيجيات الزراعية الغذائية ومساهمة البحث العلمي».

خصصت الجلسة الصباحية ليوم الخميس 26 فبراير 2009 لندوة حول «مساهمة البحث العلمي بهدف إنتاج أكثر وأكبر» سيرت من طرف الأستاذ البير ساسون بمساهمة السادة :  
- طاماس نيميت، الكاتب العام لأكاديمية العلوم بدولة المجر،  
- محمد بدرأوي، مدير المعهد الوطني للبحث الزراعي (المغرب)،  
- فرانسيسكو كارسيا كارسيا، عضو مشارك بأكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات، مدير عام للتهيئة الغابوية والمحافظة على التربة (المكسيك)،  
- نور الدين العوفي، عضو مقيم بأكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات، أستاذ بكلية العلوم القانونية والاقتصادية والاجتماعية بجامعة محمد الخامس - أكادال - الرباط (المغرب).

**الخميس 30 صفر 1430 الموافق ل 26 فبراير 2009 زوالا**  
الاحتفاء بالسنة العالمية لعلم الفلك

تحورت الجلسة الأولى ليوم الخميس 26 فبراير 2009 زوالا للاحتفاء بالسنة العالمية لعلم الفلك. وقد تم تقديم 3 مداخلات علمية تتعلق بعلم الفلك وعلوم الكون وهي:  
- «نماذج الكون» من طرف عمر الفاسي الفهري، أمين السر الدائم لأكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات، أستاذ بكلية العلوم بجامعة محمد الخامس - أكادال - الرباط (المغرب)،  
- «الكون في نظرية الخيوط» من طرف الحسن السعيد، عضو مقيم بأكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات، أستاذ بكلية العلوم بجامعة محمد الخامس - أكادال - الرباط (المغرب)،  
- «الرصد في علم الفلك» من طرف زهير بن خلدون، أستاذ بكلية العلوم السملالية بجامعة القاضي عياض بمراكش (المغرب).

**الخميس 30 صفر 1430 الموافق ل 26 فبراير 2009 زوالا**  
الطاقة

خصصت الجلسة الثانية ليوم الخميس 26 فبراير 2009 زولا لموضوع الطاقة، تم خلالها الاستماع إل مداخلتين علميتين تتعلقان بالطاقة والابتكار التكنولوجي في هذا الميدان، وهما :  
- «بطاريا من لتييوم وإيون مغربية يمكن استعمالها في السيارات الكهربائية والهاتف المحمول» من طرف إسماعيل اقلعي، عضو مراسل بأكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات، مدير عام بمؤسسة «مناجم» (المغرب)،

انعقدت الدورة الرسمية العامة الرابعة لأكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات بمقر أكاديمية المملكة بالرباط أيام 29-30 صفر و01 ربيع الأول 1490 الموافق ل 25-26-27 فبراير 2009.

### الأربعاء 29 صفر 1430 الموافق ل 25 فبراير 2009 الجلسة الافتتاحية

و  
الموضوع العلمي العام حول «دروس الأزمة الغذائية العالمية: الإستراتيجيات الزراعية الغذائية ومساهمة البحث العلمي».

انعقدت الجلسة الافتتاحية لأشغال الدورة الرسمية الرابعة لأكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات بمقر أكاديمية المملكة بالرباط يوم الأربعاء 29 صفر 1430 الموافق ل 25 فبراير 2009 على الساعة التاسعة صباحا بحضور الأكاديميين وعدد من الشخصيات المدعوة.

في بداية الجلسة الافتتاحية، تناول الكلمة الأستاذ عمر الفاسي الفهري، أمين السر الدائم لأكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات، وذكر بالبرنامج الكامل لأشغال هذه الدورة وخصوصا بالموضوع العلمي العام للدورة حول «دروس الأزمة الغذائية العالمية : الإستراتيجيات الزراعية الغذائية ومساهمة البحث العلمي».

وخلال الجلسة الافتتاحية تم تقديم عرضين تمهيدين حول هذا الموضوع، الأول من طرف السيد محمد آيت قاضي، مدير الجلسات حول «الازمة الغذائية العالمية، أسبابها ومضاعفاتها»، والثاني من طرف السيد عزيز اخنوش، وزير الفلاحة والصيد البحري حول «برنامج المغرب الأخضر».

مباشرة بعد الجلسة الافتتاحية، تم انتخاب السيد الطيب الشكيلي مديرا للجلسات خلفا للسيد محمد آيت قاضي الذي انتهت ولايته.

بعد ذلك، تابعت الأكاديمية أشغالها بدراسة الموضوع العلمي العام لهذه الدورة في جلستين، الأولى يوم الأربعاء صباحا حول موضوع «الازمة الغذائية العالمية و سيناريوهات حلها» من طرف: - الأستاذ شاندر أ. مادراموتو، عميد كلية علوم الزراعة والبيئة بجامعة ماك جيل (كندا) حول «حلول الأزمة».

- الأستاذ مارك روزغرانت، مدير قسم البيئة وتكنولوجيات الإنتاج بالمعهد الدولي للبحث في ميدان السياسات الغذائية (الولايات المتحدة الأمريكية) حول «سيناريوهات تطور الازمة»، والثانية يوم الأربعاء زوالا حول موضوع «التغذية والصحة»، تم خلالها تقديم 4 مداخلات علمية من طرف:

- الأستاذ فرانسيس ديلبيش، مدير البحث بمعهد البحث من أجل التنمية (فرنسا) حول «الرهانات الغذائية للازمة : مشاكل جديدة أم تفاقم في وضعية ثابتة».

- الأستاذة صباح بنجلون، أستاذة بمعهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرية (المغرب) حول «التغذية والصحة بالمغرب : من تشعب الوضعية إلى تعدد الأجوبة».

- الأستاذ محمد بدراوي، مدير المعهد الوطني للبحث الزراعي (المغرب) حول «البحث العلمي في الميدان النباتي».

محضر أشغال الدورة الرسمية العامة لأكاديمية  
الحسن الثاني للعلوم والتقنيات  
لسنة 1430 هجرية الموافق لسنة 2009 ميلادية



## مقدمة

عقدت أكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات دورتها الرسمية العامة الرابعة أيام 25، 26 و27 فبراير 2009؛ وقد كان الموضوع العلمي العام لهذه الدورة يتمحور حول «الدروس المستخلصة من الازمة العالمية للتغذية : الإستراتيجيات الزراعية للتغذية ومساهمة البحث العلمي».

وخلال الجلسة الافتتاحية استمع الأكاديميون إلى عرض حول «مخطط المغرب الأخضر» الذي قال عنه صاحب الجلالة الملك محمد السادس نصره الله في المؤتمر الذي نظمته منظمة الأمم المتحدة للتغذية والزراعة (روما، يونيو 2008) : «... وفي هذا السياق، اعتمدت حكومة المملكة المغربية مؤخرا، بتوجيه من جلالتنا، «مخطط المغرب الأخضر» كاستراتيجية وطنية جديدة تهدف إلى تحقيق تنمية فلاحة طموحة. ويعد هذا المخطط برنامجا براغماتيا لتحقيق تنمية سريعة للفلاحة المغربية ونتاج خام إضافي سنوي، في مستوى إمكانات بلادنا. إن هذا المخطط يرمي إلى جعل القطاع الفلاحي أهم محركات تنمية الاقتصاد الوطني على مدى خمسة عشرة سنة. وذلك بالانتقال من التصور التقليدي الذي كان يقابل بين الفلاحة العصرية والفلاحة الاجتماعية إلى منظور استراتيجي يلائم جميع الفئات والجهات، ...».

وخلال الدورة، خصصت جلسة للاحتفاء بالسنة الدولية لعلم الفلك، وكان الهدف منها إبراز مدى أهمية علم الفلك والفيزياء الفلكية في التكوين العلمي والتطور التكنولوجي. وقدمت كذلك مداخلات حول موضوع الطاقة والابتكار التكنولوجي في مجال الطاقة. وقد تبين شهورا معدودة بعد الدورة حالة هذا الموضوع وأهميته الإستراتيجية باعتبار القرارات التاريخية التي اتخذها صاحب الجلالة في مجال استعمال الطاقة الشمسية.

ونقدم اليوم من خلال هذا المؤلف مجموع وقائع وأشغال الدورة العامة لسنة 2009، مؤكدين على سعينا المستمر ألا وهو الاقتراب أكثر فأكثر من الهدف النبيل الذي وضعه صاحب الجلالة لمؤسستنا عند تنصيبها «خدمة الوطن والإسهام في تنمية العلوم بأبعادها الكونية».

عمر الفاسي الفهري  
أمين السر الدائم



المملكة المغربية  
أكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات



أشغال الدورة العامة الرسمية  
لسنة 2009

الرباط 25 - 27 فبراير 2009





صاحب الجلالة الملك محمد السادس - حفظه الله -  
راعي أكاديمية الحسن الثاني  
للعلوم والتقنيات