

Science, enseignement et technologie pour le développement de l'Afrique

Science, Education and Technology for Africa's Development

Livret stratégique du Colloque Dakar 2012
Strategic booklet of the 2012 Dakar Symposium



Présidents / Chairmen

Professeur François GROS
Professeur Ahmadou Lamine NDIAYE

Édition scientifique / Scientific editors

Professeur Doudou BA
Professeur Odile MACCHI



**Science, enseignement et technologie
pour le développement de l'Afrique**

**Science, Education and Technology
for Africa's Development**

Livret stratégique du Colloque Dakar 2012

Strategic booklet of the 2012 Dakar Symposium

Science, enseignement et technologie pour le développement de l'Afrique

Science, Education and Technology for Africa's Development

Colloque international
International symposium

Dakar, 30 octobre - 3 novembre 2012

Organisé conjointement par
l'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal (ANSTS),
et
l'Académie des sciences de l'Institut de France par son Comité pour
les pays en développement (COPED)

Jointly organized by
The National Academy of Sciences and Technics of Senegal and
The French Academy of Sciences through its Committee for Develop-
ing Countries

Présidents / Chairmen
Professeur **François GROS**
Secrétaire perpétuel honoraire de l'Académie des sciences de France
Professeur **Ahmadou Lamine NDIAYE**
Président de l'Académie Nationale des Sciences et Techniques
du Sénégal

Édition scientifique / Scientific edition
Professeur **Doudou BA**
Secrétaire perpétuel de l'Académie Nationale
des Sciences et Techniques du Sénégal
Professeur **Odile MACCHI**
Membre de l'Académie des sciences, Vice-Présidente du COPED



Copyright © 2013 Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal (ANSTS), et l'Académie des sciences de l'Institut de France par son Comité pour les pays en développement (COPED)

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit (électronique, mécanique, photocopie, enregistrement, quelque système de stockage et de récupération d'information) des pages publiées dans le présent ouvrage faite sans autorisation écrite de l'éditeur, est interdite.

Avertissement :

Les textes publiés dans ce volume n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs. Pour faciliter la lecture, la mise en pages a été harmonisée, mais la spécificité de chacun, dans le système des titres, le choix de transcriptions et des abréviations, l'emploi de majuscules, la présentation des références bibliographiques, etc., a été le plus souvent conservée.

Sommaire

Éditorial	1
Odile Macchi et Aminata Sall Diallo	
Chapitre I. Le colloque en lui-même.....	3
Doudou Ba et Odile Macchi	
Chapitre II. Recommandations issues des débats.....	7
Rapporteur général : Aminata Sall Diallo	
Liste des contributeurs du livret stratégique.....	15
Chapitre III. Des conférences invitées.....	17
1. Allocution de bienvenue	19
Ahmadou Lamine Ndiaye	
2. Réponse à l’allocution	25
François Gros	
3. La science : moteur de tous les progrès.....	27
Éva Pebay-Peyroula	
4. Politique des organismes français en Afrique : le cas de l’IRD.....	33
Michel Laurent	
5. Rôle des académies européennes pour le développement de l’Afrique dans la mise en œuvre du Plan d’action consolidé dans le domaine de la science et de la technologie	39
Odile Macchi	
6. Des structures innovantes en matière de recherche et de formation pour le développement avec le Sud	45
Pierre Auger et Mamadou Sangharé	
7. État de l’enseignement et de la recherche agricoles en Afrique	49
Ahmadou Lamine Ndiaye	
8. Deux tables rondes sur l’eau.....	55
Organisateurs Cheikh Bécaye Gaye et Ghislain de Marsily	
9. Les défis du secteur électrique africain : les enjeux de la coopération régionale	61
Alioune Fall	

10. Énergies renouvelables, passées et futures : Afrique - Méditerranée - Europe	67
Michel Combar nous et Mansour Kane	
11. Les contraintes de l'accès à l'énergie nucléaire	73
Robert Guillaumont	
12. Stratégie de développement durable face aux changements climatiques et à la désertification : l'initiative africaine de la Grande muraille verte	79
Abdoulaye Dia	
13. Environnement et société	81
Gilles Boëtsch	
14. Les évolutions récentes et en cours des universités françaises	87
Jean-Pierre Finance	
15. Les soutiens de l'ANR dans les coopérations de recherche avec l'Afrique	89
Philippe Freyssinet	
16. Les réseaux <i>La main à la pâte</i> d'enseignement des sciences fondé sur l'investigation : des expériences en Europe et en Afrique.....	95
Xavier Person, Abdoulaye Samb et Odile Macchi	
Annexe 1. Déroulé du colloque.....	101
Annexe 2. Short synthesis about the international Symposium 'Science, Education and Technology for Africa's Development'	111

Éditorial

Odile Macchi et Aminata Sall Diallo

Le colloque de Dakar « Science, enseignement et technologie pour le développement en Afrique » fut un événement important pour le monde scientifique et universitaire francophone africain.

Dans le chapitre I de ce livret, nous présentons en détail la nécessité de ce colloque dans le contexte du Plan d'action consolidé de l'Afrique pour la science et la technologie (S&T), et comment se pose pour les scientifiques africains en ce début de XXI^e siècle la question du développement de l'Afrique. Dans ce contexte le colloque avait deux objectifs :

a) *objectif scientifique* : par 70 communications scientifiques spécialisées de jeunes Africains, communications sélectionnées par le Comité de programme parmi 183 soumissions dans six secteurs disciplinaires critiques pour le développement (agriculture, eau, énergie, environnement, santé, mathématique-informatique), faire mieux connaître les succès de la recherche africaine ;

b) *objectif stratégique* : par de nombreuses conférences invitées et tables rondes de personnalités en responsabilité, faire un vaste état des lieux de la mise en œuvre du Plan d'action consolidé pour la science et la technologie (S&T) en vue du développement de l'Afrique, identifier les pistes les plus urgentes et les plus adéquates dans ce domaine.

Ces objectifs apparemment indépendants ont fait mieux que se compléter : entre les deux types d'orateurs un dialogue confiant s'est instauré. Les jeunes chercheurs africains prirent mieux conscience des difficultés structurelles et budgétaires auxquelles sont confrontés leurs aînés en responsabilité, tandis que les responsables africains de la recherche et de l'enseignement furent réconfortés par l'enthousiasme des jeunes scientifiques dont les espoirs exprimés les ont relancés dans leurs efforts. Là n'est pas le moindre des fruits du Colloque ! Mais les objectifs du Colloque n'auraient pas été pleinement atteints sans la publication subséquente d'un document qui demeure. Un premier texte important a donc suivi de près la fin du colloque, c'est le rapport général que l'on trouve sous forme électronique sur le site de l'ANSTS, cf. <http://www.ansts.sn/index.php/le-rapport-general>. Le présent livret a une autre forme de durabilité et un autre rôle puisqu'il est imprimé et sera diffusé largement en Afrique dans les milieux de la recherche et de l'enseignement universitaire. Il est dû à la diligence courtoise de l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) qui le distribuera aux congressistes lors l'Assemblée générale des universités francophones qu'elle organise au Brésil au début du mois de mai 2013.

Le chapitre II de ce livret traite uniquement de l'objectif stratégique, la mise en œuvre du Plan d'action consolidé pour la S&T en vue du développement de l'Afrique. Sur ce sujet le rapport général de l'ANSTS susmentionné est déjà un précieux document dont nous recommandons vivement la lecture. Il rapporte en particulier de précieuses recommandations. Ces recommandations font aussi l'objet du chapitre II du livret imprimé. Elles ont été très soigneusement élaborées : à l'issue de chaque session, un rapporteur, membre de l'ANSTS, a fidèlement synthétisé les interventions des orateurs (communications, conférences invitées, tables rondes) et les débats qui ont suivi, spécialement les recommandations qui en ont résulté ; synthèse difficile mais particulièrement importante pour que le colloque porte des fruits durables. L'équipe des rapporteurs a ensuite regroupé ces recommandations par thème disciplinaire. Puis le Rapporteur général du colloque, le Professeur Aminata Sall Diallo, en a fait un énoncé cohérent. À la dernière session du Colloque, elle a soumis cet énoncé à l'approbation et aux corrections des participants. Nous sommes convaincues que ces recommandations seront utiles à beaucoup.

Le chapitre III rapporte les textes de conférences invitées. Disposer de ces textes est important car ils donnent les points de vue documentés, larges et approfondis de personnalités scientifiques en responsabilité. Nous remercions vivement les conférenciers qui ont pu nous envoyer leur texte, même si tous n'ont malheureusement pas pu le faire, en particulier à cause de la brièveté des délais imposés. De toute façon, de manière directe ou indirecte, ce livret rapporte l'ensemble de tous les points de vue de tous les orateurs des conférences et tables rondes : même les avis de ceux qui n'ont pu envoyer leur texte sont pris en compte de manière réelle dans les recommandations du chapitre II.

Le présent livret se termine par deux annexes.

L'annexe 1 rapporte le déroulé intégral du colloque avec la liste détaillée de toutes les sessions. Faute de pouvoir imprimer intégralement les actes, ce qui serait trop volumineux, on trouve en particulier dans cette annexe *la liste de toutes les communications scientifiques* ; ainsi le lecteur intéressé pourra facilement remonter jusqu'à la source. D'ailleurs l'ensemble des 70 communications est déjà disponible sous un format électronique normalisé. Certaines seront publiées dans les *Comptes Rendus à l'Académie des sciences, série Biologies* ; d'autres dans la revue internationale FACTS – Field Actions' Science – cf. www.institut.veolia.org/fr/facts-initiative.aspx¹. Toutes les autres seront bientôt éditées électroniquement sur les sites de l'AUF et de l'ANSTS.

L'annexe 2 est un résumé du colloque en anglais. Elle permettra d'informer certaines personnalités africaines anglophones.

¹ FACTS publie des actions de terrain selon les règles prévalant dans la communauté scientifique, en vue de collecter et de diffuser un savoir, des méthodologies, de bonnes pratiques.

Chapitre I

Le colloque en lui-même

Doudou Ba et Odile Macchi

Participants au colloque

De hautes personnalités politiques ont honoré le colloque : ouverture par le Premier ministre du Sénégal, suivi par l'Ambassadeur de France. Le ministre de l'Éducation nationale, celui de la Recherche et de l'Enseignement supérieur et la ministre de la Santé et de l'action sociale ont participé à plusieurs sessions.

Pays participants : Allemagne, Belgique, Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Côte d'Ivoire, Égypte, France, Guinée, Israël, Kenya, Mali, Maroc, Niger, République Centrafricaine, Rwanda, Sénégal, Singapour, Tchad, Togo, en tout une assistance moyenne d'environ cent cinquante personnes.

Organisations représentées : Académie africaine des sciences (Kenya), Académie Hassan II du Maroc, Académie Leopoldina (Allemagne), Agence nationale de la recherche (France), Agence universitaire de la francophonie (Sénégal), Centre de recherche pour le développement international, Conférence des présidents d'université de France, Conseil africain et malgache pour l'enseignement supérieur, Fondation Charles Mérieux du Mali, Institut de recherche pour le développement (France), Institut Pasteur de Dakar, UEMOA, Unesco et Unesco Bureau de Bamako (Mali), Université virtuelle africaine.

Le concept du colloque

En ce début de XXI^e siècle, la question du développement de l'Afrique se pose d'une manière aiguë, et aussi très nouvelle du fait de la mondialisation. Elle concerne l'avenir non seulement de l'Afrique mais du monde, elle est d'importance pour l'épanouissement des peuples et pour la paix. Certes, les pays africains reconnaissent la science, la technologie et l'innovation comme de puissants leviers à leur développement, mais ils restent confrontés à de nombreuses difficultés pour les développer et en tirer la transformation socio-économique du continent et son intégration dans l'économie mondiale.

Pour relever le défi, les pays conjuguent leurs efforts et de nombreuses initiatives ont été lancées sur le continent, certaines ayant été relayées au niveau mondial, parmi lesquelles :

- L'actuel Plan d'action consolidé (PAC) pour la science et la technologie en Afrique du NEPAD (New Partnership for Africa's Development) de l'Union africaine, plan adopté en 2007 pour la période 2008-2013. Instrument de mise

en œuvre des décisions de la première Conférence ministérielle africaine sur la science et la technologie tenue à Johannesburg en novembre 2003, le PAC exprime clairement les objectifs communs à tout le continent, ainsi que l'engagement de l'Afrique dans des actions collectives en faveur de la science, de la technologie et de l'innovation en vue du développement. Il est construit sur trois piliers interdépendants, à savoir le renforcement de capacités, la production de connaissances et les innovations technologiques. Il met l'accent sur la nécessité d'institutionnaliser les processus liés à la science et la technologie lors de l'élaboration des politiques en Afrique, processus au cours desquels les scientifiques devraient jouer un rôle accru et visible.

- Les trois projets phares de l'Unesco, adoptés en 2007 par ses organes directeurs dans le cadre de la mise en œuvre du PAC, à savoir i) le renforcement des capacités en politiques de la science, de la technologie et de l'innovation en Afrique ; ii) le renforcement de l'enseignement scientifique et technologique en Afrique et iii) la mise en place d'un campus virtuel africain.
- La mise en place et le développement, dans les pays africains, de parcs scientifiques reconnus comme l'un des moyens de promouvoir la science, la technologie et l'innovation, la recherche-développement, l'enseignement des sciences, ainsi que la formation professionnelle continue. C'est le cas de l'Afrique du Sud (Technopark Stellenbosch), de l'Égypte (Sinai Technology Valley), de Madagascar (Technopole du Toamasina), du Maroc (Technopole de l'Aéroport Mohammed V et Technoparc Casablanca) et du Sénégal (Technopole de Dakar).
- La création et l'organisation récentes de structures scientifiques africaines de haut niveau : écoles doctorales scientifiques, académies scientifiques nationales, réseaux africains d'académiciens ou d'académies scientifiques nationales, etc.
- Enfin la construction de l'espace africain de l'enseignement supérieur et de la recherche pour intégrer le continent à la mondialisation universitaire, dont la création de l'Université Panafricaine constitue une étape importante.
- Le projet IAP sur l'enseignement des sciences, visant à développer une culture scientifique dans la société, à l'école et à l'université.

L'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal (ANSTS), pour sa part, a largement soutenu la forte dynamique qui se déploie actuellement en Afrique en faveur du renforcement de l'enseignement de haut niveau, de la science et de la technologie, dynamique que démontrent toutes les initiatives ci-dessus. L'ANSTS a participé activement à certaines d'entre elles et à leur mise en œuvre.

Quant à l'Académie des sciences de l'Institut de France, à travers son Comité pour les pays en développement (COPEP), elle s'est efforcée depuis 1996 de renforcer les liens scientifiques et techniques entre la France et l'Afrique, Afrique subsaharienne autant que Maghreb. Par le passé elle a organisé, le plus souvent en France, de nombreux forums et colloques regroupant des scientifiques français et

africains issus de plusieurs pays, et portant soit sur des problèmes généraux de recherche, d'enseignement ou de formation, soit sur des questions spécifiques touchant à la santé, l'agriculture, la nutrition, l'épidémiologie, la démographie, ou aux ressources naturelles. Ces rencontres ont abordé les questions cruciales liées entre autres choses à l'exode des cerveaux africains et à la pénurie d'enseignants et de chercheurs qualifiés en Afrique. Elles ont abouti par exemple aux recommandations suivantes :

- le développement à l'échelle régionale, voire continentale, de centres d'excellence en recherche et d'universités africaines de classe mondiale ;
- la coopération régionale entre pays africains pour atteindre une masse critique en termes de ressources humaines et pour bien asseoir l'indispensable indépendance entre les domaines scientifique et politique.

Quelques réussites ont certes été enregistrées, tant dans l'espace francophone qu'anglophone. Mais il convient de renforcer la dynamique des programmes bilatéraux et des réseaux régionaux, en intensifiant et élargissant la coopération entre pays africains, et en impliquant de plus en plus de partenaires extérieurs. Pour sa part, la France maintient en Afrique un investissement scientifique et technologique déjà ancien, en particulier par ses grands instituts avec lesquels le COPED entretient d'étroites relations. Aujourd'hui, l'Académie des sciences de l'Institut de France s'efforce aussi d'agir dans le sens d'un renforcement de l'investissement de l'Union européenne pour intensifier le développement éducatif, scientifique et technologique sur le continent africain.

Dans ce contexte, tout en impliquant bien d'autres pays africains, l'ANSTS et le COPED ont uni leurs efforts afin d'organiser ce colloque international tenu sur la terre concernée d'Afrique. Si modeste soit ce colloque, ses organisateurs formulent le vœu ardent qu'il soit une véritable étape dans l'intensification des efforts des États européens et africains dans les secteurs de l'enseignement, de la science et de la technologie sur le continent. Ils espèrent aussi que ces efforts reçoivent de l'Union européenne et de l'Union africaine tout le soutien qu'ils méritent. C'est seulement ainsi que la réflexion de tant de personnes et d'instances de bonne volonté se concrétisera dans des actions judicieuses et efficaces au service du développement de l'Afrique, souhaité par tous.

Objectifs du colloque

De manière générale ce colloque voulait contribuer à l'élaboration des politiques et programmes dans le domaine science-enseignement-innovation pour le développement en Afrique, ainsi qu'à l'amélioration de la coopération régionale et internationale dans ces trois domaines clés du développement. Ceci se déclinait en deux objectifs spécifiques.

1. Un objectif stratégique pour la science, la technologie et l'innovation au service du développement de l'Afrique

- Faire un état des lieux du PAC pour la science, la technologie et l'innovation en Afrique ; identifier les contraintes et opportunités dans la mise en œuvre des politiques et des programmes correspondants.
- Identifier les nouvelles pistes de financement pour la science, l'enseignement et l'innovation.
- Identifier les meilleures stratégies et pratiques pour la construction de l'espace africain de l'enseignement supérieur et de la recherche.
- Renforcer le partenariat France-Afrique et plus largement Europe-Afrique dans le domaine de la science, de la technologie pour le développement.
- Aider au développement de centres d'excellence et de réseaux scientifiques d'enseignement et recherche, comme les réseaux virtuels basés sur les communications modernes.

2. Un objectif scientifique dans six secteurs : agriculture, eau, énergie, environnement, santé, mathématique-informatique

- Offrir à de jeunes équipes africaines performantes l'opportunité de partager leurs expériences.
- Donner une tribune internationale aux travaux de jeunes chercheurs brillants travaillant en Afrique pour présenter des avancées de la science acquises sur la terre d'Afrique.

Conformément à ces objectifs, le colloque comportait deux types d'interventions : d'une part, pour remplir l'objectif stratégique, des conférences invitées et des tables rondes par des personnalités en responsabilité, et d'autre part pour remplir l'objectif scientifique, des communications scientifiques par de jeunes chercheurs africains sévèrement sélectionnés sur appel à soumissions. Les deux parties ont été suivies par tous les congressistes, ce qui a donné lieu à une réflexion approfondie, à des échanges nourris entre personnalités en responsabilité et jeunes chercheurs, et à un consensus sur les recommandations finales aux États, aux académies, aux établissements de formation et de recherche, aux institutions africaines régionales et aux organismes internationaux qui financent le développement. Ces recommandations sont rapportées ci-dessous.

Chapitre II

Recommandations issues des débats

Rapporteur général : Aminata Sall Diallo

A) Recommandations intersectorielles

Recommandations générales

- Promouvoir le partenariat scientifique et technologique au niveau international, en particulier entre l'Europe et l'Afrique, aussi bien au plan bilatéral que multilatéral à travers les réseaux, notamment ceux des académies.
- Favoriser l'appropriation du Plan d'action consolidé pour les sciences et la technologie en Afrique et l'intégration de ses programmes dans les plans d'action et de stratégie des institutions en ST/RD ainsi que des gouvernements et agences spécialisées dans ce secteur.
- Encourager et soutenir les programmes d'harmonisation des systèmes d'enseignement africains et des institutions régionales (UA, AUA, ...).
- Encourager et renforcer la formation en sciences dans tous les systèmes éducatifs africains et à tous les niveaux (primaire, élémentaire, secondaire et supérieur).
- Impliquer la diaspora dans le développement des sciences et technologies et de l'innovation en Afrique.
- Renforcer la coopération, aussi bien bilatérale que multilatérale, entre les académies et réseaux d'académies africaines et européennes (NASAC, ALLEA, ...).
- Promouvoir au travers des académies la création de centres régionaux d'excellence pour la formation et la recherche.
- Créer une section « Chercheurs juniors » au sein des académies nationales et africaines des sciences.
- Veiller à la transparence dans l'attribution des bourses d'études aux étudiants.

Formation

- Assurer l'expansion des structures d'enseignement et de recherche pour répondre à la demande sociale d'enseignement supérieur, en renforçant les formations d'enseignement technique et professionnel.

- Promouvoir l'enseignement à distance pour améliorer l'accès à l'enseignement supérieur, la qualité des formations et renforcer la formation continue.

Recherche

- Mettre le niveau des laboratoires de recherche aux standards internationaux.
- Promouvoir les systèmes d'accréditation des laboratoires de recherche.
- Aider à l'implantation de jeunes équipes de recherche performantes.
- Encourager les groupes de recherche dans les pays africains à s'investir sur les problèmes africains tout en s'ouvrant aux collaborations extérieures.
- Renforcer les liens entre la recherche et l'innovation par la mise en place de plateformes technologiques de pointe qui puissent être mutualisées selon des mécanismes à définir.

Financement

- Inviter les États à respecter les engagements financiers dans le cadre des conventions signées (1 % du PIB pour la science et la technologie, 15 % des budgets nationaux).
- Approfondir le recensement des nouveaux mécanismes de financement pour le développement de la science, de la technologie et de l'innovation en Afrique et élargir les financements innovants en engageant les décideurs à les exploiter.
- Promouvoir le partenariat Public/Privé.
- Renforcer les programmes des institutions régionales et des partenaires financiers pour le développement de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation en Afrique (UEMOA, Cames, AUF, CRDI...); en particulier appuyer les efforts de l'UEMOA pour développer des centres d'excellence en STI et en R&D.
- Établir des passerelles entre les différentes agences pour le cofinancement et l'intégration des stratégies et des programmes.
- Au niveau de tous les pays africains membres de la BID, mettre à profit son mécanisme de réserver 10 % de ses financements à des projets sur la science et la technologie.
- Inviter les gouvernements et le secteur privé à soutenir l'ASTIEF mis en œuvre par la CEA.
- Mettre en œuvre des fonds spécialement consacrés au financement des jeunes et des femmes scientifiques africains.
- Aider les jeunes chercheurs à mieux se préparer à la compétition par une formation appropriée à la rédaction de requêtes de financement.

B) Recommandations sectorielles

Agriculture

- Promouvoir la professionnalisation de l'agriculture en Afrique.
- Créer des structures spécifiques de formation agricole telles que lycées et collèges d'enseignement agricole, ainsi que de grands programmes de formation pour les producteurs pour une meilleure professionnalisation des acteurs.
- Mettre en place, dans les universités et institutions de recherche, des laboratoires, pôles et/ou centres d'excellence de biologie moléculaire et développer ainsi des recherches sur les céréales locales telles que le mil, en collaboration avec les centres du CGIAR.
- Promouvoir les cultures vivrières (céréales et légumineuses), maraichères et celles émergentes porteuses d'opportunités (sésame).
- Intégrer l'enseignement du management et de l'entrepreneuriat dans les filières scientifiques pour favoriser la création d'entreprises et l'application des innovations technologiques.
- Promouvoir des programmes collaboratifs d'enseignement et de recherche impliquant plusieurs pays et institutions (mobilité académique) avec des liens forts entre les réseaux nationaux et régionaux, en particulier pour les biotechnologies appliquées aux sciences agricoles. À cet égard, les bioproduits (biofertilisants, bionématicides et biopesticides) devraient recevoir une attention particulière.
- Inciter à la mise en place d'entreprises à vocation biotechnologiques (vitroplants) pour la production de semences pour vitrométhodes.
- Renforcer et améliorer l'utilisation de la bio-informatique dans la recherche agricole.

Énergie

- Réduire les coûts de l'énergie, en particulier l'énergie électrique en :
 - élargissant les marchés en termes d'approvisionnement ;
 - diversifiant les choix technologiques ;
 - améliorant la planification des investissements ;
 - mettant en place un système performant de maintenance des installations ;
 - réduisant le niveau trop élevé des pertes d'énergie des installations électriques.
- Valoriser les potentialités énergétiques du continent.
- **Réaliser un prototype de centrale solaire thermodynamique de 100 MW pouvant servir de modèle et stimuler la réalisation de systèmes plus importants.**

- Pour les photopiles solaires, faire une étude pour choisir les modules les mieux adaptés aux conditions climatiques en Afrique.
- Insister sur le dimensionnement des systèmes de stockage de l'énergie car ils impactent beaucoup les coûts de production et les rendements.
- Mener des activités de recherche fondamentale pour explorer des dispositifs comme les piles thermo-photovoltaïques.
- Résoudre les problèmes de délais entre les décisions, l'exécution et la mise en service effective des systèmes de production.
- Promouvoir les interconnexions dans les stratégies d'amélioration de l'accès et la réduction des coûts de l'électricité.

Eau

- Pour améliorer l'enseignement et la recherche sur l'eau en Afrique :
 - renforcer les offres de formation dans le domaine de l'eau ;
 - introduire l'habilitation à diriger des recherches pour suppléer au manque d'encadreurs.
- Pour progresser rapidement sur les objectifs du millénaire en matière de droit à l'eau et d'assainissement :
 - introduire le droit à l'eau pour tous dans les constitutions ;
 - concilier le droit constitutionnel et le droit coutumier (conventions locales) ;
 - mettre en place des tarifications susceptibles de garantir une meilleure équité de jouissance ;
 - impliquer les académies dans la conscientisation des populations pour l'exercice de leur droit.
- En matière d'hydrologie :
 - renforcer les services hydrologiques en moyens humains et matériels, avec un accent particulier sur l'installation et l'équipement des stations de jaugeage pour l'acquisition des données ;
 - inciter fortement les services compétents à utiliser des courbes de tarage ;
 - poursuivre et améliorer l'hydrologie prédictive avec des modèles climatiques. Reprendre les monographies des grands systèmes pour tenir compte des changements climatiques.
- En matière d'hydrogéologie :
 - renforcer les services hydrogéologiques nationaux pour une meilleure prise en compte de la vulnérabilité grandissante des aquifères ;
 - investir dans la recherche sur les impacts des changements climatiques sur les aquifères. En particulier sur les moyens de protection des systèmes aquifères ainsi que sur la notion controversée de « paradoxe sahélien » (relèvement des niveaux des nappes en période de sécheresse).

Environnement

- Promouvoir une approche pluri/interdisciplinaire pour mieux comprendre les interactions en jeu et pour proposer des alternatives durables.
- Mettre au point des technologies de production écologique et de protection des récoltes.
- Monter des équipes sur les besoins identifiés ou renforcer celles existantes.

Santé

On constate

- Une faible contribution de l'Afrique à l'élaboration de la politique sanitaire mondiale.
- Une forte dépendance des systèmes nationaux de santé vis-à-vis des partenaires bilatéraux et multilatéraux.
- Une transition épidémiologique en matière de santé sans que les systèmes de santé y soient préparés.

On recommande

- Que les académies nationales des sciences en Afrique mènent une réflexion endogène approfondie sur les problèmes de santé en Afrique afin qu'ils soient mieux pris en compte dans l'agenda international de politique sanitaire.
- Que les États africains accroissent significativement les budgets nationaux pour les programmes de santé pour mieux en maîtriser l'exécution et l'efficacité.
- Que les systèmes de santé en Afrique soient repensés pour prendre en charge les maladies non transmissibles (MNT) en constante progression.
- Que ces systèmes soient conçus en prenant plus en compte les composantes sociales de la santé (ex. : choléra) ; qu'ils choisissent une approche intégrée de la santé humaine et animale selon le concept « une seule santé ».
- Que les chercheurs sachent proposer aux décideurs des algorithmes basés sur des critères pertinents pour choisir les priorités en santé publique (maladies ou problèmes sanitaires).

Priorités de recherche et de formation

- Que les équipes de recherche africaines se focalisent sur les problèmes de santé en adéquation avec les réalités prioritaires africaines ; qu'elles visent un niveau scientifique international et la publication dans des revues internationales à haut impact.
- Que des études soient menées sur :

- les facteurs de risque des MNT selon des protocoles standardisés ;
 - des études spécifiques sur l'alimentation et la santé ;
 - les maladies transmises par les aliments et les mauvaises pratiques agricoles (pesticides, intrants chimiques, ...) ;
 - les problèmes de malnutrition et de diarrhée chez l'enfant afin de mieux prévenir ces pathologies.
- Pour la formation en santé, que les pays africains définissent leurs objectifs en matière de compétences à acquérir et accompagner cette définition d'un système d'évaluations régulières. Dans cette perspective, l'enseignement de l'éthique, de la déontologie, et de la composante socioculturelle des maladies doit être encouragé.
 - Que soit renforcées les formations des personnels des laboratoires de biologie, qu'elle soit standardisée et mutualisée (ex. : Resaolab). Ces formations devraient être incluses dans les procédures d'accréditation (ASLM).

Mathématiques

- Diffuser la production scientifique des jeunes chercheurs africains dans les journaux des académies des sciences d'Afrique, leurs journaux électroniques et leurs comptes rendus.
- Les participants proposent la mise en place d'un prélèvement sur les opérateurs dans le domaine des TIC pour financer l'accès aux technologies d'information et la recherche dans ces domaines. L'expérience marocaine peut servir d'exemple.
- À l'instigation des jeunes participants africains à ce colloque, nous recommandons la mise en place d'un réseau de recherche multidisciplinaire animé par les jeunes chercheurs africains pour partager et mettre en commun les différents outils mathématiques et informatiques autour des applications pour le développement : eau, santé, énergie, environnement, écologie, etc.
- Étendre ledit réseau aux jeunes africains des pays anglophones.
- Étendre les applications des recherches en mathématiques à d'autres domaines comme les télécommunications et les réseaux de capteurs et à leur utilisation dans l'agriculture, la gestion de l'eau, etc.

Informatique

- Développer des politiques pour la généralisation de l'utilisation des TIC dans les universités et les administrations. Les expériences du Maroc et de la Tunisie peuvent être prises comme exemples. Le modèle marocain présente des actions concrètes dont le résultat est visible comme :
 - la facilitation de l'accès à un ordinateur et à Internet pour les étudiants dans un premier temps et pour tous les jeunes par la suite ;
 - l'objectif à moyen terme de former 10 000 ingénieurs TIC dans le pays (dans le modèle marocain il faut toutefois prendre en compte que

l'implication des enseignants dans ces projets n'a pas été assez valorisée au niveau de leurs carrières, ce qui a été un facteur de blocage).

- Inciter les institutions universitaires à utiliser les TIC dans la gouvernance pour générer des outils d'aide à la décision et accélérer les procédures.
- En ce sens, développer un partenariat stratégique avec l'AUF au vu de ses compétences sur les logiciels libres.
- Vulgariser l'accès à la connaissance. L'UVA est un levier incontournable pour réaliser cet objectif. Toutefois, le préalable est le maillage du territoire par un accès à Internet généralisé (voir une recommandation suivante).
- Développer de nouveaux réseaux de recherche et d'enseignement. Pérenniser les réseaux bien établis comme le TENET (South Africa), KENET (Kenya), MARWAN (Maroc) et soutenir les réseaux naissants comme SenRER (Sénégal).
- Développer des formations à distance comme moyens de mutualisation des ressources pédagogiques. Le télé-enseignement peut permettre la mutualisation du corps professoral dans les domaines qui ont des pénuries.
- Développer des formations codiplômantes ou avec double diplôme pour permettre le partage de contenus pédagogiques Nord-Sud et Sud-Sud.
- Mettre en place un fond de financement des frais de publication pour les jeunes chercheurs africains (aujourd'hui, au mieux ils partagent la copublication avec les universités du Nord, au pire ils renoncent par manque de moyens). Les laboratoires comme le LIRIMA seraient de bons relais pour la vulgarisation de tels financements.

Liste des contributeurs du livret stratégique

Pierre Auger

Membre de l'Académie des sciences de France (COPED) – Centre de Dakar de l'UMI 209 UMMISCO

Doudou BA

Secrétaire perpétuel de l'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal (ANSTS)

Gilles Boëtsch

CNRS – UM13189 Environnement, santé et société (CNRS/CNRST/UCAD/Univ. Bamako)

Michel Combarnous

Correspondant de l'Académie des sciences de France – Universités de Bordeaux et de Gabès

Abdoulaye Dia

Secrétaire exécutif de l'Agence panafricaine de la Grande muraille verte

Alioune Fall

Vice-président honoraire du Conseil mondial de l'énergie

Jean-Pierre Finance

Délégué permanent à Bruxelles de la Conférence des présidents d'université de France

Philippe Freyssinet

Directeur général adjoint de l'Agence nationale de la recherche – France

Cheikh Bécaye Gaye

Professeur à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD)

François Gros

Secrétaire perpétuel honoraire de l'Académie des sciences de France – Président du COPED – Coprésident du colloque

Robert Guillaumont

Membre de l'Académie des sciences (COPED) et de l'Académie des technologies – France

Mansour Kane

Professeur à l'université Hampaté BA de Dakar – Membre de l'Académie Nationale des Sciences et Technologies du Sénégal

Michel Laurent

Président de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) – France

Odile Macchi

Membre de l'Académie des sciences de France – Vice-présidente du COPED

Ghislain de Marsily

Membre de l'Académie des sciences de France – Université Pierre-et-Marie-Curie

Ahmadou Lamine Ndiaye

Président de l'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal – Coprésident du colloque

Xavier Person

Coordinateur de l'action internationale de La main à la pâte – France

Éva Pebay-Peyroula

Présidente de l'Agence nationale de la recherche – Membre de l'Académie des sciences de France

Aminata Sall Diallo

Membre de l'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal – Rapporteur général du colloque

Abdoulaye Samb

Membre de l'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal

Mamadou Sangharé

Professeur à l'université Cheikh Anta Diop de Dakar - Centre de Dakar de l'UMI 209 UMMISCO IRD & UPMC

Chapitre III

Des conférences invitées

Liste des contributions

Cérémonie officielle d'ouverture

1. Allocution de bienvenue - Ahmadou Lamine Ndiaye
2. Réponse à l'allocution - François Gros

Session inaugurale

3. La science : moteur de tous les progrès – Éva Pebay-Peyroula
4. Politique des organismes français en Afrique – Michel Laurent

Session mise en œuvre du Plan d'action consolidé en science et technologie en Afrique (PAC)

5. Rôle des académies européennes pour le développement de l'Afrique dans la mise en œuvre du PAC dans le domaine de la science et de la technologie – Odile Macchi
6. Des structures innovantes en matière de recherche et de formation pour le développement avec le Sud – Pierre Auger et Mamadou Sangharé

Session agriculture

7. État de l'enseignement et de la recherche agricoles en Afrique – Ahmadou Lamine Ndiaye

Session eau

8. Sciences de l'eau en Afrique – Ghislain de Marsily et Cheik Bécaye Gaye

Session énergie

9. Les défis du secteur électrique africain : les enjeux de la coopération régionale – Alioune Fall
10. Énergies renouvelables, passées et futures : Afrique - Méditerranée - Europe – Michel Combarous et Mansour Kane
11. Les contraintes de l'accès à l'énergie nucléaire – Robert Guillaumont

Session écologie générale et humaine

12. Stratégie de développement durable face aux changements climatiques et à la désertification : l'initiative africaine de la grande muraille verte - Abdoulaye Dia
13. Environnement et société – Gilles Boëtsch

Session financement et réseaux de recherche et d'enseignement

14. Les évolutions récentes et en cours des universités françaises - Jean-Pierre Finance
15. Le soutien de l'Agence nationale de la recherche dans les coopérations de recherche avec l'Afrique - Philippe Freyssinet
16. Les réseaux *La main à la pâte* d'enseignement des sciences fondé sur l'investigation : des expériences en Europe et en Afrique – Xavier Person, Abdoulaye Samb et Odile Macchi

1. Allocution de bienvenue

Ahmadou Lamine Ndiaye

- Excellence, Monsieur le Premier Ministre,
- Monsieur le Président de l'Assemblée nationale,
- Monsieur le Président du Conseil économique, social et environnemental,
- Monsieur le Ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche,
- Mesdames Messieurs les Ministres,
- Mesdames Messieurs les Députés,
- Excellences Mesdames Messieurs les Ambassadeurs,
- Excellences Mesdames Messieurs les Représentants des organisations internationales,
- Monsieur le Secrétaire perpétuel honoraire, Président du Comité pour les pays en développement (COPEP) de l'Académie des sciences de l'Institut de France,
- Chers Collègues de l'Académie nationale des S & T du Sénégal
- Monsieur le Président, Mesdames Messieurs les membres de la Société des amis de l'ANSTS,
- Mesdames, Messieurs les Représentants des académies,
- Messieurs les Recteurs,
- Mesdames, Messieurs les Directeurs généraux,
- Mesdames, Messieurs les Enseignants et les Chercheurs,
- Mesdames, Messieurs les Doctorants et les Étudiants,
- Mes Chers Collègues,
- Mesdames, Messieurs,
- Honorables Invités,

Excellence, Monsieur le Premier Ministre, Malgré un calendrier que nous savons bien chargé, vous avez accepté de venir présider, personnellement, la séance d'ouverture de ce Colloque international sur le thème « Science, Enseignement et Technologie pour le Développement de l'Afrique », organisé conjointement par l'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal (ANSTS) et l'Académie des sciences de l'Institut de France, à travers son Comité pour les pays en développement (COPEP), sous l'égide du Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

C'est là, Monsieur le Premier Ministre, l'illustration d'un volet (volet de la Science, de la Technologie et de l'Innovation STI) du partenariat multiforme et fécond, entre notre pays, le Sénégal, et la France.

Au nom de l'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal, du Comité pour les pays en développement (COPEP) de l'Académie des sciences de

l'Institut de France, en mon nom propre et au nom de toute l'assistance, je vous exprime nos remerciements ainsi que notre profonde gratitude et vous réitère, encore une fois, notre Très Haute et Respectueuse considération ainsi que notre parfaite admiration.

Chers Invités,
Mesdames, Messieurs,

Ainsi que le veut la tradition sénégalaise, à travers sa Téranga chantée dans le monde entier, je souhaite la bienvenue à nos hôtes venus d'Afrique, d'Amérique, d'Asie et d'Europe pour répondre à notre invitation.

M'adressant ensuite à nos partenaires de l'Académie des sciences de l'Institut de France à travers le COPED, je leur dirai d'emblée que les membres de notre Compagnie saluent votre détermination à vous engager à nos côtés, afin qu'ensemble nous puissions répondre parfaitement aux attentes des autorités publiques et privées, de la communauté scientifique nationale, continentale et internationale, de la société civile et des populations dans leur ensemble. N'est-ce pas là la principale raison d'être de nos Compagnies ?

Il est particulièrement réjouissant pour nous que des personnalités de notre pays, venues de divers secteurs de la société, aient pris l'initiative de nous apporter leur soutien, en créant la Société des amis de l'ANSTS, qui a déjà reçu son récépissé. C'est pour nous un motif supplémentaire de motivation, dans l'accomplissement des objectifs assignés à notre Académie, lorsque nous observons l'engagement, les initiatives, les efforts de ces partenaires. Ils ambitionnent la création d'une Fondation et je suis sûr que l'Académie des sciences française leur apportera son expérience dans ce domaine.

L'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal est une société savante, créée en 1999, dans le but de capitaliser, d'une part, l'important gisement en ressources humaines et en connaissances utiles au développement scientifique et technologique de notre pays, du Continent africain et du monde, et, d'autre part, de contribuer à réduire la fuite des cerveaux en renforçant notre capacité de développement des ressources humaines, dans des institutions africaines, en mettant l'accent particulièrement sur les jeunes et les femmes.

Pour répondre au défi de son positionnement dans l'agenda de la Science, de la Technologie et de l'Innovation, dans le monde actuel, et sa grande ambition à la fois pour le Sénégal et pour l'Afrique, l'ANSTS a circonscrit ses activités, dans le temps comme dans l'espace, en déclinant sa vision, ses missions et ses programmes à court et moyen termes. C'est ainsi que notre Académie s'est dotée d'un premier Plan stratégique de développement institutionnel, pour la période de 2006-2010, suivi ensuite d'un second Plan stratégique allant de 2011 à 2015.

Notre Institution est placée sous le Parrainage et la Protection de Son Excellence Monsieur le Président de la République, et l'approbation de ses statuts par décret lui confère ainsi une reconnaissance officielle et une légitimité institutionnelle.

Vous me permettrez à ce propos, au nom de mes Collègues, de renouveler ici nos biens sincères remerciements à Son Excellence Monsieur le Président de la République, pour l'intérêt constant qu'il ne cesse de porter à notre Académie.

Avec nos partenaires français, cette rencontre avait été initialement prévue dans un cadre francophone. Avec l'intérêt suscité à la suite de la première annonce publique, nous avons, d'un commun accord, évolué vers un cadre panafricain, pour nous retrouver actuellement, dans un contexte international.

Le thème central de notre rencontre, « Science, Enseignement et pour le Développement de l'Afrique », considère six grands domaines clé pour le développement de l'Afrique, à savoir les domaines disciplinaires :

- l'agriculture ;
- la santé ;
- les mathématiques et des sciences de l'information ;

ainsi que les domaines transversaux que sont, d'une part :

- l'eau ;
- l'énergie ;
- l'environnement.

D'une manière générale, dans ces domaines, le colloque a pour objectif de contribuer :

- à l'élaboration et à la mise en œuvre des politiques et programmes dans les secteurs de l'enseignement, la recherche, la technologie et l'innovation ;
- au renforcement de l'efficacité des coopérations africaines aux niveaux régional, international et mondial.

Plus spécifiquement, il s'agira :

- de faire un état des lieux de la mise en œuvre du Plan d'Action Consolidé pour la Science et la Technologie en Afrique (PACST), juste au moment où la Conférence des Ministres de la Science et de la Technologie est convoquée à Brazzaville du 12 au 14 novembre 2012 ;
- d'identifier les meilleures stratégies et pratiques pour la construction et le développement de l'espace africain de l'enseignement supérieur et de la recherche, ainsi que les contraintes et opportunités dans la mise en œuvre des politiques et des programmes pour l'enseignement, la science, la technologie et l'innovation en Afrique ;
- de renforcer le partenariat France/Afrique et plus largement Europe/Afrique dans les secteurs clé de l'enseignement, la recherche, la R&D et la technologie au bénéfice du développement de l'Afrique, en particulier en environnement francophone ;
- d'offrir aux centres d'excellence et aux jeunes équipes scientifiques africaines performantes l'opportunité de se faire mieux reconnaître et de partager leur expérience en recherche et enseignement ;

- de dégager des pistes de possibilités nouvelles pour le développement des réseaux scientifiques d'enseignement et de recherche, comme les réseaux virtuels basés sur les communications modernes, en particulier en environnement francophone ;
- de renforcer l'engagement des décideurs africains, français et européens, et des autres partenaires au développement, sur la nécessité de financements suffisants, de nature à garantir l'excellence et la durabilité des activités de recherche, d'enseignement, de développement technologique et d'innovation en Afrique.

Il est très réconfortant de voir nos assises enregistrer la participation d'éminentes personnalités scientifiques et politiques de plusieurs pays d'Afrique, d'Europe, d'Amérique et d'Asie, dont des universitaires, des membres d'académies des sciences, des décideurs politiques, des professionnels du système éducatif, ainsi que des représentants du secteur privé et de la société civile. Au nom des organisateurs, je vous remercie bien vivement de votre participation.

Je suis persuadé que les résultats de nos travaux apporteront à l'Afrique une contribution significative, à la dimension des ambitions de ses filles et ses fils, ici présents, à côté de leurs partenaires, de nature à accroître l'intégration du continent dans l'économie mondiale.

Je voudrais sous ce rapport, vous inviter, Chers participants, à penser dès maintenant à « l'APRÈS COLLOQUE ». Certes, il faut la réflexion avant l'action. L'Afrique doit bouger, mais elle ne bougera que grâce à l'action, la mise en œuvre du suivi des recommandations issues de la réflexion. Avec la collaboration et le soutien de nos partenaires, je ne doute pas que nous y arriverons ensemble.

C'est le lieu de saluer l'excellence du partenariat qui lie déjà l'ANSTS au Centre de recherche pour le développement international (CRDI), à la Banque islamique de développement (BID), à l'IRD, organismes qui accompagnent, de manière constante, les activités de notre Académie, lui permettant de mener à bien ses missions. Je remercie aussi tous ceux qui ont apporté leur soutien dans l'organisation de cette manifestation.

Avant de terminer, je veux, Monsieur le Premier Ministre, souligner les excellentes relations que le Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche du Sénégal a toujours entretenues et continue d'entretenir avec l'ANSTS.

J'adresse mes félicitations aux partenaires du COPED, au Comité national d'organisation, aux Comités locaux scientifiques sénégalais et français mais aussi et surtout au Comité scientifique international, pour le travail colossal accompli, avec esprit d'ouverture, dynamisme et disponibilité de leurs membres. J'adresse une mention spéciale au Président du COPED, Monsieur François GROS, Secrétaire perpétuel honoraire de l'Académie des sciences de l'Institut de France, qui a fait le déplacement pour être à nos côtés. Merci pour ce soutien que nous apprécions beaucoup.

J'adresse également mes félicitations aux secrétariats du COPED et de l'ANSTS, aux Commissions chargées de la communication et de la logistique, pour leur dynamisme, leur efficacité, leur patience, en un mot leur professionnalisme.

Je vous remercie de votre bienveillante attention.

2. Réponse à l'allocution

François Gros

Monsieur le Premier Ministre et Messieurs les représentants du gouvernement du Sénégal,

Monsieur l'Ambassadeur de France,

Monsieur le Président Ndiaye, de l'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal, et cher Professeur Doudou Ba, Secrétaire perpétuel de cette académie,

Messieurs les hauts représentants des institutions africaines, européennes et notamment françaises,

Éminents confrères et collègues,

Mesdames, Messieurs,

C'est pour tous mes confrères de l'Académie des sciences et pour moi une étape chargée d'émotion que celle marquant l'ouverture de cette grande rencontre panafricaine. Mais je suis convaincu que cette émotion est partagée par tous. Il y a tout d'abord le fait de votre présence éminente, Monsieur le Premier ministre, celui de nous trouver accueillis par l'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal dont je salue le Président, le Professeur Ndiaye, et dont je remercie tout particulièrement le Secrétaire perpétuel, le Professeur Doudou Ba ainsi que Mme Aminata Sall Diallo, pour leur engagement incessant dans la préparation de ce colloque.

Mais il y a tout autant l'émotion que chacun ressent en arrivant sur le sol d'Afrique, ce continent symbole de vie, et d'espoir pour le monde du XXI^e siècle, un monde en pleine transition et qui se cherche...

C'est d'ailleurs avec la volonté et l'enthousiasme de voir s'établir un partenariat sincère dans le domaine des sciences, de l'éducation et du développement avec l'Afrique francophone à la fois maghrébine et subsaharienne que s'est créé le COPED (Comité pour les pays en développement) il y a une quinzaine d'années, au sein de notre Académie. Il réunit des confrères, femmes et hommes, désireux de travailler avec et pour l'Afrique et de participer avec elle à la grande aventure d'un développement dont nous pensons que l'essor des sciences et des techniques est l'une des clés majeure. C'est pourquoi le COPED a jusqu'ici œuvré en organisant chaque année à Paris de nombreuses rencontres franco-africaines sur des thèmes relevant d'aspects concrets et pressants du développement local et régional de l'Afrique, mais également sur des thèmes à caractère général tels que le devenir des universités africaines, l'importance de la formation en mathématiques et informa-

tique ou les métiers de la recherche. Toutefois c'est la première fois que le COPED participe à une grande rencontre en matière de partenariat, en Afrique même.

Il s'agit en effet de dresser un état des lieux dans les secteurs clés du développement de l'Afrique portant sur des questions aussi vitales que l'eau, l'énergie, l'agriculture, la santé, mais aussi les mathématiques, l'informatique et plus généralement de participer, ce faisant, à la mise en œuvre du Plan d'action consolidé (PAC) pour la science et la technologie en Afrique. Bien entendu, l'espoir est placé ici dans le renforcement des collaborations régionales et internationales. Un premier résultat très positif, dont on peut se réjouir est la présence en ce lieu de tant de hautes personnalités, scientifiques et politiques, de pays d'Afrique, d'Europe, d'Amérique et d'Asie, parmi lesquels figurent des universitaires, des académiciens, des décideurs politiques, des professionnels du système éducatif, des représentants du secteur privé et de la société civile, etc.

Si la francophonie est certes au cœur de ce grand ralliement (et je suis heureux de mentionner à ce propos la représentation, au plus haut niveau, de l'AUF, de la CPU, de l'IRD, de l'Institut Pasteur et de nombreux organismes de recherche publics français), l'Afrique anglophone et lusophone participe également à ce colloque. Enfin, au plan européen, je souhaite tout particulièrement saluer la présence du Professeur Zenner, membre du Présidium de l'Académie des sciences « Leopoldine », l'une des plus anciennes académies au monde.

Mais un autre facteur de satisfaction pour les organisateurs et non des moindres est la participation de tant de jeunes scientifiques sénégalais, ou en provenance de multiples pays d'Afrique, principalement subsaharienne francophone. Pas moins de 70 scientifiques africains viendront nous exposer leurs travaux. Qu'ils sachent combien les organisateurs sont fiers et heureux de les accueillir ! Ils sont, faut-il le préciser, les vrais porteurs de l'avenir de ce continent.

Pour terminer, j'ai évoqué ce que nous devons aux efforts considérables de l'ANSTS pour l'organisation de ce colloque, mais qu'il me soit permis de dire que le COPED n'a pas non plus ménagé sa peine ! Je tiens, à cet égard, à souligner le rôle capital qu'a joué, au cours de nombreux mois, notre consœur, Madame Odile Macchi, vice-Présidente du COPED, grande scientifique, membre de l'Académie des sciences, qui, du côté français et avec l'appui des membres du Comité scientifique franco-sénégalais, a été la véritable cheville ouvrière dans la phase préparatoire.

Enfin, ce colloque n'eût pas été possible sans le soutien de l'Ambassade de France – laquelle accueillait à Dakar, il y a peu, le chef de l'État Français, Monsieur François Hollande – et sans l'appui de nombreux mécènes que je ne puis hélas citer ici, mais dont les noms figurent sur le programme. Qu'ils soient tous très chaudement remerciés.

Encore une fois, Monsieur le Premier ministre, Monsieur le Président Ndiaye, notre plus cher désir est que ce colloque puisse s'avérer utile à la jeune génération africaine, et que nous nous efforcions de nous mieux connaître, pour mieux nous préparer, ensemble, à une société de la connaissance, plus humaine et plus ouverte au développement de l'Afrique.

3. La science : moteur de tous les progrès

Éva Pebay-Peyroula

Depuis l'Antiquité, les hommes ont cherché à comprendre le monde qui les entourait. De la simple observation à l'expérimentation, les mécanismes des phénomènes qui nous entourent ont été décortiqués et des théories régissant la matière tant au niveau macroscopique qu'au niveau atomique et en-deçà ont été élaborées. Cette quête vers la connaissance répond à la fois à un besoin de repousser les frontières de la connaissance, mais a aussi des conséquences sur les progrès de l'humanité. Ces progrès peuvent être indirects car ces connaissances répandues de façon large parmi la population et non restreintes à une minorité évitent une domination maintenue par l'ignorance, et permettent à chacun d'entre nous d'être un acteur plus fort au sein des démocraties. La formation des étudiants, mais aussi des élèves des écoles et lycées, est alors cruciale. De façon plus directe, à condition de respecter certaines règles d'éthique, les conséquences des découvertes scientifiques sont une source d'inspiration pour l'innovation qui améliorera les conditions de vie. Le colloque abordera plusieurs thématiques, eau, santé, agriculture, environnement et mathématiques qui illustreront le bienfait des découvertes scientifiques pour l'humanité. Le colloque sera aussi l'occasion de réfléchir sur des collaborations et d'échanger sur les conditions dans lesquelles les recherches peuvent alors être conduites. Comment nous pourrions contribuer ensemble à faire progresser certains défis scientifiques, est une question essentielle qui sera débattue tout au long du colloque.

Mon propos n'est pas une analyse historique et philosophique du rôle de la science mais plutôt une réflexion basée sur deux exemples dans le domaine scientifique qui m'est familier, celui de la biologie structurale. Il s'agit d'une recherche fondamentale en biologie proche du domaine de la santé, qui s'intéresse aux mécanismes moléculaires responsables des grandes fonctions biologiques. Le prix Nobel de chimie de 2012 a été attribué à des scientifiques dont l'un, B. Kobilka, suit ce même type d'approche.

Premier exemple : combattre la résistance aux antibiotiques

Cet exemple a été inspiré par les travaux de ma collègue Andrea Dessen, directeur de recherche CNRS à l'Institut de Biologie Structurale à Grenoble. Les antibiotiques ont fait leur apparition au milieu du XX^e siècle et ont révolutionné le traitement de certaines infections. Néanmoins, très vite sont apparues des mutations chez les

bactéries, les rendant ainsi insensibles aux agents antibiotiques, en particulier à la pénicilline, une molécule de la famille des β -lactames. Le pourcentage de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques est différent d'un pays à l'autre et dépend directement du mode de prescription. Les chercheurs ont compris très vite que la pénicilline se fixait à une protéine de la paroi bactérienne, la PBP (*Penicillin Binding Protein*). Cette appellation dénote que la fonction de la protéine était alors inconnue. Par la suite, il a été montré que la PBP intervient dans la synthèse de la paroi bactérienne, une sorte de protection entourant la bactérie. En bloquant la synthèse de cette paroi, la bactérie ne peut pas se diviser. Les approches de biologie structurale ont permis de visualiser les détails à l'échelle atomique de la PBP ainsi que le mode de fixation de la pénicilline. L'élucidation de la structure d'une PBP venant d'une souche de pneumocoques (bactéries responsables de pneumonies, otites et méningites) résistante aux antibiotiques a permis à A. Dessen de comprendre pourquoi cette protéine n'est plus capable de fixer la pénicilline (Contreras-Martel, 2009), mais surtout lui a ouvert la voie pour concevoir une nouvelle molécule, de la famille des lactovicines, capable de neutraliser les souches résistantes (Macheboeuf, 2007). Malgré ce progrès important, les bactéries se divisent rapidement et peuvent sans arrêt muter pour échapper aux nouvelles molécules antibiotiques. La course contre les bactéries est donc permanente, mais la curiosité des scientifiques, combinée au problème de santé publique, encourage les chercheurs à mieux comprendre le fonctionnement des bactéries. C'est ainsi qu'une recherche fondamentale visant à comprendre les mécanismes de division des bactéries ou d'interactions avec les cellules hôtes permet d'identifier des protéines essentielles au fonctionnement de la bactérie. Ces protéines constituent des nouvelles cibles pour la conception d'antibiotiques différents (Izoré, 2011).

Deuxième exemple : la découverte d'antiviraux

Le cheminement est très voisin de l'illustration précédente. L'exemple m'a été donné par Robertus Ruigrok, professeur à l'université de Grenoble et chercheur à l'Unité UVHCI (Unit for Virus and Host Cell Interactions). Les microscopes électroniques ont permis très tôt d'observer des virus entiers et de comprendre leur architecture globale. Ensuite, une dissection plus fine des protéines constituant le virus a conduit à une analyse par cristallographie des Rayons X des protéines isolées ou même de fragments de ces protéines. Les équipes de R. Ruigrok et S. Cusack à Grenoble se sont particulièrement intéressées à la polymérase de la grippe, protéine qui permet la réplication de l'ADN viral (par exemple Boivin 2010, Ruigrok 2010, Dias 2009). Les caractérisations fines de la polymérase, combinées avec des approches de criblage chimiques, ont permis de concevoir des petites molécules qui interfèrent avec le fonctionnement du virus et donc enravent l'infection. Par quelques modifications chimiques, l'efficacité de ces petites molécules a été ensuite augmentée, conduisant ainsi à des nouveaux antiviraux. Dans cet exemple, la deuxième partie du travail a été faite par une start-up (Savira, Vienne) étroitement liée aux équipes de recherche académique. Ainsi, la synergie entre équipes académiques et industrielles est totale, et chacun remplit son rôle.

Le cas de la virologie montre que des efforts concertés, en particulier pour le virus de la grippe, de l'hépatite C ou du VIH, ont mené à la conception de nouveaux médicaments. Plusieurs molécules sont en cours de validation, elles ont été conçues à partir des connaissances moléculaires des constituants des virus. Malheureusement, tous les virus ne bénéficient pas d'un soutien financier aussi fort. Les scientifiques doivent alors travailler en synergie avec les pouvoirs politiques, et aussi intéresser les industries pharmaceutiques. Le passage d'une molécule identifiée dans le cadre d'une recherche académique à un médicament nécessite 10 à 15 ans d'efforts, une synergie entre les différents acteurs, académiques, politiques et industrielles, est alors un facteur important.

Quelques réflexions inspirées par ces deux exemples

Les deux exemples abordés montrent d'une part que la recherche fondamentale au niveau moléculaire en biologie peut contribuer à l'innovation dans le domaine de la santé et est donc très proche des applications médicales. En effet, comprendre au niveau moléculaire les mécanismes d'action de virus ou de bactéries pathogènes sur les cellules hôtes, est un joli problème fondamental dont la résolution peut conduire directement à la conception de nouveaux médicaments. D'autre part, ce type de recherche nécessite une interdisciplinarité entre biologie, médecine, chimie et biophysique. Ces caractéristiques sont probablement plus générales et sont nécessaires aussi dans d'autres domaines. La proximité entre recherche fondamentale et recherche appliquée est souvent constatée et il n'est pas toujours facile (ni souhaitable) de définir une limite entre les deux. Une recherche plus applicative a nécessairement besoin de s'appuyer sur des connaissances fondamentales. Inversement, la société est en attente de résultats découlant de la création de connaissance. C'est assez logique, mais imposer le lien entre les deux est plus difficile. C'est sur cet aspect que les disciplines probablement différent, le lien est évident lorsqu'il s'agit de comprendre pourquoi certaines bactéries deviennent résistantes aux antibiotiques, il l'est probablement moins dans d'autres cas. Les deux exemples ont également bénéficié de réseaux nationaux ou transnationaux qui ont permis de rassembler les forces et de créer aussi cette interdisciplinarité ou cette diversité qui renforcent l'ensemble. La réussite est possible mais il faut s'en donner les moyens, et pour cela les efforts concertés sont indispensables. Dans les exemples de recherche dans les domaines des sciences du vivant et plus particulièrement en infectiologie, les actions doivent être concertées entre les acteurs, les pouvoirs publics, les scientifiques académiques et les industries pharmaceutiques.

Importance de la formation et de la dissémination de l'information scientifique

L'exemple de recherche en virologie souligne qu'un travail important doit être fait pour que la population comprenne l'intérêt des traitements ou des vaccinations et les accepte. Les phénomènes de méfiance et de rejets deviennent fréquents. Par exemple, la réticence à vacciner a conduit à faire ressurgir la rougeole avec des

problèmes graves, alors que cette maladie aurait dû être éradiquée en Europe. De façon plus générale, tous les citoyens sont les acteurs de la société et vont devoir participer à des choix concernant l'énergie ou la santé. Il est important que les citoyens puissent comprendre ces choix, ils doivent donc avoir un minimum de formation scientifique. Cette formation doit se faire à l'école pour tous et à se poursuivre à l'université. L'éducation des jeunes nous concerne tous. Les moyens de communication actuels permettent de nouvelles formes d'enseignement que nous pouvons partager au niveau planétaire.

La dissémination des connaissances doit aussi être améliorée. Des actions sont entreprises au niveau mondial pour favoriser les publications scientifiques en *Open Access* et ainsi permettre une diffusion sans restriction budgétaire (voir par exemple les recommandations de l'Unesco <http://www.unesco.org/new/en/communication-and-information/access-to-knowledge/open-access-to-scientific-information/>). Il faut espérer que ces actions entreprises au niveau de plusieurs nations, aboutissent bientôt. En parallèle, tous les scientifiques doivent pouvoir facilement communiquer leurs données et résultats et ces données doivent être accessibles à tous. La communauté scientifique a toujours eu conscience de l'importance du libre accès à l'information. Paradoxalement, les revues électroniques, à cause des coûts d'abonnements élevés, n'ont pas résolu ce point. Publier dans des journaux en *Open Access* pourrait être la solution préconisée par l'Espace européen de la recherche ainsi que par de nombreuses agences internationales.

Mutualisation des moyens et travail en réseau

Les avancées de la science reposent souvent sur des collaborations qui permettent de construire autour de compétences complémentaires et ainsi optimisent les chances de réussite. La recherche nécessite souvent des plates-formes techniques lourdes et de l'expertise associée. Ces installations ne peuvent pas exister dans toutes les universités car les moyens ne doivent pas être dilués. Celles qui existent doivent être accessibles à la communauté. Le travail en réseau est aussi essentiel pour assurer l'interdisciplinarité et la transversalité des projets. Les programmes européens sont ouverts à l'international et offrent donc quelques possibilités de collaborations Europe-Afrique. 15 % des projets de l'Agence nationale de la recherche (ANR) comprennent des consortiums avec des partenaires internationaux. Certains organismes de recherche ont également des programmes spécifiques. Une session de ce colloque est d'ailleurs dédiée aux réseaux.

La science comme outil de construction politique

Le Cern (Conseil européen pour la recherche nucléaire) a été créé en 1954 en Suisse dans un contexte européen difficile peu après la Seconde Guerre mondiale, pour assurer la collaboration entre États européens pour les recherches nucléaires de caractère purement scientifique et fondamentale (<http://public.web.cern.ch/public/welcome-fr.html>). L'organisation s'abstient de toute activité à fins militaires et les résultats de ses travaux expérimentaux et théoriques sont publiés ou de toute autre façon rendus généralement accessibles. Les missions du CERN

étaient définies selon quatre axes : la recherche (chercher des réponses aux questions concernant l'univers), la technologie (faire reculer les limites de la technologie), la collaboration (rassembler les nations au travers de la science), et l'éducation (former les scientifiques de demain). Ces quatre objectifs sont largement atteints. Les publications, et très récemment la mise en évidence d'une nouvelle particule, le boson de Higgs, attestent de la réussite du premier point. Le nombre d'entreprises technologiques installées autour du Cern témoigne de la fertilité de cet organisme qui a besoin d'électronique de pointe, de matériaux très spécifiques, de vide très poussé. Toutes les équipes du Cern sont internationales, malgré des différences culturelles les scientifiques ont des objectifs communs et apprennent à travailler ensemble. Les scientifiques ont un langage commun, en communiquant entre eux ils facilitent les échanges entre pays et contribuent à une meilleure compréhension réciproque. L'éducation des jeunes scientifiques n'a certainement pas été oubliée. Nombreux sont les jeunes présents au Cern, depuis les stages de courte durée jusqu'aux thèses. Je voudrais faire ressortir une retombée technologique tout à fait inattendue et qui a révolutionné les communications bien au-delà de la communauté scientifique : il s'agit du Web. D'abord créé comme outil de communication entre scientifiques, très vite il s'est étendu à toute la planète.

L'exemple du Cern est admirable. Mais je voudrais rendre hommage à un projet que je trouve encore plus ambitieux, celui de la Grande muraille verte panafricaine. Ce projet est commun à plusieurs pays d'Afrique, traversant le continent d'Est en Ouest. Il relie des scientifiques de différentes disciplines et créera sans aucun doute des liens forts entre les scientifiques, les politiques et les populations (<http://www.grandemurailleverte.org/>). L'ampleur du projet est à la hauteur des enjeux.

Bibliographie

- Boivin S, Cusack S, Ruigrok RW, Hart DJ (2010). *J. Biol. Chem.* 285, 28411-7.
- Contreras-Martel C, Dahout-Gonzales C, Martins Ados S, Kotnik M, Dessen A (2009). *J. Mol. Biol.* 387, 899-909.
- Dias A *et al.* (2009). *Nature* 458, 914-918.
- Izoré T, Job V et Dessen A. *Structure* (2011). 19, 603-612.
- Macheboeuf P, Fisher DS, Brown T Jr, Zervosen A, Luxen A, Joris B, Dessen A, Schofield CJ (2007). *Nat. Chem. Biol* 3, 565-569.
- Ruigrok RW, Crépin T, Hart DJ, Cusack S (2010). *Cur. Op. in Struct. Biol.* 20, 104-113

4. Politique des organismes français en Afrique : le cas de l'IRD

Michel Laurent

Parler des politiques actuelles des organismes de recherche français en Afrique ne peut se faire sans avoir en tête notre histoire commune et l'amitié qui lie les peuples africains et français. Tout au long de cette histoire commune, ensemble, nous avons cherché des solutions de développement au travers de la science. N'oublions pas que la première université d'Afrique de l'Ouest, l'Université de Dakar, actuellement « Université Cheikh Anta-Diop » (UCAD), était en 1957 la 18^e université française. Cela crée des liens !

L'Institut de Recherche pour le Développement, l'IRD, est l'un des deux établissements publics de recherche – l'autre étant le Cirad – dédié au développement des communautés du Sud dont dispose la communauté scientifique et académique française. À côté de l'IRD, d'autres établissements publics de recherche, présents ici au Sénégal et ailleurs en Afrique, le Cirad, le CNRS, l'Inserm, mais aussi d'autres institutions comme l'Institut Pasteur et la Conférence des présidents des universités françaises (CPU) se sont regroupés au sein d'une agence, l'AIRD², qui agit en leur nom pour fédérer et mieux coordonner l'action partenariale des opérateurs français au Sud.

Les chercheurs français, de l'IRD mais aussi ceux du Cirad, sous d'autres dénominations, sont présents depuis plus de 60 ans dans les pays de la zone intertropicale et plus particulièrement en Afrique de l'Ouest. Aujourd'hui un nouveau partenariat, qui abandonne les pratiques traditionnelles de coopération Nord-Sud, est en train de s'imposer. Nous assistons à un véritable changement de paradigme, très exigeant pour les parties prenantes, mais essentiel car lui seul peut nous permettre une vision commune et équilibrée de l'avenir. Il s'agit en effet co-construire des stratégies pour aller vers une co-programmation, une co-évaluation, un cofinancement et *in fine* de partager les fruits du travail commun.

Ce modèle est fondé sur les principes de participation, d'appropriation, de transparence, d'efficacité et de bonne gouvernance. Ces principes fondent une éthique de partenariat : c'est aujourd'hui une obligation si l'on veut répondre aux défis de développement qui se présentent aux sociétés du Sud mais également, dans un monde globalisé, aux sociétés du monde entier. Soucieux du respect de ces principes qui fondent son éthique partenariale, l'IRD et son agence ont souhaité les

² AIRD – Agence Interétablissements de Recherche pour le Développement.

formaliser à travers l'adoption d'une charte³, laquelle, étant donnée sa nature finalisée – le développement – doit prendre en considération les trois dimensions de la société de la connaissance, à savoir, la formation, la recherche et l'innovation.

Dans une phase de difficiles équilibres et de ruptures économiques dues aux crises que traversent l'économie mondiale, les pays en développement et les économies en transition devraient continuer à stimuler la croissance mondiale⁴. Dans cette perspective, soulignons que la plupart des pays africains ont connu, ces dernières années, des taux de croissance économique exceptionnels. Entre 2001 et 2010, parmi les dix économies enregistrant les plus forts taux de croissance, six appartiennent à l'Afrique subsaharienne.

L'Afrique est également portée par une dynamique démographique sans précédents et sa projection à 20 ou 30 ans rappelle un des défis majeurs auxquels l'Afrique sera confrontée. Ainsi, rythme de croissance et démographie conditionnent l'avenir de l'Afrique. Alors que les pays du Nord doivent faire face au vieillissement des populations, les pays du Sud et l'Afrique en particulier pourront compter sur un capital humain exceptionnellement jeune : avec près de 200 millions d'habitants âgés de 15 à 24 ans, ce continent possède la population la plus jeune du monde. Ce chiffre aura doublé d'ici 2045⁵ et les jeunes africains représentent un véritable réservoir en termes de capital humain. Sa croissance va créer des opportunités uniques pour le développement économique et social de l'Afrique.

Au cours de la dernière décennie, l'émergence de nouveaux acteurs très performants à l'échelle mondiale a engendré une modification des équilibres mondiaux en matière de R&D. Mais la part de l'Afrique à cette échelle est restée relativement inchangée malgré quelques progressions significatives. Par exemple, le nombre de publications enregistrées au SCI (*Science Citations Index – Web of Science*⁶) a augmenté dans tous les pays de l'Afrique subsaharienne. Mais en 2009, seuls 22 pays comptaient plus de 100 articles indexés dans cette base de données. Trois pays seulement, l'Afrique du Sud, le Kenya et le Nigeria, comptaient plus de 1 000 publications dans cette même base de données.

L'examen de la mobilité des chercheurs ne fait que renforcer l'idée que ce continent reste encore à l'écart des dynamiques scientifiques. Dans un article paru récemment dans la revue *Nature*, Jonathan Adams⁷ a introduit le concept de *brain circulation*. C'est un modèle gagnant-gagnant qui laisse encore l'Afrique à l'écart des grands mouvements de la diaspora scientifique tels qu'on les observe à l'échelle mondiale. L'Afrique reste, encore aujourd'hui, à la marge de cette « circulation des cerveaux ». Elle reçoit relativement peu d'étudiants étrangers : la mobilité depuis les autres continents vers l'Afrique est rare avec 1 % seulement ! 99 % des étudiants étrangers accueillis par les pays d'Afrique subsaharienne

³ [http://www.ird.fr/les-partenariats/la-charte-du-partenariat/\(language\)/fre-FR](http://www.ird.fr/les-partenariats/la-charte-du-partenariat/(language)/fre-FR)

⁴ « Situation et perspectives de l'économie mondiale », Nations Unies, 2012 - <http://www.un.org/en/development/desa/policy/wesp/index.shtml>

⁵ « Perspectives économiques en Afrique », OCDE, 2012 - <http://www.africaneconomicoutlook.org/fr/>

⁶ http://thomsonreuters.com/products_services/science/science_products/a-z/science_citation_index_expanded/

⁷ J. Adams, "The rise of research networks", *Nature*, 18 octobre 2012.

viennent d'Afrique subsaharienne. Il s'agit donc d'une mobilité presque exclusivement intracontinentale au sein de laquelle deux pays, l'Afrique du Sud et le Maroc, représentent à eux seuls 70 % de cette mobilité.

Ainsi on peut considérer que le continent africain subit un *brain drain* extrêmement sévère. Il peut se définir comme la part de ressortissants d'un pays donné, disposant d'un niveau supérieur d'éducation, qui émigrent vers un autre pays. Or, 21 des 40 pays les plus concernés au monde par cette question sont africains. De fait les étudiants africains sont aujourd'hui les plus présents pour effectuer un cursus de formation à l'étranger. Pour des raisons de proximité géographique et culturelle, l'Europe reste la destination privilégiée de ces jeunes étudiants africains⁸. Ils choisissent l'Europe une fois sur deux, et leurs choix se concentrent sur quelques pays. Par exemple, 80 % des étudiants sénégalais en mobilité effectuaient leur cursus en France en 2007 pour seulement 66 % en 1999. La France accueille à elle seule 55 % des étudiants africains en Europe, faisant ainsi de la France la première destination mondiale pour les étudiants africains. Pour de nombreuses raisons cette mobilité doit être soutenue.

Mais nous devons prendre très au sérieux les effets d'une attractivité Sud/Nord non maîtrisée. Je suis convaincu que le *brain drain* est un fléau majeur pouvant affecter en profondeur et durablement le développement des pays d'Afrique, particulièrement leur compétitivité, celle d'aujourd'hui mais plus grave celle de demain. En s'exprimant sur ces sujets, le Président de la République Française, François Hollande, lors de son discours prononcé à l'Assemblée nationale de la République du Sénégal, le 12 octobre dernier, nous a dit comprendre : « ... la volonté des jeunes africains d'être mieux formés ici, dans leurs propres pays avec des grandes universités ... africaines, avec des centres de recherche, ... ce qui n'empêchera pas qu'ils puissent se déplacer pour apporter leur concours, le produit de leur travail, mais c'est ici que la formation doit être faite et c'est ici que les jeunes qui sortent des écoles et des universités partout en Afrique ... devront trouver l'emploi qu'ils cherchent »⁹.

C'est ce que nous tentons de faire à l'IRD et particulièrement au sein de l'agence : former localement les étudiants aux niveaux master et doctorat afin de les aider à s'intégrer dans les systèmes académiques et scientifiques de leurs pays. Les bourses doctorales par exemple concernent les étudiants inscrits dans une université du Sud, généralement en cotutelle Nord/Sud, mais qui prévoit une mobilité au « nord » pour un temps partagé. Ce dernier peut représenter jusqu'à 50 % du programme doctoral. D'un point de vue strictement quantitatif, depuis 2005 plus de 250 étudiants du Sud ont bénéficié d'une bourse de thèse de l'IRD. Sur la période 2005-2010, l'Afrique subsaharienne a bénéficié de 50 % de ces bourses¹⁰.

Mais d'autres initiatives permettent de soutenir cette formation au Sud. J'évoquerai un programme d'enseignement connu sous le label AIMS – *African Institute for Mathematical Science* – qui agit pour la formation des élites africaine

⁸ <http://www.uis.unesco.org/Education/Pages/international-student-flow-viz.aspx>

⁹ <http://www.elysee.fr/videos/discours-du-president-a-dakar-devant-l-rsquo-assemblee-nationale-du-senegal/>

¹⁰ <http://www.aird.fr/nos-programmes/renforcement-des-capacites>

dans le domaine des mathématiques et de leurs applications¹¹. Après l'Afrique du Sud, un centre a été ouvert au Sénégal – AIMS Sénégal – en 2010. L'IRD soutient cette initiative depuis ses origines au Sénégal, bien évidemment en contribuant à l'activité d'enseignement, mais aussi en hébergeant AIMS Sénégal sur un de ses sites à M'bour¹².

La vision qui sous-tend ce programme d'enseignement des sciences exactes et de leurs applications est que le développement durable de l'Afrique passe par les savoirs et les compétences des Africains eux-mêmes. Ce projet n'est-il pas également un antidote au *brain drain* que nous venons d'évoquer ? Cet intérêt pour l'Afrique et la formation, sur le continent même, est d'un très bon augure pour demain. Et il est également rassurant de voir une mobilisation internationale très forte en soutien à cette initiative dans le domaine des mathématiques.

Mais cet intérêt pour l'Afrique, nous sommes allés le chercher dans l'objet des travaux des scientifiques eux-mêmes. Nous nous sommes intéressés aux contenus de trois revues généralistes prestigieuses, *Nature*, *Science* et *PNAS*. Une analyse rapide de ces contenus montre qu'au cours des dix dernières années l'Afrique et les enjeux de science et développement du continent africain ont fait l'objet de nombreuses publications avec une croissance sur dix ans de près de 80 % environ.

En revanche et malgré l'évidente difficulté que présente une analyse conduite seulement sur le champ des affiliations, on constate que l'Afrique reste insuffisamment représentée quand il s'agit d'enjeux et de connaissances concernant le continent africain lui-même ! Si la part des auteurs africains est passée de 12 % à 18 % entre 2000 et 2011 avec de fortes disparités (l'Afrique du Sud apparaît 54 % des fois et le Kenya 17 %), la faiblesse de ce pourcentage ne manque pas de nous questionner. N'assiste-t-on donc pas pour une large part au développement d'une science *sur* l'Afrique et non d'une science *avec* et *pour* l'Afrique ? Mais ce développement endogène de l'Afrique passe par la mise en place et le développement de plates-formes technologiques, pédagogiques et scientifiques en Afrique même et ce, dans différents domaines de recherche tels que l'environnement, la santé, les ressources naturelles, l'énergie ou encore les sciences humaines et sociales. Ces investissements locaux sont une priorité si l'on veut qu'une science africaine prenne toute sa place à l'échelon mondial et que les scientifiques participent au développement durable de ce continent.

Conscient de cette nécessité, l'IRD a entrepris une politique de renforcement du partenariat à travers la promotion de Laboratoires mixtes internationaux (LMI). La finalité des LMI est de structurer la collaboration entre scientifiques du Nord et scientifiques du Sud autour d'une co-construction, d'un co-financement, d'une co-évaluation et d'une gestion conjointe des activités. Maintenir une forte proximité avec les partenaires du Sud est une des clefs de notre action : aujourd'hui près de 450 agents de l'Institut sont présents sur le territoire africain et s'impliquent dans des programmes de recherche qui touchent aux grands défis de ce continent,

¹¹ <http://www.aims.ac.za/>

¹² CIREM – « Centre International de Recherche et d'Enseignement de M'bour », dont les partenaires sont : l'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal, l'Université Cheikh Anta-Diop de Dakar, le Centre de suivi écologique, l'Institut africain des sciences mathématiques et l'IRD.

notamment le changement climatique, l'environnement et la biodiversité, les ressources naturelles et la gestion de l'eau, la santé mais également toutes les questions qui relèvent des sciences humaines et sociales comme le patrimoine, les questions foncières ou encore les migrations. Notons que, sur les questions plus spécifiques d'agronomie, un institut comme le Cirad est également présent en Afrique avec environ 200 agents.

Ce travail en partenariat et ces nouveaux instruments ont permis à l'IRD d'afficher des taux de co-publication avec les pays du Sud très élevés. En 2012, comme pour le Cirad, ils ont atteint 50 % de la production scientifique totale de l'Institut et 40 % de ces co-publications associent un partenaire africain.

Mais les Suds ne peuvent se satisfaire d'une production de connaissances qui ne serait qu'une contribution cognitive. Un impact assez direct sur la performance économique est attendu et sur ce plan il apparaît clairement que beaucoup reste à faire. Par exemple et pour ne prendre que la relation articles scientifiques – brevets déposés en 2010, les pays à faible revenu ne représentent que 1 % du total des demandes de titres de propriété intellectuelle au niveau mondial et la part de l'Afrique reste encore marginale avec 0,1 %.

Une difficulté particulière des pays du Sud semble bien être le lien entre recherche académique et tissu économique local. C'est pourquoi il est très important de soutenir la professionnalisation au sein des cursus mais aussi de renforcer et valoriser le potentiel entrepreneurial des étudiants et des chercheurs. Ceci est l'objectif de l'incubateur INNODEV, premier incubateur académique d'Afrique de l'Ouest, lancé en 2009 au Sénégal et qui représente une collaboration entre les universités et instituts de recherche sénégalais et l'IRD¹³.

Sur ces questions d'innovation, un autre rôle potentiel est lié aux diasporas étudiantes et leur rôle dans le développement technologique et économique de leurs pays d'origine. C'est ce potentiel que l'AIRD a souhaité valoriser par la mise en œuvre du programme PACEIM. Il vise à soutenir la création d'entreprises innovantes par des étudiants qui effectuent ou ont terminé leur programme doctoral au Nord et qui souhaitent créer une entreprise innovante au Sud. Jusqu'à présent ce programme de soutien sur deux ans est mis en place uniquement en Méditerranée (pays du Maghreb et Liban), mais il a vocation à être étendu aussi à l'Afrique subsaharienne.

Cette démarche qui vise à faire face aux grands défis du développement durable dans les pays du Sud doit également bénéficier des technologies parmi les plus avancées. Celles-ci permettent aujourd'hui l'accès à une masse considérable de données et informations relevant de multiples domaines : le changement climatique, le cycle de l'eau, les usages et la dégradation des terres, le cycle du carbone, pour n'en citer que quelques-uns. Les pays du Sud doivent pouvoir utiliser ces connaissances indispensables à l'émergence de véritables stratégies en matière de développement durable par exemple et partant de meilleure gouvernance en la matière.

¹³ Les partenaires d'INNODEV: les cinq universités du Sénégal, l'ITA, l'ISRA, l'IRD et le SCAC de l'Ambassade de France au Sénégal.

Les infrastructures de réception d'images satellitaires haute résolution sont à l'évidence des outils emblématiques. C'est le cas des stations « SEAS¹⁴ » que l'IRD avec ses partenaires institutionnels et scientifiques est en train de développer en Guyane Française, sur l'île de La Réunion, au Gabon et prochainement en Haïti dans le cadre du programme global GEODEV en partenariat avec le Cirad et Irstea. Ces plates-formes peuvent jouer un rôle majeur dans la contribution des sciences au développement. Des projets panafricains, comme celui de la GMV¹⁵ de lutte contre la désertification au Sahel, devraient en tirer des avantages immédiats. Ces instruments offrent par ailleurs l'opportunité d'un développement endogène car susceptible de créer des dynamiques locales en les insérant dans des réseaux à l'échelle mondiale. Enfin, ce sont des lieux qui permettent la mise en œuvre d'un véritable partenariat autour des enjeux de formation, de recherche et d'innovation.

¹⁴ SEAS - Surveillance de l'environnement assistée par satellite.

¹⁵ GMV – Grande muraille verte.

5. Rôle des académies européennes pour le développement de l'Afrique dans la mise en œuvre du Plan d'action consolidé dans le domaine de la science et de la technologie

Odile Macchi

1. L'académie des sciences de l'Institut de France

Voici d'abord une brève description de l'Académie des sciences, dont la fondation remonte à 1666, et qui constitue l'une des cinq académies de l'Institut de France avec l'Académie française, l'Académie des sciences morales et politiques, l'Académie des inscriptions et belles lettres et l'Académie des beaux-arts. L'Académie compte aujourd'hui 254 membres, ainsi que 103 correspondants et 140 associés étrangers. La division 1 a quatre sections : mathématique, physique, sciences mécaniques et informatiques, sciences de l'univers ; la division 2 a quatre sections : chimie, biologie moléculaire et cellulaire et génomique, biologie intégrative, biologie humaine et sciences médicales. Il existe aussi une inter-section des applications des sciences.

L'Académie est ouverte aux problèmes de société. Parmi ses missions, elle exerce une importante mission de conseil en particulier envers le gouvernement. À la demande du gouvernement ou par auto-saisine, elle lui transmet des recommandations sur des sujets reliés à la science qui posent des questions d'intérêt national : réforme de l'université ; structure de la recherche scientifique publique française ; attractivité des carrières de la recherche ; enseignement des sciences et formation des professeurs... Il arrive même qu'elle ait à prendre des positions en urgence à cause de la pression des médias.

L'Académie émet des avis à qui veut l'écouter, ce qui peut avoir un intérêt au-delà de l'hexagone : usage de la bibliométrie pour évaluer les chercheurs ; formation continue des enseignants de sciences à l'école, au collège, au lycée ; toxicité d'un OGM (affaire Séralini)...

L'Académie produit aussi des rapports approfondis, d'intérêt souvent international : *Études sur l'environnement – De l'échelle du territoire à celle du continent ; Sciences et pays en développement – Afrique subsaharienne francophone ; Les post-doctorants étrangers ; L'accident majeur de Fukushima ...*

S'ouvrant de plus en plus à l'international, et aux questions globales de développement, l'Académie s'est dotée il y a 15 ans d'un Comité pour les pays en développement (COPED), son organe pour le partenariat scientifique avec les pays en développement. Il concrétise sa volonté de contribuer, par la science, aux solutions de grands problèmes planétaires : ressources naturelles, santé, agriculture, énergie, environnement, démographie, énergie...

Constitué de scientifiques des diverses disciplines, il travaille avec les universités et les organismes, en mettant un accent sur les pays francophones et notamment ceux d'Afrique.

2. Les grandes recommandations internationales des académies des sciences

Depuis 2005, les académies des pays du G8 (dont l'Académie des sciences de France) se réunissent en assemblée annuelle et préparent une déclaration pour être présentée au sommet du G8 et adressée aux chefs d'État respectifs. Elles s'adjoignent souvent des académies de pays du G20 ou de pays en développement. L'académie hôte (celle du pays où se tient le G8) choisit deux ou trois thèmes.

Année	Pays hôte	Thème 1		Thème 2
2005	Royaume-Uni	Global response to Climate Change		S&T for African development
2006	Russie	Energy Sustainability and Security		Avian influenza and infectious diseases
2007	Allemagne	Promotion and Protection of Innovation		Sustainability, energy efficiency and climate protection
2008	Japon	Avian Influenza		Energy
2009	Italie	Climate Change & Energy technological Transformations for a low-carbon Future		Migration
2010	Canada	Innovation for Development		Health of Women & Children
2011	France	Water & Health		Education for a Science-based global Development
2012	États-Unis	Energy and Water Linkage: Challenge to a Sustainable Future	Building resilience to disasters	Improving Knowledge of Emissions and Sinks of Greenhouse Gases

On constate que les problèmes des pays en développement y figurent en bonne place. Développons les recommandations les plus récentes.

En 2011, sur le thème de l'eau et de la santé, voici les recommandations essentielles :

- développer et maintenir de toute urgence les équipements sanitaires pour une eau de qualité en milieu urbain et rural. Priorité aux écoles. Respect des contraintes environnementales, technologiques et culturelles ;
- former professionnels de l'eau (techniciens et gestionnaires) ;
- former le comportement public vis-à-vis de l'approvisionnement en eau et de l'hygiène ;
- financer les recherches sur les pathogènes, sur les vaccins, développer des marqueurs peu coûteux ;
- gérer communautairement les bassins en encourageant le rôle clé des femmes ;
- rechercher des utilisations innovantes écologiques et plus efficaces en agriculture et industrie par des réseaux de compétences nationaux, régionaux et internationaux.

Et sur le thème de l'éducation en vue d'un développement global basé sur la science :

- mondialiser les connaissances en S&T ;
- encourager et aider les pays en développement pour les infrastructures et ressources humaines en éducation, faciliter le retour des ressortissants formés à l'étranger ;
- élargir l'accès aux publications et bases de données scientifiques ;
- mettre en place de bonnes structures internationales de formation à distance (*e-learning*) pour les étudiants de tous pays ;
- créer un réseau de centres de recherche sur les nouvelles méthodes pédagogiques: *e-learning*, *inquiry-based education* (ex. *La main à la pâte*), *evidence-based education* ;
- diffuser les sciences cognitives pour améliorer les modes d'apprentissage des enfants et des étudiants ;
- étendre les programmes d'échanges des scientifiques avec le grand public, les médias et les décideurs.

Le G-science de 2012. Les académies des sciences d'Afrique du Sud, Allemagne, Brésil, Canada, Chine, États-Unis, France, Inde, Indonésie, Italie, Japon, Maroc, Mexique, Royaume-Uni, Russie, réunies en février 2012 à Washington, ont identifié leur assemblée annuelle comme « G-science », pour adresser les recommandations des scientifiques, non plus seulement aux pays du G8, mais à tous les dirigeants réunis lors des sommets internationaux : G8+5, G20, Rio + 20... et pour associer beaucoup d'académies de pays en développement car ils participent à l'expertise des enjeux locaux, régionaux et globaux de la planète. Le G-science 2012 a appelé les dirigeants mondiaux à accorder une place plus grande à la science et la technologie afin de relever trois des défis les plus critiques de la planète.

Recommandations sur l'interdépendance des besoins en eau et en énergie

- 1) Intégrer pleinement les programmes sur l'eau et l'énergie en favorisant l'efficacité, le recyclage, la cohérence des besoins croissants et concurrents en nourriture et protection des écosystèmes.
- 2) Investir dans la recherche et l'innovation.
- 3) Évaluer les coûts indirects des consommations en énergie et en eau, et les répercuter sur les prix.
- 4) Développer l'accès libre aux données clefs sur l'eau et l'énergie.

Sur la résilience aux catastrophes d'origine naturelle ou technologique

- 1) Mettre en place des réseaux de surveillance permanents qui classent les risques.
- 2) Préparer les systèmes de santé à réagir rapidement ; surveiller les risques sur les récoltes et les troupeaux.
- 3) Améliorer les technologies de l'information pour des avertissements rapides, voire créer des réseaux dédiés.
- 4) Minimiser la vulnérabilité des infrastructures modernes aux sites du patrimoine culturel et naturel.
- 5) Renforcer la résilience par des programmes d'aide au développement, d'éducation et de communication.

Sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre et sur les puits de CO₂

- 1) Un rapport annuel, pays par pays, avec les mesures chiffrées des émissions de GES, dont CO₂ issu des énergies fossiles brûlées et CH₄ issu de source industrielle et du vivant.
- 2) Une coopération internationale pour partager des méthodes et des données standardisées (au sol, par satellite, etc.).
- 3) Des programmes de recherche internationaux et multidisciplinaires sur les flux de GES à travers les grands cycles biogéochimiques.

3. Actions coordonnées entre académies d'Europe et d'Afrique pour le développement

- *Il y a d'innombrables actions de terrain catalysées par des académies d'Europe.*

Exemple : à l'initiative de l'IAP, le « Women Health Education Programme » du GID a accompagné des projets de PED pour améliorer la santé de tous par l'éducation des femmes à la santé.

Exemple : certains programmes en Afrique de l'Académie nationale allemande Leopoldina.

Exemple : programme *La main à la pâte* au Sénégal et au Cameroun.

Exemple : action éducative et de santé dans des zones enclavées du Maroc : Prix « Purkwa ».

- *Les académies d'Europe et d'Afrique organisées en réseaux mènent des actions de concert.*

Les académies ont des liens bilatéraux. Elles ont aussi créé des réseaux régionaux.

Exemple pour l'Europe : All European Academies (ALLEA) ;

Exemple pour l'Afrique : African Academy of Sciences (AAS) et Network of African Science Academies (NASAC).

Ces réseaux eux-mêmes interagissent et il y a des réseaux mixtes Europe/Afrique.

Exemple : Groupement interacadémique de développement (GID) ;

Exemple : European Mediterranean Academy Network (EMAN).

Malheureusement, la visibilité des actions des académies au niveau des décideurs est encore insuffisante pour déclencher assez de programmes de terrain.

Propositions de quelques actions futures

- 1) *Lutter contre la fuite de cerveaux et favoriser la recherche en Afrique dans les domaines liés au développement par de nouveaux réseaux scientifiques internationaux Afrique/Europe soit de recherche (sur le modèle du Cimpa), soit d'enseignement à distance ou par la relance d'anciens réseaux, en focalisant les thématiques.*
- 2) *Encourager les femmes africaines à devenir scientifiques par la promotion au niveau des académies des programmes de soutien aux femmes et des échanges temporaires de personnes « modèles » entre Europe et Afrique.*
- 3) *Relancer les actions pilotes d'enseignement des sciences en primaire (type La main à la pâte) par l'appui organisé d'un réseau d'académies européennes et africaines, en particulier auprès de leurs pouvoirs publics ainsi que par des échanges de formateurs.*

Conclusion

Dans un monde interdépendant devenu un village, les défis sont globaux, de sorte que le développement de l'Afrique concerne tous les peuples au-delà de ce continent. Il est en particulier une clé incontournable de l'avenir du monde développé. Pour construire solidement cet avenir mondial, l'Europe et Afrique sont deux piliers qui doivent et peuvent se rejoindre en une arche, et il est vrai de dire que la science est une armature de cette arche. L'époque du simple transfert vers l'Afrique des découvertes scientifiques occidentales est tout à fait révolue, la science se fait et se partage au niveau du globe et tout spécialement entre ces deux continents qui partagent tant de leur Histoire. Nous qui sommes ici, scienti-

fiques d'Europe et d'Afrique, nous avons bien des souvenirs de travail en commun qui sont une des bases de cette arche. Dans cette construction commune, les pays d'Afrique sont en droit d'attendre un plus de développement par le partage de la science européenne, et en particulier par l'implication des académies des sciences d'Europe, tandis que les pays d'Europe sont en droit d'attendre un regain d'espérance par le partage du dynamisme des scientifiques africains et de leurs académies.

6. Des structures innovantes en matière de recherche et de formation pour le développement avec le Sud

Pierre Auger et Mamadou Sangharé

Unité mixte de recherche internationale : une structure adaptée à la demande des partenaires au Sud

Dans le cadre de ses missions de formation, de recherche et de valorisation pour le développement, de consolidation des communautés scientifiques du Sud et du renforcement des partenariats Nord-Sud et Sud-Sud, l'IRD (Institut de recherche pour le développement) a mis en place des unités mixtes internationales (UMI) et des laboratoires mixtes internationaux (LMI).

Unité mixte internationale

Une UMI est une unité mixte de recherche (UMR) internationale avec des tutelles nationales mais également des tutelles de pays partenaires au Sud, en général des universités du Sud. L'UMI 209 UMMISCO (Unité de Modélisation Mathématique et Informatique des Systèmes Complexes) par exemple, a deux tutelles françaises, l'IRD et l'université Pierre-et-Marie-Curie, et cinq tutelles au Sud, l'université Cadi Ayyad de Marrakech, l'université Cheikh Anta Diop de Dakar, l'université Gaston Berger de Saint-Louis, l'université de Yaoundé 1 et l'université nationale du Vietnam de Hanoï.

Au-delà de sa structure d'UMR internationale associant des chercheurs et enseignants au Nord et au Sud, une UMI répond aux fortes attentes des partenaires Sud car elle permet :

- une évaluation rigoureuse et de haut niveau réalisée par l'AERES (tout comme les UMR Nationales) dont bénéficient les partenaires Sud, ce qui leur permet de viser une reconnaissance de leur excellence en matière de recherche et de formation ;
- la mise en place de véritables UMR internationales de haut niveau scientifique dans lesquelles les universités partenaires au Sud sont durablement et équitablement impliquées tant pour la recherche (développement de laboratoires locaux) que l'enseignement (développement de masters et programmes doctoraux internationaux) ;
- le développement des interactions Sud-Sud avec des projets entre partenaires Sud au sein de l'UMI.

Une UMI apporte une forte plus-value aux partenaires du Nord car elle permet :

- de faire bénéficier les tutelles nationales Nord de l'expertise et de (co-) publications des chercheurs partenaires de l'UMI au Sud ;
- de contribuer au développement et au rayonnement de la langue française au sein des universités partenaires Sud ;
- de mettre en place un partenariat à long terme avec des équipes d'excellence dans les grandes universités au Sud, adossé à une stratégie de formation doctorale de qualité.

La structure de type UMI a, de notre avis, vocation à devenir la structure de référence pour le partenariat au Sud en matière de recherche et de formation, en associant dans des laboratoires communs et de manière pérenne les instituts de recherche et universités au Nord en partenariat avec leurs homologues au Sud pour y développer une recherche de haut niveau au service du développement.

Depuis quelques années, le ministère allemand de l'Éducation et de la Recherche souhaite développer des programmes de recherche et de formation notamment en Afrique subsaharienne. Plusieurs programmes sont en cours avec la France, en particulier le projet AAMaCS en mathématiques et informatique, associant des équipes africaines, françaises et allemandes dans un projet à durée de vie limitée, financé par des instituts de recherche français et le ministère allemand. Les UMI, à notre avis, ont vocation à élargir leur périmètre au niveau européen en acceptant de nouvelles tutelles universitaires en Allemagne et plus généralement en Europe. Cela permettrait de mutualiser les moyens et de garantir à de tels projets de pouvoir se développer dans la durée.

Laboratoire mixte international

Un laboratoire mixte international (LMI) est une structure opérationnelle de recherche et de formation, implantée physiquement dans les locaux d'un ou de plusieurs partenaire(s) du Sud, permettant la réalisation de projets conjoints de formation et de recherche autour d'une plate-forme scientifique commune (laboratoires, équipements, moyens informatiques et documentaires, etc.). Contrairement à une UMI, un LMI est rattaché à une UMR française. L'UMR de rattachement est évaluée par l'AERES alors que le LMI qui est une structure de durée de vie courte, accolée à une UMR, est évaluée par les commissions sectorielles scientifiques de l'IRD.

Bien d'autres structures de laboratoires de recherche internationaux sont également développées au CNRS (notamment des structures de type UMI) ou encore à l'Inria. En général elles correspondent plutôt à des groupements ou à des réseaux de recherche internationaux.

Parmi tous ces dispositifs de recherche internationaux, l'UMRI (une UMI au sens de l'IRD) nous semble la mieux adaptée pour répondre à la demande des partenaires au Sud qui souhaitent faire partie de laboratoires internationaux de haut niveau scientifique, de manière durable et sur un pied d'égalité avec les chercheurs et enseignants du Nord.

Les dispositifs de formation jouent aussi un rôle primordial pour le développement de la science au Sud, notamment les programmes doctoraux internationaux comme le programme « Systèmes Complexes » de l'université Pierre-et-Marie-Curie. Le dispositif AIMS au Sénégal constitue également un exemple original et très intéressant dans le domaine des mathématiques.

Une initiative en matière de formation au Sud, l'African Institute for Mathematical Sciences au Sénégal : AIMS-Sénégal

L'Institut africain des sciences mathématiques AIMS-Sénégal, dirigé par le Professeur Mamadou Sangharé de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar, s'inspire du modèle de AIMS-South Africa pour mettre en œuvre un centre international d'excellence en sciences mathématiques. AIMS-Sénégal sera également l'hôte d'un centre de recherche dynamique qui servira à stimuler les activités de recherche au Sénégal et à aider à maintenir des chercheurs Africains en Afrique.

De ce point de vue, AIMS-Sénégal est une opportunité pour le Sénégal de construire un centre international d'excellence en mathématiques et permettre aux Sénégalais de prendre une position de leader dans le développement de la science en Afrique. Par ailleurs, grâce à ses installations, ses partenariats académiques, sa production scientifique, AIMS-Sénégal a le potentiel de faire du Sénégal une vitrine de la science en Afrique. Basé à Mbour, le campus de l'AIMS-Sénégal est situé dans une réserve naturelle balnéaire avec une vue imprenable et un espace pour 80 étudiants et 20 chercheurs, en leur fournissant toutes les infrastructures et installations requises pour être un centre international d'excellence.

AIMS identifie les meilleurs diplômés africains pour leur fournir une éducation de calibre mondial en sciences mathématiques, en leur permettant de poursuivre des carrières dans la recherche, l'industrie et le secteur public. Les étudiants bénéficient d'une bourse complète, d'un accès continu à l'informatique et à Internet, d'une interaction étroite avec des tuteurs à temps plein et des professeurs, et d'une éducation bilingue. Approuvé par le NEPAD, l'Union Africaine et TED comme *une idée assez grande pour changer le monde*, ce modèle a été affiné et éprouvé depuis 2003 à Cape Town, en Afrique du Sud. Parmi les diplômés de AIMS, 308 sont orientés vers les carrières partout en Afrique, en tant que chercheurs, enseignants, épidémiologistes, gens d'affaires, modélisateurs financiers, plus de 105 continuent vers le doctorat et 75 % sont encore en Afrique.

Pourquoi AIMS-Sénégal ?

L'Afrique a besoin de se développer rapidement. La science et la technologie sont deux puissants moteurs de progrès global pour la société et pour l'économie. Pour que l'Afrique puisse bénéficier pleinement de ces forces, dans ces deux domaines, le continent doit bâtir de fortes capacités de formation sur place. La plus grande ressource de l'Afrique, ce sont ses habitants. Il ne peut y avoir d'investissement plus efficace pour le futur de l'Afrique que dans l'éducation, permettant aux jeunes talentueux de contribuer pleinement au développement de leur pays.

7. État de l'enseignement et de la recherche agricoles en Afrique

Ahmadou Lamine Ndiaye

1. L'agriculture au cœur du débat sur le développement en Afrique

En Afrique, l'agriculture assure directement ou indirectement des moyens de subsistance à environ 80 % de la population africaine, polarise, dans de nombreux pays, plus de 60 % de la population active et constitue de ce fait le plus grand pourvoyeur d'emplois. Cependant, l'agriculture africaine n'arrive pas à nourrir la population toujours plus nombreuse sur ce continent. Selon la FAO, au fur et à mesure de leur développement, pratiquement tous les pays du monde voient décroître le pourcentage de la population active liée à l'agriculture. Dans les pays les plus industrialisés, pris globalement, le pourcentage des agriculteurs « à plein temps » est tombé au-dessous de 3 %, et la proportion de la population économiquement active dépendant de l'agriculture est inférieure à 9 %.

La récente flambée des prix agricoles a encore aggravé la situation, et les Nations unies mettent en garde car, au train où vont les choses, le premier objectif du Millénaire pour le développement, à savoir « diminuer de moitié la faim dans le monde, d'ici à 2015 » ne sera pas atteint. Cette situation s'explique en grande partie par le sous-développement du secteur de l'agriculture, secteur caractérisé par des systèmes d'exploitation peu productifs, la pénurie de ressources humaines correctement formées et capables de promouvoir les innovations agricoles, l'insuffisance des capacités de formation et de recherche, un niveau de pauvreté élevé parmi les agriculteurs et l'incohérence des politiques agricoles.

En Mars 2002, le Secrétaire général des Nations unies, Kofi Annan, avant la fin de son mandat, avait demandé à l'InterAcademy Council (IAC), de préparer un plan stratégique pour exploiter les sciences et technologies les plus performantes, afin d'augmenter la productivité agricole et la sécurité alimentaire en Afrique.

Le Conseil inter-académique avait alors invité les 90 académies nationales, membres du Panel inter-académique à proposer des candidats susceptibles de participer à cette étude.

Un groupe d'une quinzaine de membres a été mis en place pour la réalisation de l'étude, en lui fixant comme objectif la production d'un rapport :

- reflétant le consensus de tous les membres et montrant comment les sciences et technologies peuvent aider l'Afrique à augmenter sa productivité agricole ;

- identifiant les conditions économiques, sociales et politiques nécessaires, pour l'adoption de ces sciences et technologies, à la fois par les secteurs public et privé.

Les chefs d'État africains, dans le cadre du Protocole de Maputo, ont adopté, en Juillet 2003, lors du Sommet de l'Union Africaine, tenu à Maputo (Mozambique) :

- un Programme Intégré de Développement de l'Agriculture en Afrique (CAADP) ;
- un engagement consistant à consacrer à l'agriculture, 10 % du budget de chaque État membre.

Tout récemment, des chefs d'État et de gouvernement de 17 pays Africains et près de 1 200 participants, représentant le secteur privé, la communauté internationale et les agricultures, se sont réunis, en septembre 2012, à Arhusa (Tanzanie), autour de Kofi Annan (pour le compte de l'Alliance pour une révolution verte en Afrique, AGRA, et la Fondation Bill et Melinda Gates) pour identifier des actions concrètes, pour transformer le secteur agricole et impulser la révolution verte en Afrique. Au cours de cette rencontre, il a été rappelé aux chefs d'État, qu'ils doivent s'assurer de la mise en œuvre des politiques agricoles de leur pays. Il a été également souligné que les paysans ont besoin de formation, de matériels agricoles, d'accès aux marchés pour de bons prix de leurs produits et d'entreprises agro-alimentaires pour la valorisation de leurs productions.

La Fondation Moi Ibrahim nous rappelle, dans un document publié à l'issue d'un forum organisé en 2011, que 79 % de terres arables en Afrique ne sont pas cultivées et que l'Afrique, avec 16 %, de terres arables, en possède la plus grande proportion dans le monde. Cette étude indique également que la population de 30 pays africains va doubler d'ici 2050 et que la moitié de la population, dans chaque continent, vivra dans les villes, en 2050 !

Selon la Commission économique pour l'Afrique des Nations unies (CEA), 26 % de la population africaine est sous-alimentée.

De ces considérations générales sur l'agriculture en Afrique, on peut dégager quelques idées forces sur ou nous sommes et vers où aller :

1. *L'agriculture est de l'écologie appliquée*, de sorte tout programme de mise en valeur et de développement, doit tenir compte de l'équilibre indispensable entre les facteurs de production et les producteurs.
2. *La nécessité de faire d'avantage appel, dans les systèmes de production, à la science et la technologie*. Il convient de souligner une fois de plus, que l'économie du XXI^e siècle est fondée sur le Savoir qui impose, en agriculture, comme dans tous les autres secteurs d'activité économique le renforcement des capacités, en Science, Technologie et Innovation (STI). En agriculture, cela s'impose à tous les stades, de la production à la commercialisation, en passant par la récolte, la conservation, la transformation, la commercialisation... Le potentiel est énorme et les

technologies disponibles ; seules les bonnes politiques et des financements adéquats restent à mettre en place.

3. *Le besoin de développer une nouvelle génération*, rationaliser les pratiques agricoles pour extraire du sol les plus grands résultats. Il s'agit d'accepter le producteur agricole comme un véritable entrepreneur, exploitant, à l'instar des autres secteurs d'activité économique, soit une PME, soit une grande entreprise. Le développement de cette vision est de nature à conduire le producteur à rechercher, à trouver et à investir les capitaux nécessaires à l'exploitation des énormes potentialités agricoles que recèle le continent. Cette nouvelle génération de producteurs constitue des bons interlocuteurs des milieux de la recherche, pour poser avec pertinence les problèmes, suivre leur évolution, en vue d'introduire et d'adapter les innovations.

2. État actuel de l'enseignement et de la recherche agricoles en Afrique

Le continent africain, qui a eu un long passé colonial, est vaste, diversifié ; des statistiques actuelles fiables font défaut, la circulation des informations est limitée, de sorte qu'il serait présomptueux de vouloir donner, en quelques lignes « l'état de l'enseignement et de la recherche en Afrique », question pourtant capitale. Nous allons nous limiter à dégager des tendances pour engager la discussion en dégageant les quelques caractéristiques suivantes.

2.1. Au plan de l'enseignement

Au cours de la période 1952-1963, l'Afrique francophone aurait produit seulement 4 diplômés universitaires dans le domaine de l'agriculture, alors que l'Afrique anglophone en aurait produit 150 au cours de la même période (Eisemon *et al.*, 1982).

Pendant les années qui précédèrent l'indépendance et au cours des années 1960 et 1970, le nombre de bourses accordées par les pays industrialisés aux étudiants africains pour effectuer une formation outre-mer a augmenté considérablement. Ceci reflète, en partie, une prise de conscience accrue de la valeur et du rôle de l'éducation supérieure et de la science pour le développement.

Un document préparé par la Division de la recherche, de la vulgarisation et de la formation de la FAO (FAO, 1997), dégageait déjà les difficultés et chances de l'enseignement agricole pour la décennie 1990 et au-delà, et indiquait que « dans ce contexte physique et social en voie de mutation accélérée, l'enseignement et la formation agricoles sont appelés à jouer un rôle décisif ».

La formation « moderne » dans le secteur agricole remonte à la colonisation. Il y avait déjà à l'époque, des institutions, l'École de Katibougou, qui fonctionne encore au Mali et qui a gardé sa réputation dans le domaine de la formation des cadres intermédiaires de l'élevage, en Afrique de l'Ouest francophone.

En ce qui concerne la formation dans le secteur de l'agriculture au sens large, seules les formations des cadres intermédiaires étaient mises en place. Dans le système francophone, les rares cadres supérieurs étaient formés à l'étranger.

Si, dans de nombreux pays africains, l'éducation et les formations agricoles au niveau de l'enseignement secondaire (collèges, lycées agricoles) sont très réduites, et souvent totalement absentes, la situation est bien meilleure au niveau supérieur tant au plan national que dans le cadre de structures partagées.

Il existe aussi, au niveau supérieur, des structures partagées de formation. Il s'agit de ces établissements en réseaux d'excellence, des formations de base ou postdoctorales spécialisées, dans le cadre de centres d'excellence comme :

- le Forum Régional des Universités pour le Renforcement des Capacités en Agriculture (The Regional Universities Forum for Capacity Building in Agriculture (RUFORUM)), qui est un consortium de 29 universités d'Afrique de l'Est, du Centre et du Sud, créé en 2004 ;
- le Réseau Africain pour l'Éducation de l'Agriculture, l'Agroforesterie et la Gestion des Ressources Naturelles (ANAFE), créé en 1993, par 29 universités et écoles supérieures d'agriculture. Il a pour objectif principal et initial d'incorporer les approches multidisciplinaires à l'enseignement de la gestion des terres à travers des modèles agroforestiers ;
- dans le cadre des activités de l'Association pour le Développement de l'Éducation en
- Afrique (ADEA), la Triennale de l'éducation et de la formation a dégagé des pistes de réflexion en « Formation agricole et rurale en Afrique francophone ».

2.2. Au plan de la recherche

On retrouve les mêmes tendances, avec toutefois, des différences plus marquées, entre les pays anglophone et les pays francophones.

Dans une étude de Jacques Gaillard & Roland Waast, sur la recherche scientifique en Afrique, publiée en 1988 (La Documentation Française, n° 148. 4^e trimestre 1988), nous rappellent les politiques et objectifs respectifs des pays colonisateurs.

Chaque pays de l'empire colonial britannique était perçu comme une entité distincte, ce qui a conduit à la décentralisation de la recherche et des structures. Des efforts d'organisation ont été faits en Afrique de l'Est dans la période qui a suivi la Seconde Guerre mondiale.

L'expérience française fut très différente, dans la mesure où la recherche était très centralisée et rattachée étroitement à la métropole, à travers des instituts spécialisés qui avaient des activités géographiquement étendues non seulement à l'Afrique francophone mais également aux colonies françaises, dans d'autres régions du monde.

En ce qui concerne l'organisation actuelle de la recherche, bien qu'il soit difficile de mettre en évidence un mode d'évolution commun des structures, il est possible de

relever une tendance générale. Au niveau national, bien qu'il existe des ministères de la recherche scientifique, la tutelle de la recherche agricole est généralement assurée par le ministère en charge de l'agriculture. Ces ministères ont la responsabilité de la définition de la politique. Toujours au niveau national, des institutions de recherche conduisent la mise en œuvre des programmes définis, avec un solide partenariat avec les instituts étrangers.

Les centres de recherche internationaux ont commencé leurs activités plus tardivement en Afrique que dans les autres continents. Mentionnons l'Institut international d'agriculture tropicale (IIAT), le Laboratoire international de recherche sur les maladies des animaux (ILRAD), le Centre international de l'élevage pour l'Afrique (ILCA), l'Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO-WARDA), dont le siège, après Monrovia puis Bouaké, se trouve actuellement au Bénin et dont le nom a récemment changé pour devenir « Africa Rice Center ».

3. Quelles priorités dégager pour l'action ?

3.1. Dans le court terme

Il est crucial qu'un accent fort soit mis sur le renforcement des capacités humaines à tous les niveaux : la formation de base des jeunes et la formation des adultes en milieu rural. Il s'agit d'appuyer la mise en place de dispositifs de formation de masse. Les ingénieurs et techniciens doivent être également formés aux approches de modernisation des exploitations familiales et à la conception de systèmes de production durables, dégageant des modèles locaux, pour inciter les initiatives locales.

Un vaste programme devrait être mis en place pour la formation des producteurs actuels, afin de les encadrer, en vue de la modernisation de leurs systèmes et méthodes d'exploitation.

Des diplômés de l'enseignement secondaire ou supérieur, de plus en plus nombreux, constituent des ressources humaines susceptibles de s'investir dans ce secteur. Il s'agit de les encourager et de les soutenir, afin qu'ils s'intéressent à ce secteur, alors que la plupart d'entre eux, préfèrent actuellement rester dans les villes, à la recherche d'un emploi salarié de plus en plus hypothétique. Avec la production agricole moderne, un secteur d'activités à la fois vierge et porteur s'offre à eux. Il appartient aux gouvernements de leur faire découvrir ce secteur mais surtout de les encourager à s'y engager.

3.2. Dans le moyen terme, assurer une solide formation de base

Lorsque l'on étudie le système éducatif de nos pays, on constate que l'importance de l'agriculture est loin d'être prise en compte dans les offres de formations, aux différents niveaux, primaire, secondaire et supérieur.

Actuellement, en dehors de quelques établissements d'enseignement agricole dans le secondaire, ce n'est qu'au niveau supérieur que des formations sont offertes dans le secteur agricole. Il convient de développer, dans les différents

niveaux du système éducatif, des structures spécifiques de formation en agriculture, collèges et lycées d'enseignement agricole, dont il faut accroître à la fois le nombre, les effectifs et la pertinence des programmes, en les orientant vers les spécificités des zones écologiques qui les abritent.

Développer les centres les centres d'excellence, qui, comme l'indique l'étude du Conseil interacadémique, « *doivent être structurés de manière à permettre des recherches sur les priorités, à la fois continentales et régionales* ». Il est aussi important que ces centres d'excellence doivent fonctionner sans restriction aux aires linguistiques, héritées de la colonisation.

L'utilisation de l'enseignement à distance. C'est toujours dans le cadre du développement de ce partenariat qu'il convient de faire appel aux possibilités offertes par les TIC, en participant plus activement à l'exploitation des activités de l'Université Virtuelle Africaine, aussi bien pour la formation universitaire que post-universitaire et la formation continue, y compris celle des producteurs.

L'introduction de nouvelles disciplines dans l'enseignement agricole. Certes, l'enseignement agricole a généralement suivi, dans le passé, le rythme des progrès scientifiques, mais ce rythme a subi de nos jours une accélération considérable. La dimension de ce progrès dans les nouveaux domaines que sont les biotechnologies, l'informatique et les systèmes de communication impose des périodes d'adaptation de plus en plus courtes. La préoccupation croissante pour la protection de l'environnement et des ressources naturelles a rendu nécessaires une recherche et un enseignement sur des thèmes comme la production et la protection biologique intégrée des végétaux, l'emploi rationnel des fertilisants ou la conservation des sols et des eaux. Les programmes se sont, jusqu'à présent, attachés à des techniques intensives utilisant une quantité élevée d'intrants. Les étudiants doivent acquérir les connaissances, les aptitudes et les attitudes demandées par une agriculture et un développement rural durables.

Le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) souligne dans son document *Stratégie internationale pour l'enseignement et la formation agricoles en matière d'environnement pour la décennie 1990*, le besoin pressant qui existe d'introduire les considérations d'environnement dans tous les types d'enseignement agricole.

8. Deux tables rondes sur l'eau

Organisateurs Cheikh Bécaye Gaye et Ghislain de Marsily

Table ronde 1 :

État de l'enseignement des sciences de l'eau en Afrique

Ghislain de Marsily, France, Alioune Kane, Sénégal, Amadou Hama Maïga, Burkina Faso, Nadji Tellro Wai, Tchad

L'enseignement des sciences de l'eau pose un vrai défi, a dit le modérateur Ghislain de Marsily dans son introduction. C'est une discipline multidisciplinaire par essence car, pour la comprendre, l'étudiant doit avoir une vision large et globale sur l'hydrologie, l'hydrogéologie, le climat, la qualité de l'eau qui intègre la chimie et la biologie. De plus, les volets sur environnement, l'agriculture, l'économie, le droit doivent être pris en compte. Ce premier niveau de compréhension devra permettre la spécialisation par une formation professionnalisante d'une part et d'autre part une ouverture à un sujet de recherche appliquée qui aboutira à une spécialisation. Pour ce faire, il faut que les enseignants se connaissent et se concertent pour faire un programme cohérent.

Le Professeur Alioune Kane, de l'UCAD, Directeur de l'École doctorale Eau, Qualité et usage de l'Eau (EDEQUE), après avoir exposé les motifs qui justifient la création de l'EDEQUE, a fait une présentation sur l'offre d'enseignement établie autour de sept axes à forte composante ingénierie et qui, avec la réforme LMD multiplie les initiatives pour pouvoir accroître le nombre de thèses dont le niveau actuel est jugé insuffisant. L'EDEQUE a à son actif de nombreuses publications, l'organisation de plusieurs rencontres scientifiques et de doctorales sous la houlette de l'ANSTS. Elle a de nombreux partenaires et note une forte demande au niveau sous-régional, mais la connectivité avec les programmes internationaux reste faible. Il faut donc avoir un regard positif sur l'avenir.

Pour le Professeur Amadou Hama Maïga, Directeur adjoint de ZIE (Ouagadougou), une bonne formation doit former une ressource humaine capable de gérer et de planifier. C'est complexe et difficile pour un seul établissement qui ne peut avoir toutes les compétences. La finalité de la formation est de permettre à l'étudiant de :

- connaître les ressources en eau et leur dynamique. Les facultés des sciences sont bien placées pour donner les éléments généraux du cycle de l'eau ;

- gérer la ressource et les services d'eau (mobilisation, transport, utilisation, eau potable) qui sont du domaine de l'ingénierie et du génie hydraulique. Dans ce secteur, il manque beaucoup d'offres de formation ;
- savoir faire des analyses financières de gestion de projet, très demandées par les entreprises et qui est souvent absent de la formation.

Pour cela, le cycle « D » est largement insuffisant. Il faudrait créer des programmes doctoraux sur l'eau, similaires à ceux du système anglo-saxon avec des instituts de S&T, en d'autres termes avec la science et le génie de l'eau dans un même établissement. Une réflexion devrait être menée pour une réforme en ce sens. Il faudrait également penser à la réorganisation et la diversification des programmes de l'offre de formation des niveaux Bac + 2. Les sociétés d'eau sont obligées de mettre en place des centres de formation professionnelle au sein de leurs entreprises pour combler cette lacune.

Pour terminer, Monsieur Maïga, se référant aux cinq années expérience de 2IE, s'est fait défenseur de l'enseignement ouvert à distance dans les domaines qui ne nécessitent pas de laboratoire et de contact.

M. Nadji Tellro Wai, du ministère tchadien de l'Environnement et des Ressources Hydriques (ERH), souhaite inscrire l'enseignement des sciences de l'eau dans le contexte des changements climatiques. Il souligne le constat un peu général du manque de données hydrologiques et du manque de moyens alloués aux services hydrologiques pour leur acquisition. La monographie des grands fleuves date des années 1960 et rien n'a plus été fait depuis lors. Au Tchad par exemple, les personnes formées en sciences de l'eau sont très peu nombreuses, moins de 20 personnes pour un pays aussi vaste. Ceux qui sont formés préfèrent travailler dans les secteurs plus attractifs offerts par les ONG.

Sur le plan de l'enseignement, on peut noter l'École supérieure des travaux publics et l'université. Ces établissements n'ont pas assez d'enseignant qualifiés. Il n'existe pas de structure de recherche adéquate. Le vrai défi est de pouvoir mieux intéresser les jeunes au domaine des ressources en eau et susciter des vocations.

Des débats qui ont suivi, il a été noté :

- l'insuffisance des données de bases ; ainsi le doctorant doit acquérir lui-même les données de sa recherche ;
- le désengagement et le manque de financement de l'État dans l'acquisition des données, alors qu'il relève de ses devoirs régaliens ;
- la recommandation que les systèmes de données privilégient les collectes par satellite : elles sont à l'abri du vandalisme et du manque de sérieux des observateurs ;
- le renforcement souhaitable de la synergie entre l'université, les instituts de formation et le monde des entreprises ;
- l'offre d'encadrement trop limitée au niveau D, due à la surcharge des professeurs, car seuls les enseignants de rang magistral sont habilités à diriger les recherches.

Table ronde 2 : Droit à l'eau pour tous

Alioune Kane, Sénégal, Ibrahima Ly, Sénégal, Denis Dakouré, Burkina Faso

Le modérateur Alioune Kane a introduit les débats en disant que le Livre Bleu cherche à mesurer de façon indépendante les progrès réalisés, qualitativement et quantitativement, à intervalles réguliers sur un territoire ou un pays donné vers l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement en matière d'eau et d'assainissement. C'est une initiative en vue de conseiller et d'interpeller l'autorité ou les populations sur les menaces au droit à l'eau pour tous. Il a aussi rappelé que, suite à l'interpellation de la Bolivie qui a introduit une loi à l'Assemblée générale de l'ONU le 28 juillet 2010, pour l'ONU, le droit à une eau potable salubre est un droit fondamental, essentiel au plein exercice du droit à la vie et de tous les Droits de l'Homme. « Le droit à l'eau peut être défini comme le droit de chaque être humain d'accéder en quantité et en qualité suffisante à l'eau potable et aux services d'assainissement de base. » Mais cette définition à vocation universelle ne trouve pas le même écho selon les régions du monde. S'il est reconnu par les nombreux pays qui en ont ratifié la convention, il y a bien des difficultés dans son application. À titre d'exemples, on peut citer :

- la non-prise en compte des usagers de l'eau à propos de la gestion des ressources et des décisions sur l'accès à l'eau, alors que c'est dans le milieu rural que les besoins en eau sont grands (par exemple, en milieu rural les prix du mètre cube d'eau sont souvent fixés par l'autorité sans concertation avec les consommateurs) ;
- le droit à une eau de qualité n'est toujours pas assuré ;
- le bien-être économique et social n'est pas toujours assuré par l'accès à l'eau...

Selon ces constats, les gouvernants doivent davantage être déterminés à mettre en place une politique d'accès à l'eau. Le monde scientifique doit également y jouer son rôle.

Les orateurs ont ensuite abordé le droit à l'eau selon leur domaine d'activité et selon leur appréciation de la notion de droit à l'eau au plan juridique et dans la pratique de terrain.

Droit à l'eau et droit de l'eau

Pour le Professeur Ibrahima Ly, juriste de l'école doctorale EDEQUE, le droit à l'eau est un droit consacré par la constitution ou la loi organique de nombreux pays. Aujourd'hui, il est accepté comme un Droit de l'Homme, c'est un concept très vulgarisé dans le monde. Beaucoup d'institutions internationales le reconnaissent. Au Sénégal, la notion de droit à l'eau et la notion de droit à l'environnement sont liées. Et la Constitution burkinabé de 1991 dispose que « les richesses et les ressources naturelles appartiennent au peuple. Elles sont utilisées pour l'amélioration de ses conditions de vie ». Dans le prolongement de cette constitution, une loi d'orientation sur l'eau de février 2001 décide que l'eau est un élément du patrimoine commun de la nation : « La loi reconnaît le droit de chacun à disposer de l'eau correspondant à ses besoins et aux exigences élémentaires de sa vie

et de sa dignité. Le Ministre chargé de l'Eau, le Ministre chargé des Affaires sociales et le Ministre chargé de la Santé proposent et mettent en œuvre, dans le respect de leurs attributions respectives, en liaison avec les autres autorités publiques compétentes et les personnes privées intervenant dans le domaine de l'eau, les mesures nécessaires à l'exercice de ce droit ».

Dans certaines conventions des Nations unies, le droit à l'eau est garanti de façon indirecte. Ainsi, la Convention des Nations unies sur la lutte contre la discrimination à l'égard des femmes, stipule que l'accès à l'eau est considéré comme un droit de la femme.

Les organisations régionales africaines dans la zone sahélienne ont trouvé des mécanismes et des dispositifs garantissant l'accès à l'eau (conventions locales) comme l'autorité de bassin du Niger ou de la Volta où la gestion intégrée des ressources en eau permet à tous les usagers de pouvoir disposer de la ressource de qualité sans empiéter sur les autres usagers et en respectant l'environnement.

Il faut bien distinguer le droit à l'eau et le droit de l'eau. La première expression est subjective et consacrée par de nombreux textes et lois internationaux. De son côté le droit de l'eau est l'ensemble des textes et dispositions garantissant l'accès à l'eau (le droit à l'eau, le droit à l'assainissement...). Le droit à l'eau est considéré par certains pays comme étant un objectif à atteindre en termes de développement. Le droit de l'eau est plutôt répressif car son objectif est plutôt d'appliquer des dispositions juridiques (par exemple, le Code de l'eau). Il existe en effet des conflits divers entre les prestataires de service d'eau et d'assainissement et les populations, ou entre les différents usagers de ces services. Pour le régler ces conflits il existe deux alternatives opposées le droit moderne et le droit coutumier. Le droit moderne est un droit juridique qui tente d'interpréter les lois et prononce des règlements de conflits en appliquant les dispositions et conventions nationales ou internationales. Cependant, dans bien des exemples de conflits entre usagers (par exemple éleveurs et pasteurs transhumants), on peut retenir qu'une réforme des textes juridiques permettra de prendre en compte conjointement les règles modernes et traditionnelles.

Les difficultés d'accès à l'eau potable et à l'assainissement

Selon une intervention de M. Denis Dakouré, conseiller technique de la GIZ au Burkina Faso, organisme allemand (anciennement GTZ) qui œuvre dans le domaine de l'eau et de l'assainissement. M. Dakouré, qui est également membre du comité national du Livre Bleu, fait d'abord des constats et un état des lieux des difficultés au plan législatif et des menaces de non application du droit à l'eau pour tous. Au Burkina Faso par exemple, la reconnaissance de ce droit constitue l'affirmation d'un principe général d'équité, en application duquel nul citoyen ne saurait être exclu de l'accès aux ressources disponibles en eau. Dans les autres pays africains, ces dispositions sont en vigueur également.

Le principe du droit d'accès de tous à l'eau trouve également un fondement culturel incontestable dans les coutumes locales africaines relatives à l'eau et aux ressources naturelles. Offrir de l'eau au visiteur ou à l'étranger est encore au-

jourd'hui en milieu rural le symbole d'une tradition d'accueil fortement enracinée dans les pratiques locales.

Patrimoine commun de la Nation, l'eau est une ressource dont la gestion est placée sous la responsabilité de l'État et des collectivités locales concernées. Cette responsabilité doit être assurée en fonction du principe de subsidiarité et de participation.

Difficultés pour assurer le droit à l'eau et à l'assainissement pour tous en Afrique

L'application de ces droits est entravée par de nombreux problèmes :

- manque de coordination entre les acteurs ;
- absence d'harmonisation entre lois et politiques pour la gestion environnementale ;
- manque de ressources humaines qualifiées ;
- disparité et manque d'équité dans l'accès à l'eau et à l'assainissement ;
- manque de subsidiarité.

Le nonaccès à l'assainissement est particulièrement répandu. Au Burkina Faso, près de 63 % font la défécation à l'air libre. Sur les 37 % ayant des ouvrages d'assainissement, à peine 3 % répondent aux normes d'hygiène. Près de 20 % de la population n'ont pas accès à une eau de bonne qualité !

De plus des disparités flagrantes demeurent de règle pour l'accès à l'eau et à l'assainissement à la fois entre régions et entre environnements. Ainsi, pour l'eau potable, la comparaison entre les taux d'accès dans les zones urbaines et rurales fait ressortir une très forte disparité, supérieure à 30 %. En milieu rural, le taux d'accès à une source d'eau potable améliorée varie considérablement : en 2010, on notait 7 % en Somalie et 99 % à Maurice. En 2010, le nombre de pays dont le taux d'accès à l'eau en zone rurale est supérieur à 80 % était seulement de 10. Pour l'assainissement, la proportion de la population urbaine ayant accès à une infrastructure améliorée variait de 19 % (Ghana) à 98 % (Seychelles) ; pour la population rurale, cette proportion était comprise entre 3 % (Togo) et 96 % (Libye).

De plus, les populations rurales défavorisées payent plus cher des services d'accès à l'eau et à l'assainissement que celles urbaines (500 FCFA/m³ contre moins de 200 FCFA), alors que ces services sont de moindre qualité !

L'absence de subsidiarité est aussi très préjudiciable et cause beaucoup d'atteintes au droit à l'eau et à l'assainissement : toutes les décisions de financement et d'allocation des ressources sont prises au niveau central sans concertation à la base.

Il faut donc retenir qu'il y a des difficultés dans la mise en œuvre des conventions sur l'eau et l'assainissement. C'est ce qui explique que beaucoup de pays ne considèrent le droit à l'eau pour tous que comme un objectif à atteindre, et souvent l'État met sur le compte de difficultés financières ces remises en cause du droit à l'eau et à l'assainissement. Les associations consommatrices (ligue de consommateurs) et les mouvements altermondialistes assurent donc une lutte

citoyenne en vue d'assurer le droit à l'eau et d'interpeller l'autorité pour qu'elles l'assurent.

9. Les défis du secteur électrique africain : les enjeux de la coopération régionale

Alioune Fall

Introduction

Avec une contribution de seulement 2 % au PIB mondial pour une population comptant pour 14 % de celle de la planète, l'Afrique est le continent le plus pauvre, comme l'atteste son PIB par habitant de 825 US\$ qui représente moins de 15 % de la moyenne mondiale (5 777 US\$) (IEA 2008).

Le retard économique de l'Afrique se reflète bien évidemment sur son développement énergétique, la consommation d'énergie primaire de l'Afrique s'établissant à 0,66 tep/*per capita* contre 1,8 tep/*per capita* en moyenne mondiale. De surcroît, le bilan énergétique reste dominé par la biomasse qui peut compter jusqu'à plus des trois quarts de l'énergie primaire consommée. Ainsi, la consommation par habitant d'énergie commerciale était de l'ordre de 0,3 tep.

1. La situation du secteur électrique de l'Afrique

Aujourd'hui encore, l'objectif, somme toute modeste, d'atteindre un taux d'électrification de 35 % en 2015, reste un défi pour nombre de pays d'Afrique subsaharienne. Les contraintes et difficultés du secteur électrique africain pèsent sur les performances économiques et sur la stabilité sociale des pays.

Les États ont, à cet égard, un certain nombre de défis à relever : le défi de l'accès des populations au service de l'énergie électrique, le défi de la disponibilité, le défi du coût de l'électricité ainsi que celui du financement.

1.1. Le défi de l'accès à l'électricité

Au regard de tous les indicateurs, l'Afrique accuse un retard considérable, s'agissant du niveau de développement de son secteur électrique. Ainsi, la capacité installée du Continent était estimée en 2006 à 106,3 GW, celle de l'Afrique Subsaharienne à 66,8 GW (ICA/UPDEA), c'est-à-dire que les 48 pays de l'Afrique subsaharienne réunis se comparaient à l'Espagne ou à l'Argentine (30 GW) si l'Afrique du Sud (RSA) est exclue (WB 2008).

La consommation totale d'énergie électrique du Continent s'élevait à 488 TWh, correspondant à une consommation annuelle de 532 kWh *per capita* (ICA/UPDEA), soit le cinquième de la consommation moyenne mondiale.

Ainsi, la consommation d'électricité d'un ressortissant des pays de l'OCDE représentait celle cumulée de plus de 120 habitants de l'Afrique centrale.

Les taux d'accès à l'électricité des pays de l'Afrique subsaharienne n'atteignent pas en moyenne 30 % ; autrement dit, plus de deux tiers de la population de l'Afrique subsaharienne ne bénéficient pas du service de l'électricité. Seuls les pays d'Afrique du Nord, l'île Maurice et l'Afrique du Sud présentent des taux supérieurs à 90 %.

En milieu rural, ce taux est de seulement 8 % pour l'Afrique subsaharienne contre un taux moyen mondial de 44 %.

1.2. Le défi de la disponibilité de l'énergie électrique

L'approvisionnement des usagers desservis souffre de la disponibilité précaire du service dont la régularité est l'exception. Si ce ne sont pas les sécheresses ou le manque d'entretien des équipements qui limitent la capacité d'offre, ce sont les difficultés d'approvisionnement en combustibles importés

La détérioration de la qualité de service comporte des effets dommageables à toute l'économie, et grève le coût de production des entreprises obligées de s'équiper en groupes électrogènes de secours, comme révélé par une enquête auprès de 232 grandes entreprises¹⁶ nigérianes dont 97 % disposaient d'un groupe de secours ; en plus de causer des pertes de chiffre d'affaires des entreprises, variant entre 5 à 20 %, selon une étude récente commanditée par l'Union africaine, la BAD et le NEPAD¹⁷.

1.3. Le défi du coût de l'énergie

De nombreux pays africains font face à un coût d'approvisionnement en énergie extrêmement élevé, notamment les pays importateurs de pétrole. Rappelons que selon l'AIE, la facture pétrolière des pays moins avancés (p.m.a.) a explosé ces dernières années, passant de 22 milliards de dollars US en 2000, soit 2,8 % du PIB, à 100 milliards en 2011 soit 5,5 % du PIB.

Les pays africains alimentés par des systèmes à prédominance thermique, fuel et diesel, présentent un coût du kilowatt-heure de 20 US cents en moyenne, coût pouvant dépasser plus de 30 US cents.

La faiblesse des marchés nationaux d'électricité, le déficit de planification avec son corollaire le recours à des solutions d'urgence, et une gestion déficiente des sociétés (mauvaise maintenance, niveau très élevé des pertes, etc.) sont à l'origine de cette situation.

¹⁶ Tyler et Associates – 2002 – (cf. E. Gnansounou et al.).

¹⁷ Etude PIDA (Programme for Infrastructure Development in Africa).

1.4. Le défi du financement

Selon toutes les projections d'experts (AIE, Banque mondiale, PIDA), l'Afrique devra mobiliser des sommes colossales au titre du secteur de l'énergie, dans un contexte de tarissement des sources concessionnelles de financement et de ralentissement de l'économie mondiale.

En ce qui concerne l'objectif d'accès pour tous en 2030, SE4ALL, les besoins financiers d'investissement culminent à 1 trillion de dollars US (1 000 G\$), soit 48 G\$/an (contre 14 G\$/an pour le scénario de l'AIE de 2009¹⁸).

Pour l'accès à l'électricité pour tous en 2030, 641 G\$ additionnels seront nécessaires sur la période 2010-2030 dont 60 % (390 G\$) pour l'Afrique subsaharienne.

L'étude PIDA quant à elle, estime à 40 milliards de dollars US par an (contre 11 milliards par an actuellement) le financement requis pour un ajout de capacité de production d'électricité de 7 000 MW par an et un accès amélioré de 10 points de pourcentage.

2. Pauvreté énergétique et abondance de ressources

L'Afrique dispose d'abondantes ressources énergétiques :

- les ressources en biomasse de l'Afrique sont estimées à 82 milliards de tonnes¹⁹ mais l'utilisation pose de graves problèmes de déforestation et reste un facteur important de l'incidence des maladies respiratoires ;
- l'Afrique détient 8,6 % des réserves mondiales de pétrole et 8 % des réserves de gaz naturel (PIDA) nonobstant le fait que l'Afrique ne reçoit que 4 % des dépenses mondiales d'exploration/production d'hydrocarbures²⁰ ;
- l'Afrique dispose aussi de 6 % des réserves mondiales de charbon, concentrées principalement en Afrique du Sud qui détient, en outre, avec la Namibie et le Niger, une part prépondérante des réserves d'uranium estimées à plus de 613 000 tonnes en 2003 ;
- le potentiel solaire et éolien de l'Afrique est considérable avec un niveau d'ensoleillement compris entre 1 500 kWh/m² et 2 200 kWh/m² et un potentiel éolien de 1 200 GW (contre 6 050 GW²¹ au niveau mondial) ;
- le potentiel hydroélectrique de l'Afrique est énorme, de l'ordre de 1 888 TWh/an de capacité exploitable avec une part prépondérante à la RDC dont la valorisation des deux tiers du potentiel permettrait de satisfaire les besoins de toute l'Afrique.

Au total, le potentiel énergétique de l'Afrique est considérable, particulièrement au regard des besoins à satisfaire. Mais, paradoxalement, l'Afrique connaît une faible utilisation des ressources disponibles comme illustré par son potentiel hydroélec-

¹⁸ New Policies Scenario.

¹⁹ P.P. Zhou in WEC Africa Energy Integration Study.

²⁰ KAREKEZI.

²¹ OSCAL (UN).

trique qui n'est mis en valeur qu'à concurrence de 5 à 7 %, globalement, là où les autres régions du monde se situent entre 25 % et 75 %.

3. Les enjeux de l'intégration énergétique

De nombreuses études s'accordent sur le fait que si l'Afrique doit relever le défi de l'accès et de la disponibilité de l'énergie à un coût abordable pour les populations, elle ne peut trouver de meilleure voie que celle de l'intégration, seule à même aujourd'hui :

- d'offrir un marché de taille critique aux grands projets ;
- de faire bénéficier aux nations défavorisées en termes de dotations en ressources énergétiques, d'une énergie bon marché ;
- de diminuer de manière substantielle le coût de l'énergie ;
- d'améliorer la fiabilité du système d'approvisionnement ;
- de contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre grâce à la mise en valeur du potentiel hydroélectrique, géothermique, solaire et éolien.

Ainsi, à titre d'illustration, les pays de la CEDEAO verraient les coûts totaux d'approvisionnement en énergie électrique réduits de 38 % dans une stratégie d'intégration *versus* des stratégies d'autarcie²². (32, 5 milliards de dollars US contre 50 milliards de dollars US).

4. Rôle critique des interconnexions

Autant donc, pour développer l'accès à l'électricité, assurer la sécurité et la fiabilité de l'approvisionnement et réduire le coût du kWh, les interconnexions apparaissent comme un facteur critique pour l'atteinte de ces objectifs. Or, l'infrastructure de transport d'énergie électrique de l'Afrique est très peu développée en comparaison par exemple de celle de l'Amérique. Ainsi, la longueur totale des lignes de transport de la SADC qui a la même superficie que les États-Unis, représente seulement 12 % de celle de ce dernier pays.

4.1. L'ère des Power Pools

Les communautés économiques régionales ont créé des power pools dont l'objectif général est d'œuvrer à la mise en commun des ressources et de l'expertise en vue d'une utilisation optimale et durable des ressources énergétiques disponibles à travers l'émergence d'un marché régional : le COMELEC²³ au Maghreb, le SAPP²⁴ pour les pays de la SADC, le WAPP²⁵ pour les pays de la CEDEAO, le CAPP pour l'Afrique Centrale et l'EAPP pour l'Afrique de l'Est.

²² Étude de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

²³ Comité Maghrébin de l'Électricité.

²⁴ Southern Africa Power Pool.

²⁵ West Africa Power Pool.

Au demeurant, le Continent possède une longue expérience de coopération dans le secteur électrique et toutes les régions d'Afrique offrent des exemples plus ou moins réussis : on peut citer en Afrique Australe, les interconnexions entre, d'une part, l'Afrique du Sud et, d'autre part, la Namibie et le Zimbabwe *via* le Botswana et *via* Cahora Bassa ; en Afrique de l'Ouest, les interconnexions Mali-Sénégal-Mauritanie pour l'évacuation de l'énergie de Manantali et les interconnexions permettant au Bénin, au Togo et au Niger de s'approvisionner auprès des pays voisins à hauteur de 58 %, 84 % et 29 % de leurs besoins respectivement.

4.2. La voie de l'intégration énergétique, un parcours d'obstacles

La réalisation de ces grands projets intégrateurs, requiert, comme l'a mis en évidence l'étude du CME, d'autres conditions, à savoir :

- la volonté politique et l'engagement des États pour l'acceptation de la dépendance mutuelle ;
- l'harmonisation des régimes légaux et réglementaires ;
- la mise en place de procédures d'arbitrage et de mécanismes de résolution des litiges ;
- un environnement des affaires favorable aux investissements et à la participation du secteur privé ;
- la paix et la stabilité au niveau des États engagés dans la coopération énergétique.

Conclusion

Il est extrêmement urgent que soient mises en valeur les potentialités énergétiques de l'Afrique afin de répondre aux besoins de croissance des économies africaines et d'amélioration de la qualité de vie des populations.

Diverses formules de partenariat entre États, d'une part, et entre les États et le privé, d'autre part, peuvent permettre de surmonter les contraintes liées à la réalisation de ces grands projets d'infrastructure à caractère régional. Les exemples ci-dessous illustrent les possibilités de coopération fructueuse qui pourraient se faire avec d'autres régions africaines :

- le Projet de Gazoduc de l'Afrique de l'Ouest financé par un consortium privé (Shell et Chevron) et des compagnies publiques d'électricité qui sont les usagers du gazoduc ;
- le Projet de ligne d'interconnexion Afrique du Sud – Swaziland – Mozambique, réalisé par une société de transport indépendante dénommée MOTRACO créée par les sociétés publiques de ces pays et chargée de l'alimentation d'une fonderie d'aluminium située au Mozambique et appartenant au groupe australien BHP Billiton ;
- la création, dans le cadre du projet INGA 3 (4 000 MW), par cinq compagnies d'électricité de la sous-région, de la société WESTCOR pour la réalisation de ce projet.

10. Énergies renouvelables, passées et futures : Afrique - Méditerranée - Europe

Michel Combarous et Mansour Kane

Résumé

Ce texte développe quelques idées générales sur le contexte énergétique mondial dans une perspective résolument anthropique : quelles populations demain ? Quel bouquet énergétique et quelles économies d'énergies ? Quelles formes d'énergie solaire ? Dans quel contexte général d'exploitation de la planète ?

À titre d'introduction, nous souhaitons développer quelques remarques et rappeler quelques points qui sont autant de jalons à avoir en tête lorsqu'on examine les problèmes énergétiques :

- Nous ne considérons pas ici les diverses formes d'énergie, implicites, correspondant à l'énergie solaire mobilisée pour la croissance des plantes, dans l'agriculture, pour le développement des forêts, pour l'élevage, ou même pour le séchage naturel des produits agricoles. Bien que ces aspects énergétiques soient très importants, en particulier quand on s'intéresse aux divers aspects de la production de nourriture et de l'alimentation mondiale, ils ne sont pas intégrés à cette présentation qui s'attache davantage aux formes « explicites » de l'énergie (Combarous et Bonnet, 2008).
- Quand on manipule des données concernant l'énergie, il convient toujours, lorsqu'on agrège les données de faire clairement la distinction entre les sources d'énergie et les vecteurs énergétiques. Le cas le plus clair, en la matière, est celui de l'électricité qui est plus souvent un vecteur énergétique qu'une source d'énergie à proprement parler.
- Dans le domaine des consommations globales d'énergie, deux unités de puissance sont le plus fréquemment utilisées, le watt et la tonne d'équivalent pétrole par an. Une équivalence simple entre ces deux unités peut être établie à partir du pouvoir de combustion supérieur moyen du pétrole. Elle conduit à considérer que la tep/an est sensiblement équivalente à 1 400 W.
- Une dernière référence à avoir en tête en matière d'énergétique : la disponibilité alimentaire moyenne mondiale, énergie nécessaire à chacun correspond à environ 2 500 kcal/(habitant.jour), soit une puissance continue de **130 W** : si beaucoup bénéficient d'une quantité de nourriture nettement plus abondante, près d'un milliard d'individus souffrent encore, actuellement, de la faim !

1. Quelles populations demain ? Quels besoins en énergie ?

La croissance de la population mondiale est le premier élément à considérer. Après une période récente, correspondant aux dernières décennies, que l'on a parfois qualifiée comme « exponentielle », sous-entendant ainsi l'impossibilité dans laquelle on était de maîtriser son évolution, il apparaît clairement que nous vivons ce que les démographes appellent une « transition démographique » (Leridon, 2003). N'oublions pas cependant que la population mondiale croît encore actuellement de près de 200 000 habitants par jour !

La période présente correspondrait alors sensiblement au point d'inflexion d'une courbe « en S » décrivant l'évolution de la population mondiale. Nous sommes actuellement 7 milliards d'habitants et nous pourrions être, à moyen terme, 8 à 10 milliards aux horizons 2050-2100 (FAO, 2008). Notons que la population de l'Afrique, d'environ 1 milliard d'habitants, pourrait doubler à l'horizon 2050, la population européenne étant, quant à elle, stable.

En ce qui concerne les consommations d'énergie, si la moyenne mondiale, par habitant n'est que légèrement croissante avec le temps (Combarous et Prieur, 2003), la croissance générale de la population mondiale implique un accroissement très important, chaque jour, des puissances installées dans le monde, de près de 400 MW ! D'autre part, les hétérogénéités sont considérables : en Afrique, selon les pays et les régions les consommations annuelles par habitant sont comprises entre 0,1 et 2 tep/an, une consommation 35 fois plus faible qu'en Europe, l'Europe consommant deux fois moins d'énergie que les américains du Nord. En ce qui concerne la seule électricité, l'écart est encore plus fort entre Afrique et Europe, avec, en matière de consommation individuelle, près de 100 fois moins en Afrique qu'en Europe.

2. Quel bouquet énergétique ? Quelles évolutions ? Quelles économies possibles ?

À l'échelle globale, les principales sources d'énergie correspondent à cinq éléments majeurs : les combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz), l'énergie nucléaire et l'hydroélectricité évoqués ci-dessus, auxquels il convient d'ajouter le bois et le charbon de bois. L'ensemble est équivalent à près de 15 000 « centrales virtuelles », chacune d'elles produisant en continu et sans aucun arrêt 1 000 MW environ !

- Les combustibles fossiles, résultats d'un processus ancien et de longue durée de stockage d'énergie solaire, sont les principales sources, avec pour 2008 (12,5 Gtep), le pétrole (33 %), le charbon (28 %) et le gaz (23 %), y compris maintenant les gaz de schistes.
- En ce qui concerne les émissions de CO₂ lors de la combustion de ces produits, tout naturellement c'est, bien sûr, le charbon qui est le plus « polluant », suivi par le pétrole, puis le gaz naturel, dont le contenu en hydrogène est le plus fort.

- L'énergie nucléaire (6 %), dont seule est notée ici la production d'électricité, électricité qui est le vecteur à plus forte valeur « exergétique ».
- L'électricité produite par voie hydraulique (6 %) qui est une forme d'énergie solaire.

Ces pourcentages correspondant à l'année 2008 prennent en compte une règle d'équivalence, pour les sources primaires d'électricité, un rendement d'équivalence de la conversion « chaleur *versus* électricité » de 38 %. Compte tenu des évolutions de la population mondiale, l'appel à ces formes d'énergie continuera d'être important.

Des efforts importants sont accomplis, de plus en plus activement, en matière de développement de nouvelles formes d'énergie. Ils ne doivent pas faire oublier toutes les actions également en cours : d'une part, en matière d'**économies d'énergie**, le meilleur « gisement d'énergies », et d'autre part, dans les approches **systémiques**, de plus en plus souvent mises en œuvre, comme les **analyses de cycles de vie** et les démarches dites d'**écologie industrielle**.

3. L'énergie solaire, énergie renouvelable, une clé ou la clé pour le long terme ?

C'est un lieu commun de rappeler l'importance du flux de chaleur solaire atteignant la Terre. Sa valeur, $1,7 \cdot 10^{17}$ W (170 000 MMW), doit être « amputée » d'une partie importante, de 30 à 31 % environ : ce pourcentage, mesuré avec précision, par satellites, identifié sous le nom d'albédo, correspond au flux de chaleur diffusé et réfléchi par les composants terrestres, sols, atmosphère et nuages. Le flux solaire intégrant le système « Surface terrestre – Atmosphère », correspond ainsi à **18 MW** par habitant, à comparer à la consommation d'énergie anthropique, pour l'ensemble de nos besoins, qui était, pour l'année 2008, d'environ **2 500 W** (12,5 Gtep pour 7 milliards d'habitants), soit près de 10 000 fois moins !

On ne sera donc pas surpris de constater le recours direct, ancien et naturel au soleil, pour les cultures et l'élevage (une forme de consommations d'énergie implicites), comme pour le séchage de nombreux produits. On ne sera pas surpris de voir ensuite se développer de nombreuses formes d'énergies renouvelables, de la combustion des produits de biomasse à l'hydroélectricité. On ne sera pas surpris, non plus, de constater que l'homme voit dans l'énergie solaire une clé, sinon la clé, de son avenir énergétique. C'est dans cette perspective qu'est né, pour le nord de l'Afrique et l'Europe, tout spécialement autour du bassin méditerranéen, le projet Desertec, un projet stimulant par certains de ses aspects.

4. Quelles formes d'énergies renouvelables ?

Parmi les formes classiques des énergies dites renouvelables on notera, en vrac : l'énergie hydraulique, le plus souvent « vectorisée » sous forme d'électricité, le solaire thermique, tel qu'on le rencontre, par exemple, dans tous les programmes d'équipement des logements en chauffe-eau solaire, les énergies liées aux courants (hydroliennes), houles,...

Une place à part pour des énergies renouvelables non liées au soleil : le recours aux marées et la géothermie, productrice de chaleur et/ou d'électricité, généralement considérée comme renouvelable, sauf dans le cas de l'exploitation par doublets de certaines nappes profondes.

4.1. Bois et biomasses

Les biomasses végétales ont été les premières sources d'énergie utilisées par l'espèce humaine. Au-delà du rôle du bois, de nombreuses autres composantes de la biomasse sont utilisées, d'usages très dispersés et donc souvent difficiles à estimer.

Le bois a une importance significative dans l'approvisionnement mondial en énergie (environ 500 Mtep/an pour le bois et le charbon de bois), sensiblement de la même ampleur, par exemple, que l'énergie nucléaire ou l'énergie hydraulique classique. Cette contribution ne peut pas être aussi facilement déterminée que celle des autres vecteurs énergétiques. Elle n'est donc pas toujours bien intégrée dans tous les bilans locaux ou régionaux. Pour certains pays, le bois peut contribuer jusqu'à 80 % de l'énergie utilisée à des fins domestiques, et de 40 à 80 % (dans les cas extrêmes) dans les bilans nationaux sur les sources primaires (Prieur *et al.*, 2004).

En ce qui concerne les combustibles issus de la biomasse, ils ne représentent, actuellement, que des apports modestes aux bilans globaux : (a) utilisation du biogaz pour des productions de chaleur et d'électricité et (b) production de biocarburants, dans des conditions satisfaisantes en matière de développement agricole, dans certaines régions ou territoires.

4.2. Trois formes en plein développement

Des mentions particulières doivent, semble-t-il, être faites pour trois formes importantes qui connaissent un très grand développement actuellement :

L'électricité photovoltaïque : la production d'électricité par cellules photovoltaïques est, actuellement, dans le monde, le secteur qui se développe le plus vite, avec les effets des progrès considérables faits dans le domaine des matériaux photovoltaïques en termes d'efficacité accrue et de baisse des coûts. Fin 2011, la puissance mondiale installée était de 65 GWc environ. Il s'agit de GW « crête » correspondant à la puissance maximale produite dans les meilleures situations de production. L'énergie produite annuellement s'en déduit en prenant bien en compte les durées effectives d'ensoleillement pour les différentes installations.

L'énergie éolienne : après le bois, le vent a très tôt été utilisé comme source d'énergie, à travers les nombreux moulins à vent des siècles derniers. Après un fort déclin, lié au développement d'autres sources, l'énergie éolienne revient au premier plan sous l'effet combiné des crises énergétiques et de progrès significatifs, notamment dans le domaine des matériaux. D'où le développement important de cette forme de production d'énergie, à terre mais aussi en mer, à proximité des côtes. À la fin 2011, la puissance nominale mondiale implantée était de 250 GW

(une sorte de « puissance crête » correspondant aux performances maximales), avec une prévision supérieure à 400 GW en 2014.

Le solaire thermodynamique : il s'agit là des dispositifs solaires dits « à concentration », dont le but principal est de produire de l'électricité. Au-delà de dispositifs thermodynamiquement performants (miroirs paraboliques et moteurs Stirling, cycles thermochimiques, etc.), des systèmes de miroirs de Fresnel ou des centrales à tour, les dispositifs les plus « classiques » correspondent à des champs de miroirs cylindro-paraboliques. Ils permettent le chauffage, le long de leur ligne focale, d'un fluide à très haute température, fluide organique ou sels fondus, qui peut être stocké pour allonger la période de production électrique. Des installations de quelques centaines de MW existent actuellement ou sont en cours de construction.

Si ces dispositifs continuent d'évoluer vers une forte maturité, on ne doit jamais perdre de vue qu'ils présentent, tous trois, à des degrés divers, des contraintes qu'il faut lever, au moins partiellement, dans la perspective de développements encore plus importants : la **dispersion géographique** des points de production et l'**intermittence** de la source solaire, soit quotidienne, soit, pour les raisons météorologiques, plus irrégulière encore.

5. En guise de conclusion : l'énergie n'est pas le seul aspect du développement

En guise de conclusion on se doit d'évoquer les aspects les plus déterminants du développement humain que sont, bien sûr, l'**alimentation**, la **santé** et l'**éducation**, où les urgences sont importantes.

On ne saurait, enfin, oublier les contraintes qu'impose le futur proche de notre système, le **système « Surface terrestre – Océans – Atmosphère »**, nécessairement limité. Au-delà du domaine de l'énergie, beaucoup est à faire dans des domaines essentiels de l'activité humaine, **les ressources en eau et leur gestion**, la gestion des **matières premières**, des déchets.

Sur tous ces champs, il s'agit sans aucun doute d'améliorer ou de mettre en œuvre de nouvelles recommandations, mais surtout de nouvelles règles de vie, aux différentes échelles possibles, locales, régionales et globale.

Quelques références

- Bonnet J.F., Combar nous M. (2001). Conversion du rayonnement solaire dans la production de biomasse végétale et animale. *Entropie*, Vol. 233, pp. 3-11.
- BP, BP Statistical Review of World Energy, Juin (2006).
- Combar nous M. et Bonnet J.F. (2008). World thirst of energy: how to face the challenge. *In Sustainable Energies Technologies: options and prospect*. Springer, pp. 3-24.
- Combar nous M. et Prieur A. (2003). Les consommations d'énergie dans le monde : une méthode robuste de prévision de leur évolution à moyen terme ; premières conséquences. *C.R. Géoscience*, Vol. 335, pp. 943-950.
- Combar nous M. - Quelles tendances pour les consommations d'énergie dans le monde : ressources, actions, long terme ? (Conférence générale invitée). 1^{ère} Conférence Internationale sur la Conver-

sion et la Maîtrise de l'Énergie (CICME'08). Actes publiés, pages 3-14, Sousse (Tunisie), 11-13 avril 2008.

FAO, Web Site, <http://www.fao.org> (2008).

Leridon H. (2003). Certitudes et incertitudes de la prévision démographique, *C.R. Géoscience*, Vol. 335, pp. 627-635.

Prieur A., Bonnet J.F. et Combarneous M. (2004). Les surfaces boisées à l'échelle de la planète : usages conjoints pour la séquestration du carbone et la production d'énergie. *C.R. Geoscience*, Vol. 336, pp. 1323-1335.

Prieur A. et Combarneous M. – Forêts et cycles de vie : aspects énergétiques, produits, carbone stocké. 12^e Congrès forestier mondial, Montréal, 21-28 septembre (2003).

11. Les contraintes de l'accès à l'énergie nucléaire

Robert Guillaumont

On présente les principales caractéristiques de la mise en œuvre de l'électronucléaire sur lesquelles reposent les choix politiques des États pour poursuivre, augmenter, réduire, abandonner ou accéder (pays primo-accédants) à l'énergie nucléaire de fission. On n'aborde pas dans cet article les considérations scientifiques ou techniques concernant les réacteurs ni les installations indispensables du cycle du combustible associé à ces réacteurs, permettant de traiter et de gérer de la matière hautement radioactive pour préparer le combustible et les colis de déchets. On ne détaille pas non plus les calculs d'équivalence d'énergie. Depuis 1945, l'industrie nucléaire a été très imaginative : il existe aujourd'hui de nombreux types de réacteurs nucléaires.

Avantages

Pour entretenir une puissance de 1 GWe il faut, par jour de fonctionnement, 5 à 7 tonnes de fioul ou de charbon, ou encore 4 000 m³ de gaz, contre 4,5 kilogrammes d'uranium naturel dans les réacteurs actuels à neutrons thermiques (dits de génération II). Cela est dû à l'énergie colossale que libère une fission (200 MeV) et aux performances remarquables du combustible de ces réacteurs, à uranium naturel ou enrichi en ²³⁵U (voir ci-dessous). Les ressources terrestres identifiées en uranium naturel (3,5 et 6,4 millions de tonnes respectivement prouvées à 130 \$/kg et raisonnablement assurées à 260 \$/kg, données 2010), permettent d'alimenter sur une centaine d'années une croissance modérée (autour de 2 %) du parc mondial de réacteurs de génération II et de réacteurs de génération III à sûreté renforcée (au total 440 réacteurs, 375 GWe, données 2010). Ces derniers dérivent des réacteurs actuels, suite au retour d'expérience des accidents nucléaires de Three Mile Island et de Tchernobyl. L'uranium est assez régulièrement réparti sur la planète, il est facile à stocker et n'a pas d'usage concurrentiel. Le combustible nucléaire est ainsi moins soumis à la géopolitique que les ressources fossiles. Son prix impacte peu (< 15 %) le prix du « kWh nucléaire ». En cas d'une forte demande en électronucléaire, des réacteurs à neutrons rapides (génération IV) pourraient assurer, au-delà de 2050, de l'énergie électrique sur des millénaires. Mais il faudra alors obligatoirement préparer le combustible neuf par recyclage du combustible usé et pour cela construire, en complément et à côté des réacteurs, de nouvelles usines appropriées. L'aspect économique de l'électronucléaire est extrêmement compliqué et est l'objet de nombreux débats. Le prix du

kWh nucléaire des réacteurs actuels est encore concurrentiel (30 à 50 euros/MWh, France) mais il va augmenter (doubler ?) pour plusieurs raisons, notamment pour le renforcement de la sûreté (accident de Fukushima et génération III). Une filière fondée sur l'utilisation du thorium peut être envisagée.

Inconvénients

L'électronucléaire n'est pas souple pour répondre à la demande journalière fluctuante en électricité, il nécessite des investissements lourds et longs, des montages financiers compliqués, un réseau électrique conséquent. Mais le principal inconvénient provient de la spécificité du combustible. On a coutume de dire que le combustible nucléaire « brûle », par allusion à la combustion des combustibles fossiles avec de l'oxygène, mais ici l'oxygène est un gaz de neutrons thermiques, d'énergie de quelques fraction d'électron volt ($1/40$ eV à 300 °C), par exemple $2,2 \cdot 10^{19}$ n/cm³ pour $13,5 \cdot 10^{19}$ noyaux fissiles/cm³ (noyaux de ²³⁵U et ²³⁹Pu). Le taux de combustion (TC) est exprimé en GWjt⁻¹ (1 GWjt⁻¹ = 24 GWh = 2 100 tep). Il peut aller jusqu'à 60 GWjt⁻¹ et au-delà il faut impérativement le retirer du réacteur pour de multiples raisons de sûreté. Le combustible utilisé retiré du réacteur est extrêmement radioactif et chaud (plusieurs Ci/cm³, 100 W/cm³) et il contient du plutonium et de l'uranium 235 (Pu 1 % et ²³⁵U 1 % pour TC = 45 GWjt⁻¹), ce qui explique pourquoi on peut le retraiter pour récupérer cette matière fissile et qu'il doit être impérativement refroidi en dehors ou dans le réacteur. Ainsi le combustible nucléaire diffère-t-il radicalement des autres combustibles, charbon, gaz ou fioul qui disparaissent dans la combustion. Sa gestion est la source de nombreux problèmes techniques. Elle demande, comme la préparation du combustible neuf, la mise en œuvre de nombreux procédés de manipulation et/ou de traitement mais ici la radioactivité est considérable. La gestion des déchets de haute activité à vie longue (assemblages de combustible utilisé considérés comme tels ou colis de produits de fission vitrifiés si le combustible utilisé est retraité) conduira inéluctablement à des stockages géologiques. Enfin, le nucléaire de fission est considéré comme proliférant parce qu'il crée du plutonium au fur et à mesure de sa combustion. Les contraintes sociales de l'électronucléaire sont dues, en dernière analyse, aux risques radiologiques et d'accidents. Le coût comptable des conséquences des accidents est énorme (estimé à 200 milliards d'euros pour Fukushima !).

Toutes les installations nucléaires contiennent de la matière radioactive. Aussi l'exploitation de l'énergie nucléaire demande impérativement, en premier, d'assurer en toute circonstance la radioprotection des personnes et de maîtriser, à toutes les étapes du cycle du combustible et pendant les transports, la gestion de la matière radioactive.

Organisation de l'exploitation

L'exploitation des installations du cycle du combustible repose sur les trois piliers du nucléaire : sûreté, sécurité et non-prolifération. La sûreté est sous la responsabilité des exploitants et le contrôle des pouvoirs publics qui assument (avec eux)

les deux autres aspects, notamment la sécurité des biens et des personnes en cas d'incident/accident, quelle qu'en soit la cause, conduisant à l'émission de substances radioactives hors du réacteur. La non-prolifération relève des pouvoirs publics et est vérifiée par l'AIEA. Une autorité de sûreté nationale (en liaison avec les organisations internationales, AIEA, OCDE-AEN) contrôle en général les opérations et la radioprotection. Enfin il y a des règles et des conventions internationales concernant la sûreté et les règles de radioprotection auxquelles les États adhèrent (en général). Il ne peut pas y avoir un nucléaire à deux vitesses, l'un sûr pour les pays riches et l'autre à bon marché avec une sûreté moindre.

Acceptation sociale

Le public est de plus en plus actif dans l'expression de ses vues et de plus en plus impliqué dans les décisions politiques. L'opinion et la perception que le public a de l'électronucléaire reposent sur la qualité de l'information à laquelle il a un accès aisé. Celle-ci est maintenant disponible mais souffre encore de suspicions. En dernière analyse, l'acceptation sociale est liée à la perception qu'à une faible probabilité d'accident majeur (émission de radioactivité dans l'environnement par un réacteur) sont associées des conséquences catastrophiques spécifiques, car marquées par la « radioactivité » (Fukushima).

Marché de l'électronucléaire

Il est concurrentiel et offre de nombreuses possibilités au regard des puissances et types de réacteurs (Candu, REP, REB de 0,6 à 1,6 GWe). Les offres de vente vont souvent de pair avec des propositions de fourniture ultérieure du combustible neuf, voire de reprise du combustible usé et dans tous les cas elles comportent une aide de gestion. Une harmonisation des normes et des standards industriels est en cours sous l'égide de l'AIEA pour une certification internationale plus facile. Après Fukushima, les futurs réacteurs seront de génération III. Ils ont, par rapport à ceux de la génération II, une sûreté passive renforcée qui vise à éviter la vulnérabilité aux aléas extérieurs, le risque de fusion du cœur et la dissémination des substances radioactives en cas d'accident. On appelle réacteur de « génération III+ » ceux qui sont équipés d'un récupérateur de corium grâce à des dispositifs robustes, le corium étant un matériau qui provient de la fusion des assemblages de combustible. Ces nouveaux réacteurs sont construits pour fonctionner 60 ans. Leurs performances économiques reposent sur des taux de combustion élevés, une production minimale de déchets et la souplesse dans le suivi de la demande électrique (puissance variable). Les parcs du futur, s'ils existent, seront donc constitués de réacteurs de générations III.

Un marché de réacteurs de faible puissance, de 25 à 300 MWe, est en préparation. Ils sont appelés SMR (*Small Modular Reactors*). Le qualificatif modulaire indique qu'ils seront construits en usine, y compris l'enceinte de confinement, et la possibilité d'installer plusieurs réacteurs sur un site. Ceux qui seront sur le marché de l'électronucléaire et de la fourniture de chaleur sous forme de vapeur (300 °C maximum), dans une dizaine d'années, dériveront des nombreux modèles de

réacteurs nucléaires embarqués qui équipent les navires et sous-marins. Ils visent la « sûreté » des réacteurs de génération III, une longévité de 40-50 ans, la simplicité de pilotage avec le minimum d'opérations de maintenance et un rechargement en combustible tous les 10 ans (combustible spécial enrichi en ^{235}U à moins de 20 %), à réduire les investissements et à être implantés en dehors des grands réseaux électriques. Ils pourraient être à terre ou enterrés, flottants ou immergés. Beaucoup des « modèles SMR » sont encore des « réacteurs papiers ». Les États-Unis (Westinghouse) s'investissent sérieusement dans un SMR de 200 MWe.

Si l'offre de location du combustible (fourniture du combustible neuf et reprise du combustible usé par le vendeur) se confirme, tout pays primo-accédant n'aurait qu'à mettre en place l'organisation de l'exploitation et du contrôle et n'aurait pas, en particulier, à gérer le combustible usé, qui est la contrainte majeure de l'électronucléaire.

Préparation pour accéder à l'énergie électronucléaire

L'énergie électronucléaire n'est pas immédiatement importable. Elle oblige chaque pays qui en a fait le choix (type de réacteur et sites d'implantations selon le réseau électrique, financement, ...) à se lancer dans un long processus d'enseignement, de formation expérimentale, d'équipement et de mise en place de structures bien avant toute production d'électricité. Certes, c'est le cas de tout transfert de technologie, mais ici il est particulièrement complexe. Il faut former des personnels à différents niveaux : enseignement en physique nucléaire, en radioactivité et en radiochimie, avec accès à la recherche autour de réacteurs expérimentaux. Il faut mettre en place de nouvelles structures opérationnelles et administratives, afin d'assurer la « culture de sûreté » et la « culture de sécurité » inhérentes à l'exploitation de cette énergie. Il faut surtout mettre en place une autorité de sûreté compétente indépendante, capable de dire non en toute rigueur et transparence, et qui sera en relation avec l'international. Elle doit réglementer, autoriser, contrôler, informer et contribuer à la gestion de situations d'urgence. L'organisation de la sûreté passe par un long apprentissage (10 à 15 ans) pour conduire les analyses de sûreté. Il existe des formations internationales pour répondre aux demandes.

Les pays exportateurs et les organismes internationaux (AIEA) en charge du nucléaire ont mis en place des réseaux de documentation et de formation pour répondre aux demandes des pays « primo-accédants ». Par exemple, l'AIEA a édité « Considérations sur le lancement d'un programme d'électronucléaire » ou « Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power ». En France de nombreux enseignements pour le nucléaire existent (par exemple ceux de l'I2EN) et Areva offre de nombreux services pour la formation. Il existe aussi une information critique objective sur le nucléaire à côté de l'information officielle développée par des organismes non gouvernementaux.

Conclusion

L'utilisation de l'énergie nucléaire ne peut souffrir d'approximations, ni de compromis, ni de collusions. Elle dépend de plusieurs systèmes organisés de natures différentes en interaction. Dans le contexte mondial actuel, l'électronucléaire comme source d'énergie, si elle est socialement acceptée, n'est pas techniquement inaccessible aux pays primo-accédants. Les caractéristiques, tant des réacteurs électronucléaires que du combustible nucléaire, demandent une préparation importante dans le cadre de coopérations. Cet apprentissage est une longue marche, au moins de deux décennies, pour former les personnels aux plans scientifique, technique, administratif et juridique, ce qui passe évidemment par l'enseignement à tous les niveaux. La coopération internationale avec l'AIEA a vocation à vérifier l'existence d'un cadre adapté au développement du nucléaire et à accompagner les évolutions nécessaires, mais elle n'a pas vocation à supplanter une organisation nationale, seule efficace pour garantir la sûreté de l'électronucléaire dans un pays. Un fort engagement des États est primordial pour mettre en place les infrastructures et leur financement, ce qui nécessite une stabilité et une visibilité à long terme.

Pour en savoir plus

Généralités

Organisation de coopération et de développement économique, Agence énergie atomique, OCDE-AEN, Nuclear Energy Data 2011, oecd-nea.org

Société française de l'énergie nucléaire, SFEN, sfen.org,

International Energy Agency, Key World Energy Statistics, 2011,

Nuclear energy safety symposium, Academy of Science of South Africa, 2012, assaf.org.za

Energia, energia.voil.net

World Information Service on Energy, Wise, wise-paris.org

Autorité de sûreté nucléaire, asn.fr

Sauvons le climat, sauvonsleclimat.org

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Assemblée nationale, assemblee-nationale.fr,

Global Chance, global-chance.org

Réacteurs

IFRI. Les filières nucléaires, avril 2008, Pierre Bacher, ifri.org

World Nuclear Association (WNA), Small Nuclear Power Reactors, world-nuclear.org

Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), Nuclear Power Reactors in the World, iaea.org

Areva, areva.com

Candu Owners Group, candu.org

Westinghouse, Westinghouse SMR, westinghousenuclear.com

Memento sur l'énergie, CEA, Edition 2012, nucléaire.cea.fr

Elec nuc, CEA, Edition 2012, nucléaire.cea.fr

Économie du nucléaire

Institut de techno-économie des systèmes énergétiques, Enjeux économiques de l'énergie nucléaire, mars 2012, Itésé, i-tese.cea.fr

Commission d'enquête sur le coût de l'électricité, 18 juillet 2012, Sénat, assemblée-nationale.fr

Comparison of electricity generation costs, Tarjanne Risto, Kivistö Aija, Lappeeranta University of Technology, 2008.

Rapport Énergies 2050. strategie.gouv.fr

12. Stratégie de développement durable face aux changements climatiques et à la désertification : l'initiative africaine de la Grande muraille verte

Abdoulaye Dia

La présentation relève les défis environnementaux et socio-économiques récurrents liés aux changements climatiques dans la zone sahélo-saharienne, cible de l'initiative africaine de la Grande muraille verte (GMV) qui regroupe onze pays.

La mise en valeur de cette zone à vocation agro-pastorale nécessite une gestion durable des ressources naturelles. C'est pourquoi l'initiative de la GMV vise le développement durable dans le Sahel et la construction de pôles ruraux de production en vue d'éradiquer la pauvreté à travers notamment la création de richesses, l'accès aux services sociaux de base et la maîtrise de flux migratoires. L'approche de l'initiative repose sur le partenariat, la recherche & développement, la planification, le suivi-évaluation et une gouvernance multiniveaux impliquant l'Union africaine, l'Agence panafricaine de la GMV et les États parties.

Les questions soulevées à la suite de cette introduction portent sur la disponibilité d'indicateurs pour le suivi et l'évaluation de la désertification, la nécessité de distinguer les stratégies à retenir au sujet de la variabilité du climat d'une part, et au sujet des changements climatiques d'autre part. Le financement des actions (Fonds Carbone), les résultats acquis, le rôle déterminant des scientifiques africains lors de la conception de l'initiative, le nombre d'arbres plantés et les technologies utilisées, les projets pour modéliser la fixation du carbone, le suivi des arbres plantés, les limites zonales du domaine d'intervention de la GMV.

À propos de ces questions, le conférencier a accepté les contributions émises et apporté les précisions suivantes : **la GMV n'est pas un mur de plantations**. Les critères de choix des types d'arbres portent sur leurs capacités de résistance au stress hydrique, leurs caractères édaphiques, la moyenne pluviométrique nécessaire à leur survie. Un autre critère est l'intérêt économique de la plante pour la population. En outre il existe d'autres activités et des mesures d'accompagnement qui procurent des ressources additionnelles aux populations, chargées elles-mêmes de choisir les espèces et d'assurer le suivi, en conformité avec les préoccupations de la GMV. Relativement à la zone géographique d'exercice de la GMV, il est retenu l'espace compris entre l'isohyète 100 mm et 400 mm de pluie, ce qui permet de tenir compte des interactions Sahara/Sahel.

Conclusion : une session très axée sur les problématiques d'environnement et de restauration écologique comme réponse au processus de désertification en Afrique. Un projet comme la Grande muraille verte en est la meilleure illustration pour l'Afrique sahélienne comme investissement socio-écologique pour l'avenir. À soutenir par les académies !

13. Environnement et société

Gilles Boëtsch

Introduction : des définitions

Définir l'environnement - L'environnement est un concept particulièrement difficile à définir puisqu'il renvoie à la fois à un environnement global et à un environnement local. Il peut être pris dans une perspective d'autoécologie, comme c'est le cas dans le dictionnaire Larousse (édition 2010) qui le définit comme « l'ensemble des éléments (biotiques ou abiotiques) qui entourent un individu ou une espèce (je rajouterai ou une population) et dont certains contribuent directement (je rajouterai ou indirectement) à subvenir à ses besoins », ou dans le Grand Robert (2001) où l'on trouve cette définition encore plus généraliste : « l'ensemble des conditions naturelles (physiques, chimiques, biologiques) et culturelles (sociologiques) susceptibles d'agir sur les organismes vivants et les activités humaines ». Lorsqu'on utilise le terme « environnement », on le qualifie souvent de naturel (c'est-à-dire en absence de processus anthropique – ce qui n'existe quasiment pas) ; dans ce cas, ce sont davantage les facteurs non humains abiotiques et biotiques comme l'air, l'eau, les roches, les végétaux et les animaux qui constitueraient l'environnement naturel ; c'est l'humain et ses activités – c'est-à-dire concernant une grande partie de la surface de la Terre – qui constitueraient l'environnement non naturel. C'est bien sûr le rôle de l'homme et de l'impact de ses activités qui sont au centre de toutes les controverses dans le champ de l'écologie politique. Aujourd'hui, c'est la protection de l'environnement (mais lequel ? l'environnement naturel ou l'environnement anthropisé ?) qui constitue un enjeu majeur puisqu'il est un des trois piliers du développement durable (les deux autres étant le social et l'économique). Le développement durable associe l'idée que l'environnement constitue un bien commun de l'humanité et que le développement qui répond aux besoins des générations du présent ne doit pas compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.

Définir la/les société(s) - Une **société** est un **groupe organisé** d'êtres humains ou d'animaux, qui entretiennent des **relations durables**, qui vivent sous des lois **ou des règles communes**, qui ont une forme de vie commune, qui sont soumis à un règlement commun (exemple : société religieuse) ou qui ont un centre d'intérêt commun (exemple : société sportive). Pour les sociologues, la société est l'ensemble des personnes qui vivent dans un pays ou qui appartiennent à une civilisation donnée. Pour les anthropologues, une société désigne un groupe humain organisé par des relations interindividuelles (liens de parenté ou de fraternité symbolique) et partageant une même culture, les mêmes normes, mœurs, coutumes, valeurs... Ce qui leur permet de se construire une identité. Identité

collective qui peut produire aussi certains écarts aux normes sur le plan individuel. Déjà en 1898, pour le sociologue Émile Durkheim, les sociétés seraient organisées en deux catégories : les sociétés traditionnelles, dans lesquelles les membres sont peu spécialisés et peu différenciables par leurs fonctions, et les sociétés modernes dans lesquelles les membres sont spécialisés par le jeu de la division sociale du travail et sont donc en situation d'interdépendance²⁶. Cette distinction est d'importance et justifie le rôle des sciences sociales, en particulier de l'anthropologie, dans le débat environnementaliste. Ceci renvoie à tous les débats scientifiques des anthropologues concernant les sociétés froides et les sociétés chaudes ou ceux entre écologistes sur le coût énergétique de la société de consommation²⁷.

L'écologie, un concept dynamique

L'écologie, apparaît à la fois comme une discipline scientifique et une vision du monde (écologie politique) ; distinction écologistes/écologues est un peu spécifique à la France. Définie en 1866 par le biologiste Ernst Haeckel²⁸ qui va en préciser le concept, l'écologie s'est développée dans les remous d'une révolution industrielle qui va façonner notre monde dans une vision de ressources infinies. Le projet scientifique écologiste de l'époque constitue une réponse de la communauté scientifique, alors largement pluridisciplinaire, aux interrogations que soulève un développement industriel et économique rapide. En effet, de nombreux scientifiques pensent que le développement de la population est incompatible avec le bien-être et le soupçonne d'être non soutenable en accord avec les hypothèses de Malthus datant de 1798 (une croissance arithmétique des ressources s'opposant à une progression géométrique de la population humaine)²⁹. L'écologie va alors s'affirmer dans une approche essentiellement naturaliste en délaissant l'influence du rôle des activités humaines sur l'environnement et en particulier sur la perturbation des écosystèmes, à d'autres champs du savoir. Puis dans les années 1960, les scientifiques ont commencé à percevoir les impacts des activités humaines sur les environnements et ont construit un vaste programme de recherche autour du concept d'écosystème vu comme un système d'interactions entre les êtres vivants et leur environnement physicochimique (Programme Biologique International de l'Unesco mis en place en 1964) ; ce programme fonctionnera de 1964 à 1974. L'impact réciproque avec les populations qui y résident sera porté par le programme *Man and the Biosphere* commençant à s'inquiéter à la fois de l'effet de la pression démographique, de la difficulté d'accès aux ressources alimentaires ou énergétiques et de ses impacts sur les environnements dits « naturels ». Ce programme de 1971 vise à étudier et à faire connaître des voies de développement humain respectueux des ressources naturelles existant déjà dans certaines socié-

²⁶ Émile Durkheim (1898). Représentations individuelles et représentations collectives. *Revue de métaphysique et de morale*, VI : 273-302.

²⁷ David Pimentel, Marcia Pimentel (1996). *Food, Energy and Society*. Boulder ; Colorado University Press.

²⁸ Ernst Haeckel, 1866 *Generelle Morphologie der Organismen*, Berlin, Reimer,

²⁹ [Thomas Robert Malthus] 1798 *An Essay on the Principle of Population, as it Affects the Future Improvement of Society with Remarks on the Speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet, and Other Writers*. London printed for J. Johnson, in St. Paul's Church-Yard.

tés et mise en avant par les anthropologues qui seront associés à ces recherches. Peu à peu sont définis des critères qui permettent de préciser le concept et un zonage qui institue trois catégories de zones, centrale, tampon et de transition, selon le degré de conservation du milieu et de développement des activités humaines selon leur niveau d'impact.

Une vision écologique globale apparaît avec le sommet de Stockholm (1972) qui réunissait le Club de Rome et la Conférence des Nations unies sur l'Homme et l'environnement opposant les partisans de l'environnement et ceux du développement. Durant une quinzaine d'année, les débats furent agités mais débouchèrent sur l'émergence des concepts de biodiversité et de développement durable qui seront précisés à la fin des années 1980 (rapport Brundtland, 1987) qui se présentera comme une négociation entre environnement et développement. Pour l'écologie scientifique, la *Sustainable Biosphere Initiative* – qui est un agenda pour un développement durable à l'échelle de la planète – est lancée par la Société américaine d'écologie en 1991. Elle précède le sommet de Rio (1992) qui verra l'endossement politique du développement durable et du respect de la biodiversité par les États signataires. En 1995, la Conférence de Séville constitue un tournant majeur pour les réserves de biosphère avec la définition d'une stratégie ambitieuse et la mise au point d'un cadre statutaire qui entérine les principes admis par tous les États. Ces textes seront adoptés cette même année par la conférence générale de l'Unesco. La Stratégie de Séville et le Cadre statutaire font désormais référence. La mise en place du Réseau mondial des réserves de biosphère, à partir de la conférence de Séville, offre l'occasion de tester, dans des contextes particuliers, des approches qui allient deux éléments très importants – que l'on retrouvera par exemple dans le projet GMV – à savoir les connaissances scientifiques³⁰ et les modalités de gouvernance. Le challenge se définit en 5 points : réduire la perte de biodiversité ; améliorer les moyens de subsistance des populations locales ; favoriser les conditions sociales, économiques et culturelles essentielles à la viabilité du développement durable³¹ ; améliorer les connaissances grâce à des échanges d'expériences et d'expertises qui s'organisent au niveau régional et mondial (local et global) ; contribuer aux Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), en particulier sur le développement durable.

Ensuite viendra, le *Millennium Ecosystem Assessment* (2000-2005) – qui est un rapport sur l'évaluation des écosystèmes – mais qui possède la spécificité de relier explicitement l'écologie au bien-être humain à travers le concept de service écologique (ou service écosystémique). La valeur « utile » de ces services peut être évaluée localement ou globalement : par type de service (ex. : puits de carbone, production alimentaire, etc.), par type d'écosystèmes, de milieux ou d'infrastructures écologiques (ex. : services rendus par les forêts, les zones humides, les haies, les différents types de corridors et réseaux écologiques, etc.). Depuis les années 1990, certaines économistes tentent de quantifier leur valeur économique : que vaut l'air respirable, l'eau douce, les plantes sauvages ou les puits de carbone... Ainsi, on a pu « quantifier » la pollinisation des abeilles et estimer sa

³⁰ Axel Ducourneau (2012). Le rôle de l'OHMi Téssékéré dans le suivi scientifique de la Grande Muraille Verte au Sénégal. *Les cahiers de l'Observatoire Hommes-Milieus Téssékéré*, 1 : 10-16.

³¹ Cf. Dominique Pestre (2011). Développement durable : anatomie d'une notion. *NSS*, 19(1) : 31-39.

valeur « économique » à 153 milliards d'euros (pollinisation des cultures « utiles » à l'homme)³². La pensée écologique révèle une prise de conscience qui met en jeu les relations entre le niveau local et le niveau global dans la perspective d'une redéfinition des interactions homme/milieu – « Agir local, penser global » est la célèbre phrase de René Dubos prononcée au sommet de l'environnement en 1972. C'est-à-dire une optimisation du service « écosystémique » associant durabilité et bien-être.

Les quatre transitions

Les relations environnement sociétés s'inscrivent dans des processus dynamiques associant la pression démographique et les besoins alimentaire, énergétique et sanitaire.

Démographique : l'accroissement des populations constitue des pressions fortes sur l'environnement (Malthus) bien que selon certains économistes, elles sont aussi indispensables au développement (Boserup)³³. La fin de la transition démographique permet potentiellement une meilleure adéquation population/ressources, puisque nous obtenons des niveaux de fécondité et de mortalité bas ; mais ce processus de stabilité des effectifs va de plus en plus être confronté avec le problème de l'accroissement du nombre de personnes âgées par rapport au nombre d'actifs.

Alimentaire : la transition alimentaire définit le passage d'une alimentation monotone, mais riche en amidon et fibres, faible en gras, associée à une vie physiquement active vers une alimentation plus diversifiée mais riche en sucres, en graisses animales saturées et en aliments usinés, faible en fibres associée à un mode vie sédentaire.

Épidémiologique : passage des maladies transmissibles dominantes aux maladies chroniques non transmissibles, qui deviennent dominantes à leur tour. La période de la transition épidémiologique dans les pays du Sud voit la conjonction des 2 niveaux. Selon l'OMS, le nombre de décès par maladies chroniques non transmissibles devrait doubler d'ici 2030, passant de 30 à 60 millions de cas par an. La prédominance de ces maladies non transmissibles (MNT) dans le total des décès caractérise la deuxième phase de la transition épidémiologique. La prévalence des MNT étant liée à la structure de la population (les plus âgés en sont plus souvent atteints), la majorité des pays occidentaux se situe dans la deuxième phase de la transition épidémiologique. Ce qui n'est pas le cas des pays africains subsahariens qui comptent encore un nombre plus important de décès liés à des maladies infectieuses et transmissibles.

Écologique : la transition écologique désigne le passage de notre mode actuel de production et de consommation à un mode plus écologique. Il est difficile

³² Nicola Gallai, JM Salles, J. Settele, BE Vaissière (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted to pollinator decline. *Ecological Economics* (68), 810- 821.

³³ Ester Boserup (1965). *The Conditions of Agricultural Growth: The Economics of Agrarian Change under Population Pressure*. Chicago: Aldine. London: Allen & Unwin.

d'imaginer une société différente, tant les schémas de la société actuelle sont prégnants. Elle renvoie en particulier à la déclaration finale du Sommet de Rio en 1992, qui pourraient être à la base de la transition écologique : le principe pollueur-payeur, le principe de précaution, le principe de substitution, et le principe de participation démocratique. La transition écologique (énergétique/usage des ressources) peut être décrite par une succession de phases : phase A = rien n'est recyclé, peu efficace, coût énergétique et coût des matériaux peu élevés mais non recyclés ; phase B = chute de la consommation d'énergie (à cause du prix = recherche d'énergies alternatives efficaces) impliquant rapidement la chute de la consommation de matériaux neufs non prévus pour la durabilité ; phase C = tout est recyclé, l'énergie est contrôlée donc non gaspillée même si elle devient un jour abondante, économie de matériaux par recyclage.

Conclusion

Les relations entre environnement et sociétés ont toujours été complexes et plurielles. Elles ont varié en fonction du temps et se présentent très diversement selon les pressions environnementales et les réponses sociétales. De plus, de manière dynamique et sur le mode de boucles réflexives, celles-ci doivent intégrer les représentations culturelles du bien-être, les dimensions économiques et techniques et de vastes choix sociopolitiques. Les perceptions du changement dans le cadre d'une écologie globale sont fondatrices de la prise de conscience des relations entre environnement et sociétés. Les choses de la nature constituent un patrimoine ; elles sont en réalité, non pas des biens sans propriétaires qui peuvent être appropriés par tout un chacun mais des biens communs « naturels » qui entrent dans les rapports marchands, ce qui leur donne une « valeur » : dans le champ de la finance, comme c'est le cas pour l'atmosphère (marché du carbone), pour l'océan, pour la biodiversité végétale (industrie pharmaceutique) ou animale. La concentration des richesses accélère encore la dégradation des écosystèmes. Ces dérèglements reposent sur une idéologie faisant de la « nature » un stock de ressources à la disposition infinie des humains et du productivisme qui doit croître sans cesse et qui réduit toutes les énergies, y compris le travail humain, à des supports de valeur à extraire. La crise écologique globale que nous traversons exprime que les sorties de crise – en tout cas pour les pays du Nord – ne peuvent plus être pensées indépendamment d'une transition écologique et sociale, voire juridique et éthique, devant permettre un accès aux biens vitaux (eau, terre, énergie, etc.) pour tous. Depuis dix ans, la conscience sociale des dégâts écologiques s'est amplifiée en même temps que les travaux scientifiques attestent la dégradation des milieux de vie, notamment pour les populations les plus précaires. La mise en œuvre de la transition écologique doit être pensée dans un processus général de transition (démographique, énergétique, industrielle, alimentaire, épidémiologique) s'inscrire dans un cadre global impliquant chercheurs et décideurs, du Nord comme du Sud, dans une perspective à la fois innovante et solidaire.

14. Les évolutions récentes et en cours des universités françaises

Jean-Pierre Finance

Le professeur Jean-Pierre Finance devait d'abord partager quelques éléments historiques sur le système universitaire français :

- disparition des universités en 1793 ;
- organisation du système en termes de facultés indépendantes et d'écoles ;
- fragmentation en petites structures ;
- absence de masse critique pour répondre aux nouveaux défis de la recherche, d'où création d'organismes nationaux (CNRS en 1939, Inserm, Inra ...) ;
- nombreuses concurrences entre les diverses institutions, avec l'État pour seul arbitre ;
- référence majeure à l'appartenance disciplinaire pour les universitaires ;
- organisation atypique dans le contexte européen et international (université Von Humbolt) ;
- 1968 : Loi Edgar Faure qui redéfinit des universités « complètes » comme des établissements fondés sur plusieurs principes : service public, autonomie, pluridisciplinarité, participation, laïcité.

La société française s'est ensuite confrontée à l'émergence de nouveaux besoins de la société en général et des étudiants en particuliers :

- émergence rapide de nouveaux métiers ;
- accélération du temps et rétrécissement de l'espace (mondialisation, TIC) ;
- concurrence de fait entre établissements ;
- comparaisons, classements (Shanghai, ERC ...) ;
- deux révolutions coperniciennes : le système devait ainsi passer d'une logique de construction et diffusion de connaissances (universitaires) à une logique de satisfaction de besoins (étudiants, société), d'une logique administrative à une logique de projet. Il devenait également impérieux de concilier les diverses libertés.

Ainsi, l'approche préconisée était d'opter vers une vraie politique d'établissement, qui se caractérise par :

- capacité de définir et de conduire une stratégie d'université ;

- renforcement de l'administration centrale ;
- maîtrise de la subsidiarité.

Ainsi, à la fin des années 1990, on assiste à la création des écoles doctorales (300), des incubateurs d'entreprises innovantes et, à partir de 2002, on met en place le processus de Bologne (LMD).

Avec la persistance des goulots d'étranglement (complexité structurelle, autonomie réduite, dispersion territoriale, concurrence universités-écoles, concurrence entre les organismes de recherche, financement insuffisant), on introduit en 2006 la loi sur le renforcement de l'autonomie et la responsabilisation des universités.

Cette loi vise essentiellement à :

- renforcer la capacité à élaborer des stratégies et des projets, et à les mettre en œuvre ;
- prendre en compte la diversité des universités tout en maintenant un cadre national.

En plus de ces textes législatifs et réglementaires, l'État français a aussi pris d'autres initiatives en vue de faire face aux crises cycliques du système universitaire.

Le Professeur Finance a terminé son intervention par des questions :

- Un seul type d'université ou plusieurs catégories (classe mondiale, classe nationale, classe régionale) ?
- Quel positionnement en Europe et à l'international ?
- Maintient-on la dualité université-écoles ?
- Quelle articulation entre organismes de recherche et université ? Avenir des deux systèmes ?

15. Les soutiens de l'ANR dans les coopérations de recherche avec l'Afrique

Philippe Freyssinet

L'ANR est la principale agence de financement de la recherche en France. Elle a été créée en 2005, avec plusieurs missions. D'une part renforcer la recherche fondamentale et finalisée sur projets, stimuler les transferts de savoir-faire de la recherche publique vers les entreprises en favorisant notamment les partenariats public-privé ; enfin, stimuler les collaborations internationales pour la recherche française.

L'essentiel du financement de l'agence est distribué au moyen d'appels à projets compétitifs avec un processus rigoureux d'évaluation par les pairs.

1. Modes de fonctionnement et chiffres clés

Le fonctionnement de l'agence est organisé autour de trois processus que sont la programmation, la sélection des projets et le suivi-bilan des programmes. L'agence publie environ 40 appels à projets par an. La moitié de son budget est alloué à des appels non thématiques, totalement libres, visant notamment à stimuler la recherche fondamentale et couvrant tous les champs de la recherche scientifique. Cela concerne la recherche collaborative (Programme Blanc), l'accélération de la carrière de jeunes chercheurs (Programme Jeunes Chercheurs), ou encore l'attractivité de la France pour des jeunes chercheurs titulaires d'un doctorat français et ayant ensuite débuté leur carrière à l'étranger (Programme retour Post-doc).

La seconde part du budget de l'agence est attribuée à des programmes thématiques centrés sur des priorités scientifiques traitant de grands enjeux sociétaux (environnement et ressources biologiques, énergie, numérique, ingénierie-procédés-sécurité, bio-santé, sciences humaines et sociales). Les projets financés dans ce cadre sont souvent finalisés et une forte proportion d'entre eux est en partenariat public-privé.

En 2012, 6 800 propositions de projets ont été soumises et environ 1 250 projets ont finalement bénéficié d'un financement. Cela représente un taux de succès d'environ 20 % pour un financement total de 550 M€. L'aide moyenne par projet s'établit autour de 350 k€ pour les projets académiques et 700 K€ pour les projets en partenariat public-privé. À la différence de la plupart des agences de financement à l'étranger (NSF, DFG, UK-RC, etc.), l'ANR finance essentiellement

des projets collaboratifs et relativement peu de projets individuels (environ 5 %). La durée des projets varie généralement entre 3 et 4 ans et associent généralement 3 à 5 équipes de recherche.

2. Les actions internationales de l'ANR

Plus de 16 % des projets financés par l'agence associent des équipes françaises et étrangères. Cela représente environ 200 projets pour un montant d'aide de près de 50 M€. L'essentiel des projets internationaux soutenus par l'agence, sont en association avec des équipes européennes (72 %), le reste des projets résultent d'accords bilatéraux passés avec des agences étrangères (États-Unis, Canada, Chine, Japon principalement). Enfin, une faible proportion de projets sont financés dans le cadre de programmes internationaux multilatéraux associant plusieurs agences ou ministères.

Le financement des projets internationaux se pratique sur la base de la réciprocité. Le processus de sélection s'effectue soit par des comités d'évaluation scientifique communs avec le ou les pays partenaires ; soit en parallèle, chaque agence menant alors sa propre évaluation. Les projets sélectionnés sont alors respectivement financés par l'ANR pour les équipes françaises et les partenaires étrangers par l'institution de financement de leur pays (agence ou ministère).

3. La collaboration avec les pays du Sud

Dès sa création en 2005, l'ANR a soutenu des projets associant des équipes de pays du Sud. Sur la période 2005-2011, 70 projets de ce type ont été soutenus par l'agence, cela représente environ 5 % des projets internationaux de l'agence pour un montant total de 28 M€ d'aides sur cette période. Le financement des équipes du Sud dans ces projets s'opère selon trois modes :

- les équipes du Sud assurent leur propre financement *via* le soutien de financeurs nationaux (agences, ministères) ou internationaux (Commission européenne, Banque mondiale, agence de coopération, etc.) ;
- les équipes du Sud ont un partenariat privilégié avec un laboratoire français impliqué dans le projet et sont directement impliquées dans le déroulement du projet. Il est possible pour ces équipes de pouvoir bénéficier, sous certaines conditions, d'une part de l'aide ANR octroyée au projet. Le financement est alors versé par le biais d'une convention de partenariat entre un des laboratoires français et la (ou les) équipes africaine(s). Cela concerne certains types de dépenses comme des bourses de thèses, des missions longue durée de chercheurs du Sud en France, le financement d'équipements et de frais liés aux opérations scientifiques sur le terrain ;
- enfin, certains programmes thématiques de l'ANR sont cofinancés en partenariat avec l'AIIRD³⁴. Il s'agit là de programmes où les partenariats

³⁴ Agence inter-établissements de recherche pour le développement.

avec le Sud sont spécifiquement ciblés. L'AIRD intervient alors comme financeur des équipes du Sud impliquées dans les projets, l'ANR soutenant les laboratoires français. Ainsi en 2013, l'AIRD cofinance le programme thématique « Agrobiosphère³⁵ » visant à promouvoir des recherches sur les productions agricoles écologiques.

4. Les collaborations avec les scientifiques africains

L'implication d'équipes de recherche issues du Maghreb ou d'Afrique subsaharienne est relativement importante dans les projets soutenus par l'ANR. Ainsi, sur la période 2005-2011, on répertorie plus de 110 équipes africaines partenaires dans des projets soutenus par l'ANR (cf. figure ci-dessous). Le Maroc, le Sénégal, l'Afrique du Sud, le Burkina Faso et l'Égypte étant les principaux pays partenaires et impliqués dans près de la moitié des projets.

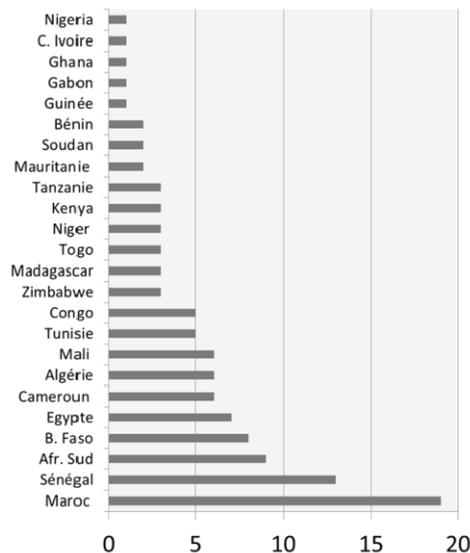


Figure 1- Nombre d'équipes scientifiques africaines impliquées dans des projets soutenus par l'ANR sur la période 2005-2011.

Sur un plan thématique, les projets collaboratifs impliquant des équipes africaines portent essentiellement sur deux grands domaines scientifiques où l'activité de partenariat franco-africain est historique : les sciences humaines et sociales et les sciences agro-environnementales. Peu de projets dans le domaine biomédical ont été soutenus à ce jour par le biais de l'ANR. De même, il est à souligner qu'il n'existe pas actuellement de collaboration en matière de recherche technologique (énergie, TIC, matériaux, sciences de l'ingénieur).

³⁵ <http://www.agence-nationale-recherche.fr/programmes-de-recherche/appel-detail/agrobiosphere-viability-et-adaptation-des-ecosystemes-productifs-territoires-et-ressources-face-aux-changements-globaux-2013/>

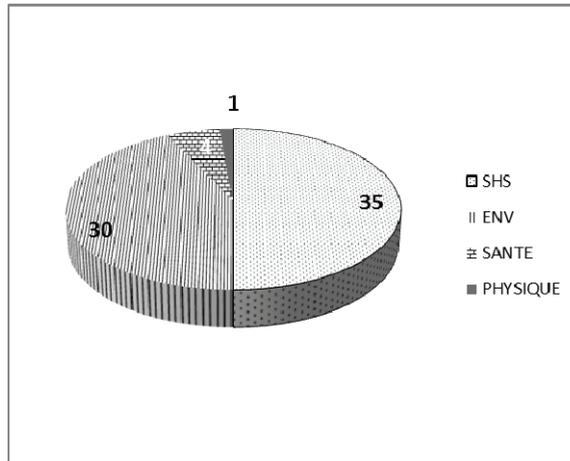


Figure 2 – Nombre de projets soutenus par l'ANR sur la période 2005-2011 par grands domaines scientifiques et impliquant des équipes de recherche africaines.

L'implication d'équipes de recherche africaines dans le cadre des programmes thématiques peut s'illustrer par plusieurs exemples, ainsi en sciences humaines et sociales, l'ANR en partenariat avec l'AIRD a lancé en 2007, puis en 2010, deux appels projets intitulés « les Suds aujourd'hui », où de nombreuses équipes universitaires africaines sont impliquées dans des projets portant sur les processus de transformation des sociétés dans les pays du Sud (dynamiques territoriales, impact du capitalisme financier mondial, relations internationales, catastrophes, risques et vulnérabilités des sociétés).

En matière d'agro-environnement, l'ANR a initié en 2011 le programme «Agrobiosphère », en partenariat avec l'AIRD, qui ambitionne de stimuler les recherches autour du concept d'agriculture écologiquement intensive. C'est un programme qui vise à développer notamment des recherches sur l'évolution des pratiques agronomiques favorisant un haut niveau de productivité tout en minimisant les impacts environnementaux. L'adaptation au changement climatique des systèmes agricoles est également une priorité scientifique de ce programme. Plusieurs projets impliquant des laboratoires africains sont ainsi financés chaque année dans le cadre de ce programme.

Enfin, en matière de coopération multilatérale, l'ANR participe avec d'autres agences de financement, dont le South Africa Research Council, au Belmont Forum³⁶ qui est un réseau de programmation et de financement de projets à l'échelle internationale focalisé sur les problématiques du changement global. En 2012, deux appels à projets ont ciblé la préservation de l'eau douce et de la vulnérabilité des milieux côtiers. Là encore, des équipes de recherche africaines sont sollicitées pour être parties prenantes dans des projets.

³⁶ <http://igfagcr.org/index.php/belmont-forum>

Conclusion

Pour conclure, les coopérations franco-africaines au travers des projets financés par l'ANR sont relativement actives. Le positionnement scientifique reste toutefois très orienté vers les champs traditionnels de la coopération scientifique que la France et l'Afrique ont noué avec le temps, plus particulièrement en matière de sciences humaines et sociales ou encore dans les disciplines de l'agronomie et de l'environnement.

Sa croissance démographique, son économie émergente vont faire de l'Afrique un continent où les besoins d'enseignement supérieur et de recherche vont être croissants dans les années à venir pour soutenir le développement. Les besoins en recherche vont nécessairement évoluer ; cela nécessitera probablement de concevoir des mécanismes innovants de partenariats scientifiques afin de soutenir l'émergence de pôles de recherche internationaux et d'élargir le spectre de la collaboration scientifique franco-africaine.

16. Les réseaux *La main à la pâte* d'enseignement des sciences fondé sur l'investigation : des expériences en Europe et en Afrique

Xavier Person, Abdoulaye Samb et Odile Macchi

1. L'expérience du réseau *La main à la pâte*

Introduction

Il y a plus d'une décennie, de prestigieux savants se sont intéressés à l'école primaire de leur pays : quelle science y enseignait-on ? Et comment ? Plusieurs académies des sciences furent pionnières dans ce domaine : la National Academy of Sciences des États-Unis, l'Académie royale des sciences de Suède, l'Académie des sciences de France. Hormis les mathématiques, discipline souvent reine, ils découvrirent soit un vide, soit une science ossifiée, collection de faits sans liens, bien loin de l'observation, de l'expérience, d'un questionnement créateur. Alors, sous l'impulsion de ces savants, naquirent dans ces pays des projets pilotes, centrés sur la curiosité de l'enfant. Leur drapeau était alors la science pour tous, jusqu'à 16 ans, pour éduquer au raisonnement, à l'esprit critique et préparer des citoyens. Un projet particulier, celui de Leon Lederman à Chicago dans les années 1990, exerça une forte influence sur Georges Charpak, et conduisit à la naissance de *La main à la pâte* en 1996.

1.1. La pédagogie d'investigation

La main à la pâte préconise la mise en œuvre d'une pédagogie d'investigation associant exploration du monde, apprentissages scientifiques, expérimentation et raisonnement, maîtrise de la langue et argumentation, afin que chaque enfant approfondisse sa compréhension des objets et des phénomènes qui l'entourent et développe curiosité, créativité et esprit critique.

Les vertus d'un enseignement des sciences fondé sur l'investigation sont multiples, tant du point de vue de la construction de savoirs que du développement de savoir-faire et de savoir être. Cette démarche pédagogique contribue ainsi à :

- développer l'« apprendre à apprendre » par :
 - la curiosité en observant un fait nouveau, une situation neuve,
 - le questionnement devant les faits : comment ? Pourquoi ?

- le développement de l'esprit critique et de la capacité à faire des hypothèses,
- la recherche de moyens pour vérifier ces hypothèses, nécessitant initiative personnelle et créativité et développant le raisonnement (initiation à la démarche scientifique),
- l'expérience vérificatrice qui enseigne à s'incliner devant les faits,
- le travail en groupe, qui développe la capacité à communiquer pour traduire clairement aux autres ce qu'on a compris et entendre ce que les autres ont compris,
- le développement des compétences communicatives et langagières ;
- éduquer aux qualités de citoyenneté par l'apprentissage du travail en groupe (écoute et respect des autres etc.) ;
- développer la capacité de choix politiques raisonnés sur les grands enjeux sociétaux ;
- préparer les élèves à un monde en évolution rapide ;
- augmenter le goût de la science, spécialement chez les filles ;
- favoriser le choix d'une formation puis d'une carrière technique ou scientifique ;
- préparer les scientifiques, ingénieurs et techniciens de demain, qui seront nécessaires à la prospérité économique et au bien-être social.

Présente dès ses débuts, la dimension internationale de *La main à la pâte* s'est développée avec constance. Aujourd'hui, *La main à la pâte* a des actions de partenariat avec une cinquantaine de pays sur tous les continents, et trois réseaux régionaux, en Amérique latine, en Asie du sud-est et en Europe (à travers notamment le projet Fibonacci).

1.2. Le fonctionnement en réseaux

Ce fonctionnement présente plusieurs avantages :

- les professeurs de plusieurs classes d'une même école travaillent en équipe, ils sortent de leur isolement avec leur seule classe (échange de bonnes pratiques, mutualisation d'outil et de ressources) ;
- les écoles travaillent en réseau car elles partagent des ressources entre elles et avec les centres pilotes ;
- les communautés environnantes sont impliquées (parents, associations locales, entreprises, etc.) ;
- il y a un lien avec la communauté scientifique (Académie et laboratoires, accompagnement des enseignants, par exemple par des étudiants en sciences) ;
- les pays travaillent ensemble et apprennent les uns des autres :
 - au niveau des professeurs,

- au niveau des enfants (exemple du projet collaboratif Eratosthène),
 - au niveau des formateurs,
 - au niveau des outils pédagogiques ;
- une part peut se faire à distance (exemples d'Haïti et IFADEM – Initiative francophone pour la formation à distance des maîtres).

1.3. Projets pilotes en Afrique subsaharienne

En Afrique francophone subsaharienne, des coopérations avec *La main à la pâte* ont eu lieu dans au moins trois pays : le Gabon, le Cameroun et le Sénégal. Ces expérimentations, plus ou moins abouties, ont montré que l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation était particulièrement bien adapté aux contextes scolaires de ces pays : font partie des effets positifs observés chez les élèves ayant bénéficié de ces enseignements : l'enthousiasme, la baisse de l'absentéisme, l'appropriation plus aisée de l'approche pédagogique, le progrès dans l'écoute et la prise de parole, l'argumentation, le travail d'équipe, la production d'écrits, les recherches personnelles. De leur côté, les maîtres se sont remarquablement bien approprié la démarche, dans laquelle ils voient des réponses nouvelles à des questions auxquelles le système éducatif est confronté. Ils sont en général les premiers à souhaiter poursuivre l'expérimentation. Ils soulignent également la contribution majeure de cette expérience aux apprentissages et à l'usage du français. Enfin, au cours de l'expérimentation, les cadres locaux (inspecteurs et directeurs) ont acquis des capacités nouvelles dans l'accompagnement de l'innovation dans les écoles.

Ces projets ont suscité un engouement au-delà des acteurs immédiatement concernés, et ont généré une demande très forte autour des sites pilotes : nombreuses sont les écoles et les familles qui ont demandé à avoir accès à ces dispositifs. L'étape de l'extension progressive et de la généralisation à l'échelle d'un pays, reste à venir, et implique une mobilisation accrue des autorités éducatives et politiques.

La valeur développée par ces projets a été construite avec beaucoup d'acteurs, associant dans un même contrat enseignants, cadres locaux et nationaux et des partenaires extérieurs. Cette méthode, qui articule pilotage stratégique, mobilisation et formation des maîtres, équipement des écoles, accompagnement des équipes innovantes, a prouvé sa pertinence et son efficacité. Si on ajoute à cela qu'elle a fonctionné avec les mêmes effets sur des sites et dans des pays de cultures différentes, nous avons aussi la preuve qu'elle est transférable. On peut même suggérer l'idée qu'elle est transversale à d'autres enseignements et pourrait intéresser d'autres projets pédagogiques.

2. L'expérience du Sénégal

Le Sénégal est engagé depuis 2001 dans un « programme décennal de l'éducation et de la formation (PDEF) conformément aux objectifs du Millénaire pour le déve-

loppement. L'objectif prioritaire porte sur la scolarisation primaire pour tous d'ici 2015.

Si les résultats sont très encourageants d'un point de vue quantitatif, on atteint environ 85 % en 2006, cette augmentation des effectifs a entraîné des problèmes de formation des maîtres et d'encadrement des élèves, et pose un problème important de qualité de l'enseignement.

Dans ce contexte global de qualité, le Sénégal s'intéresse depuis plusieurs années au problème de l'éducation scientifique. Les premières initiatives pour y remédier datent de 1999 où le PEES (partenariat éducatif pour l'école sénégalaise) a introduit *La main à la pâte*.

Une première expérimentation de 2000 à 2003, a ainsi permis l'organisation de plusieurs stages de formation, la diffusion de mallettes et de documents pédagogiques et une large sensibilisation des cadres éducatifs sénégalais : 114 écoles avaient été engagées dans ce dispositif, et avaient pu recevoir une mallette scientifique. Des conventions signées avec les inspections et les pôles régionaux de formation leur avaient permis d'accompagner les équipes pédagogiques. Plusieurs stages de formation avaient été organisés avec des intervenants français et une délégation sénégalaise s'était rendue en France pour visiter l'équipe de *La main à la pâte* et le centre pilote de Vaulx-en-Velin. Malheureusement, le manque de coordination et de suivi ultérieur conduisait ce premier effort à laisser peu de traces.

Cette première phase d'introduction a aussi montré qu'un développement non organisé entraînait une trop grande dispersion des moyens et des résultats.

Ce bilan a conduit à élaborer un guide pédagogique pour servir de cadre à la formation et un plan de développement en deux étapes : une phase expérimentale avec un effectif maîtrisé qui serait la base d'un développement ultérieur en vue d'une extension progressive. Faute de moyens, le projet a été suspendu pendant deux ans. Il a repris en 2006 dans le cadre du « projet qualité », projet partenarial du MEN et du SCAC (Service de coopération et d'action culturelle de l'ambassade de France).

En 2006 fut donc lancé un nouveau projet relevant d'un programme plus vaste de la coopération française et visant à rehausser la qualité des enseignements au Sénégal, dans le cadre du fonds de solidarité prioritaire du ministère français des affaires étrangères.

Ce nouveau projet s'inscrivait dans une démarche plus ciblée, visant à créer un petit nombre d'écoles pilotes au Sénégal, capables de susciter la participation d'autres établissements et de servir de références et de centres de production de ressources.

Le projet a retenu trois sites pilotes présentant des caractéristiques différentes : Dakar ville, Thiès ville, Saint-Louis rural. Soit au total 17 écoles, 200 maîtres et environ 10 000 élèves.

Il a bénéficié en outre de l'expérience d'un scientifique français, ancien membre de *La main à la pâte*, affecté en qualité d'assistant technique auprès du ministère

sénégalais de l'éducation par la coopération française et du GREF (Groupement de retraités éducateurs sans frontières - organisation de solidarité internationale), ainsi que de l'aide de certains centres pilotes de *La main à la pâte* en France (centres pilotes de Nogent/Oise et de Perpignan).

2.1. Bilan

Ce second projet a été une réussite, tant pour les maîtres que pour les élèves, ainsi que pour les inspecteurs et directeurs.

Chez les élèves, enthousiasme, baisse de l'absentéisme, appropriation aisée de l'approche pédagogique, prise de parole facilitée, progrès dans l'argumentation, travail d'équipe, production d'écrits, recherches personnelles plus autonomes ont été observés.

Du côté des maîtres, il faut souligner la motivation dans la durée, la bonne appropriation de la démarche dans laquelle ils voient des réponses nouvelles à des questions auxquelles le système est confronté, et leur volonté de la poursuivre. Ils soulignent encore la contribution majeure de cette expérience aux apprentissages et à l'usage du français.

L'expérimentation a également suscité un engouement au-delà des acteurs immédiatement concernés, et a généré une demande très forte autour des sites pilotes : nombreuses sont les écoles et les familles qui ont demandé à avoir accès à ce dispositif.

2.2. Réussite dans le pilotage local de l'innovation

Au cours de l'expérimentation, les cadres locaux (inspecteurs et directeurs) ont acquis des capacités nouvelles dans l'accompagnement de l'innovation dans les écoles.

Le coût estimé est de 4,5 euros par élève et par an sur la phase expérimentale, avec des économies d'échelle possibles dans le cadre d'une généralisation.

2.3. Projet « relais » 2010-2012

Ce projet a pour objectif d'engager une généralisation progressive à partir des acquis de la phase expérimentale.

Il est réalisé à deux échelons :

- à l'échelon national, le projet serait piloté par une équipe placée sous la responsabilité du MEN, équipe chargée de la coordination, de la régulation et de l'évaluation interne du projet ;
- à l'échelon local, le projet serait placé sous la responsabilité des IEN, qui auraient en charge le maintien de la dynamique dans les écoles et une première étape d'extension par essaimage de proximité dans leur circonscription.

Le budget estimé est de 190 000 € (pour 2 ans).

À ce jour, ce projet n'a pas encore été mis en œuvre faute de financement, mais reste toujours actuel et valide dans ses objectifs et les moyens requis.

Annexe 1

Déroulé du colloque

Synoptique des sessions

Mardi 30 octobre	Cérémonie officielle d'ouverture : Allocutions du Premier Ministre du Sénégal, de l'Ambassadeur de France et des académies organisatrices du Colloque	
	Session inaugurale Science, Enseignement, Technologie et Innovation : les défis de l'Afrique <i>Le Plan d'action consolidé pour la science et la technologie en Afrique</i> Contribution à sa mise en œuvre La Science, moteur de tous les progrès La politique des organismes français en Afrique : le cas de l'IRD	
	Session générale Mise en œuvre du PAC en science et technologie en Afrique Table ronde : Développement de l'enseignement supérieur en Afrique et création d'un espace africain de l'enseignement supérieur et de la recherche	
Mercredi 31 octobre	Conférences plénières introductives sur agriculture, santé, énergie, mathématiques/informatique	
	Quatre sessions parallèles	Agriculture
		Santé
		Énergie
Mathématique/informatique		
Jeudi 1 ^{er} novembre	Deux sessions parallèles	Eau Enseignement des sciences de l'eau Droit à l'eau pour tous Ressources Eau et santé
		Environnement Initiative africaine de la grande muraille verte Écologie générale et humaine Environnement et agriculture Environnement et santé
Vendredi 2 novembre	Tables rondes plénières Financement des programmes de STI en Afrique Réseaux africains de recherche et d'enseignement	
Samedi 3 novembre	Rapports sectoriels et rapport général Adoption des recommandations Cérémonie de clôture	

Nous indiquons maintenant la liste chronologique des interventions. Dans cette liste, les interventions dont le texte est donné dans le présent livret stratégique sont précédées par leur numéro dans le texte principal du livret. Ce sont pratiquement toutes des conférences invitées.

Cérémonie officielle d'ouverture

Allocution de Abdoul MBAYE, Premier Ministre du Sénégal

Allocution de Serigne MBAYE THIAM, Ministre de l'Éducation nationale

- 1. Allocution de Ahmadou Lamine NDIAYE, Président de l'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal, co-président du Colloque*
- 2. Allocution de François GROS, Président du COPED de l'Académie des sciences de France, co-président du Colloque*
Allocution de Nicolas NORMAND, Ambassadeur de France au Sénégal

Session inaugurale

Conférence Bakary DIALLO, Université virtuelle africaine

- 3. Conférence Eva PEBAY-PEYROULA, Présidente de l'Agence Nationale de la Recherche*
- 4. Conférence Michel LAURENT, Président-directeur général de l'IRD*
Conférence Papa EL HASSAN DIOP, Membre de l'ANSTS

Session Mise en œuvre du Plan d'action consolidé en science et technologie en Afrique (PAC)

Conférence « Rôle des académies dans la mise en œuvre du PAC : perspective Africaine, Berhanu ABEGAZ, Directeur exécutif AAS

- 5. Conférence « Rôle des académies européennes pour le développement de l'Afrique dans la mise en œuvre du PAC dans le domaine de la science et de la technologie » Odile MACCHI, Vice-présidente du COPED, co-organisatrice du Colloque*
Table ronde « Développement de l'enseignement supérieur en Afrique et création d'un espace africain de l'enseignement supérieur et de la recherche » Modérateur Serigne MBAYE THIAM, Ministre de l'Éducation Nationale
- 6. Conférence « Des structures innovantes en matière de recherche et de formation pour le développement avec le Sud » Pierre AUGER et Mamadou SANGHARÉ, UCAD, Sénégal*

Session Agriculture

- 7. Conférence « État de l'enseignement et de la recherche agricoles en Afrique », Ahmadou Lamine Ndiaye*

Bilan du colloque ANSTS/AHIIST sur « Enseignement, recherche et application des biotechnologies aux sciences agricoles, *Modérateur Albert Sasson, Maroc*

Table ronde « Enseignement, innovation et développement industriel : cas des biotechnologies », *Modérateur Bernard Dreyfus IRD*

Table ronde « Enseignement et professionnalisation des métiers de l'agriculture », *Modérateur Saliou Ndiaye, Président du Comité Directeur pour le Sahel (ANAFE), Sénégal*

Communications

- Effet des doses différenciées de matières organiques sur la résistance du sol au stress hydrique, *Abdoulaye Badiane, UCAD, Sénégal*
- Could good hygienic practices reduce the microbial population in pineapple juice? *Christine Mukantwali, Rwanda*
- Qualité toxicologique des feuilles de *Solanum macrocarpum* L. cultivé à Cotonou, *Victorien Dougnon, Bénin*
- La transmission de l'instabilité des prix mondiaux des céréales aux marchés camerounais, *Jean-Joël Ambagna.*
- Évaluation de l'attitude des étudiants camerounais vis-à-vis de l'auto-emploi à travers l'agriculture, *Rodrigue Magmaleu, Cameroun.*
- Vulnérabilité et adaptation des producteurs aux changements climatiques en zone sahélienne du Burkina Faso, *Ablassé Bilgo, Burkina Faso.*

Session Eau

8. Table ronde 1 « État de l'enseignement des sciences de l'eau en Afrique », *Modérateurs Ghislain de Marsily et Cheikh Bécaye Gaye*

Table ronde 2 « Droit à l'eau pour tous », *Modérateur Alioune Kane, EDEQUE/UCAD, Sénégal*

- Session « Connaissance des ressources en eau et utilisations », sous-thème Hydrologie (communications), *Modérateur Ghislain de Marsily*
 - Prédétermination des écoulements sur le bassin versant non jaugé du barrage de Boura au Burkina Faso, *Tazen FOWE, Burkina Faso*
 - Impact du changement climatique sur les ressources en eau du haut bassin du fleuve Sénégal, *Bodian ANSOUMANA, Sénégal*
 - Estimation des hauteurs d'eau et étude des inondations à Matam à partir des débits observés à Bakel par un modèle hydrodynamique, *Dieme YAYA, Sénégal*
 - Vulnérabilité des ressources en eau des bassins versants de Nema et de Medina Djikoye, *Anastasie MENDY, Sénégal*
- Session « Connaissance des ressources en eau et utilisations », sous-thème Hydrogéologie (communications), *Modérateurs Ahmadou Hama Maïga et Cheik Bécaye Gaye*

- Hydrodynamic and hydrochemical behavior of the highly exploited aquifer system of the Diass region, *Diakher H. MADIOUNE, Sénégal*
- Évaluation qualitative et quantitative des ressources en eau souterraine dans le bassin de Dargol (Liptako - Niger), *Sani BABAYE, Niger*
- Etude hydrogéochimique des eaux de la nappe du continental terminal du saloum : relation eau de surface - eau souterraine, *Ibrahima MALL, Sénégal*
- Mécanismes de la genèse de la dépression piézométrique profonde du Gond, *Youssouf KOUSSOUBE, Burkina Faso*
- Étude par imagerie satellitaire spot de la fracturation du réservoir liasique des causses du moyen Atlas (Maroc), *Mohamed ROUAI, Maroc*
- Relation entre eaux agricoles et eaux souterraines : rôle de la salinisation des terres, *Abdoul Aziz NGING, Sénégal*
- Irrigation et variabilité climatique dans le delta du Niger, *Sévère FOSSI, Burkina-Faso*
- Vulnérabilité à la pollution de l'Aquifère superficiel du Bassin côtier du Bénin, *Diane Justine ODELOUI, Bénin.*

Session Énergie

9. Conférence « Les défis du secteur électrique africain : les enjeux de la coopération régionale », *Alioune FALL, Vice-Président Honoraire du Conseil Mondial de l'Électricité.*
10. Conférence « Énergies renouvelables, passées et futures Afrique, Méditerranée - Europe », *Michel COMBARNOUS, membre du COPED, France et Mansour KANE, Membre de l'ANSTS*

Table ronde « Les ressources énergétiques et les technologies pertinentes, »
Modérateur Mansour KANE, Membre de l'ANSTS

11. Conférence « Les contraintes de l'énergie nucléaire », *Robert GUILLAUMONT, Membre du COPED, France*

Table ronde « Accès à l'énergie et développement durable, les défis de l'Afrique »,
Modérateur Ahmadou WAGUE, Membre de l'ANST

- **Session « Connaissance et gestion des ressources énergétiques »** (communications), *Modérateur Louis ALEXANDRENNE Membre ANSTS*
 - La simulation d'un système hybride photovoltaïque-éolien sans batterie de stockage, *Mamadou Talibé DIALLO, Sénégal*

- La valorisation des feuilles mortes de neem par la production du biogaz, *Joël TIZE KODA, Cameroun*
- La revue sur les cellules thermo-photovoltaïques, *Waly DIALLO, Sénégal*
- **Session « Accès aux services énergétiques »** (communications), *Modérateur Bassirou BA*
 - Les nanostructures au service de l'énergie solaire, *Abdoulkader IDRISSE, Djibouti*
 - Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome en milieu rural : comparaison des coûts par rapport au réseau de distribution nationale, *Charles Made FAYE, Sénégal*
 - Les énergies renouvelables au Sénégal, *Oumar SONKO, Sénégal*
 - Performance d'un système hybride (éolien, solaire, batterie, diesel) et application au village de Sine Moussa Abdou, *Mohamed Abdoulaye SALL, Sénégal*
- **Session « Aspects socio-économiques de l'énergie »** (communications), *Modérateur Grégoire SISSOKO UCAD*
 - Énergies renouvelables et accès à l'électricité en zone rurale : enjeux pour le développement durable africain, *Pierre ROBERT, France*
 - Évaluation des capacités du Sénégal à mesurer et à faire du reporting sur la pauvreté énergétique, *Cheikh WADE, Sénégal*
 - Performances d'un système hybride photovoltaïque-diesel (gasoil et biocarburant) sans stockage, *Daniel YAMEGUEU, Burkina Faso*
 - Étude comparative de la productivité de différentes technologies solaires photovoltaïques au Burkina Faso, *Patrice DANGANG TCHANTCHOU, Burkina Faso*

Session Santé

- **Session « Priorités de recherche et de formation en santé en Afrique »**

Conférence « Défis de santé en Afrique », *Eva Marie COLL SECK, Ministre de la Santé et de l'Action sociale du Sénégal*

Conférence « Un vaccin anti-paludisme ? » *Ogobara DOUMBO, Directeur Centre de recherche et formation sur le paludisme, Mali*

Conférence « Nouvelles approches de construction d'un système de santé global », par *Bassirou BONFOH, Directeur Centre suisse de recherche scientifique en Côte d'Ivoire*

Table ronde « Priorités de Recherche et formation en santé en Afrique », *Modérateur : Souleymane M'BOUP, Membre de ANSTS, Sénégal*

- **Session « Alimentation et Santé »**, *Modérateur : Ahmadou Moustapha SOW, Vice-président ANSTS, Sénégal*

Conférence « La Sécurité sanitaire des aliments, quels défis pour l'Afrique ? » *Awa Kane AIDARA, Coordinatrice FZD/DFSZ, OMS, GENEVE*

Conférence « Santé et nutrition en Afrique dans le contexte du développement de la petite enfance », *Boubacar CAMARA, Coordonnateur de la recherche à l'IPDSR-UCAD, Sénégal*

Conférence « Émergence des maladies cardio-vasculaires en Afrique : rôle des facteurs alimentaires », *Abdoul KANE, Chef du département de Médecine, UCAD, Chef de service de cardiologie HOGGY, Sénégal*

Communications, *Modérateur : Mamadou Lamine SOW, Membre Bureau ANSTS*

- Problématique des toxi-infections alimentaires collectives dans la préfecture de Kati (Mali), *Coulibaly SANOU KHÔ, Mali*
- Diabète des riches, diabète des pauvres, le diabète comme révélateur de nouveaux risques et inégalités de santé au Sénégal, *Mamadou DIME, Sénégal*
- Contaminants alimentaires et santé, *Adams TIDJANI, Sénégal*

Session « Innovation et santé » (communications), *Modérateur Anta Tall DIA, ISED/UCAD, Sénégal*

- Un nouvel outil d'aide à la décision dans la lutte contre la mortalité maternelle : le score de risque dystocique (SRD), *Papa NDIAYE, Sénégal*
- Une expérience collaborative d'élaboration de supports pédagogiques numériques sur la socio-anthropologie du SIDA en Afrique, *Blandine BILA, Burkina Faso*
- Observation et modélisation du paludisme au Ferlo du Sénégal : résultats préliminaires, *Ibrahima DIOUF, Sénégal*
- Impact du traitement préventif intermittent (IPT) sur les marqueurs moléculaires de résistance et sur l'acquisition de l'immunité protectrice contre le paludisme au Sénégal, *Magatte NDIAYE, Sénégal*

Session « Santé et environnement », *Modérateur André SPIEGEL, Administrateur Général Institut Pasteur Dakar*

Conférence « Utilisation de données environnementales et météorologiques de télédétection pour la cartographie du risque des maladies infectieuses : cas de l'évaluation du risque entomologique du paludisme urbain à Dakar », *Jean-Pierre LACAUX, Laboratoire d'aérologie, Toulouse, France*

Communications

- Virus émergents et environnement : cas des arboviroses, *Amadou Alpha SALL, Sénégal*
- Endémie Bilharzienne à la Vallée de Kou : caractérisation du système de transmission et impact socio-économique, *Noellie KPODA, Burkina Faso*
- Surveillance des poliovirus dans l'environnement à partir d'eaux usées concentrées, *Papa Amadou Mbathio DIOP, Sénégal*
- Mapping Rift Valley Fever and malaria risk over West Africa using climatic & remote sensing indicators: lessons learned from AMMA project, *Jacques André DIONE, Sénégal*
- Décharge et santé de la reproduction : cas des femmes de la zone de Mbeubeuss au Sénégal, *Anta Tal DIA, Sénégal*

Session « Eau et Santé », Modérateur Ibrahima Pierre NDIAYE, Membre Bureau ANSTS

Communications

- Biotechnologie et développement des capacités de gestion de l'eau pour l'environnement et la santé publique, *Robert MARKS, Université de Singapour, Université de Bengourion, Israël*
- Pollution de l'eau souterraine et risques sanitaires à Yaoundé au Cameroun, *Jean-Ghislain TABUE YOUNBI, Cameroun*
- Les études hydrogéologiques comme outils complémentaires aux moyens de prévention des maladies hydriques, *Béatrice KETCHEMEN TANDIA, Cameroun*
- Profil parasitologique de deux formes de shistosomiase (formes urinaire et intestinale) dans dix sites du Burkina Faso, *Dramane ZONGO, Burkina Faso*
- Accès à l'eau potable et santé des populations en Afrique subsaharienne, *Julien NTOUDA, Cameroun*

Session Mathématiques et Informatique

Session « Systèmes dynamiques - Modélisation en dynamique des populations et des épidémies », Modérateurs Driss ABOUTAJDINE, Membre Académie Hassan II des sciences et techniques (AHIIST), Maroc puis Pierre AUGER, Membre de l'Académie des sciences, IRD Sénégal

Conférence « Mathématique et Informatique au service du développement en Afrique », Mary Teuw NIANE, Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Communications

- Systèmes dynamiques appliquées à l'épidémiologie, *Jean Jules TEWA, Cameroun.*
- Stabilisation d'un modèle de pêche discret, *Diène NGOM, Sénégal.*

- Modèles de gestion de pêcheries : application à la pêcherie de sardines de l'Atlantique marocain, *Rachid MCHICH, Maroc.*
- Mathematical Modeling of the Dynamics of Migrations for Large Mammal Populations in the Amboseli National Park, Kenya, *Victor Mose NYALIKI, Kenya.*
- Development of a mathematical model for tsetse population dynamic to optimize the control in the Niayes (Senegal), *Abdoul Aziz FALL, Sénégal*
- Partial functional integral-differential equations, new development and some open problems, *Khalil EZZINBI, Maroc*
- Étude d'évolution de tumeurs par les outils d'optimisation de forme et topologique, *Mouhamadou NGOM, Sénégal.*

Session « Informatique, réseaux, base de données et systèmes intégrés », Modérateur Maurice TCHUENTE, Directeur LIRIMA, Cameroun

Table ronde « Réseaux informatiques et systèmes de télécommunication au service de la formation et la recherche en Afrique »

Communications

- Intégration de données hétérogènes : l'approche data-web sémantique. Application au partage de données agricoles, *Ousmane SALL, Sénégal*
- Analysis of critical scalable real-time systems by means of Petri nets, *Sadouanouan MALO, Burkina Faso*
- Apprentissage automatique de stratégies de configuration pour les réseaux autonomes avec qualité de service, *Maïssa MBAYE, Sénégal.*
- Innovation dans les nouvelles technologies : une application à l'industrie des télécommunications au Sénégal, *Babacar N'DIAYE, Sénégal*

Session environnement

12. Conférence « Stratégie de développement durable face aux changements climatiques et à la désertification : l'initiative africaine de la grande muraille verte », *Abdoulaye DIA, Secrétaire exécutif, Agence Panafricaine de la grande muraille verte, Tchad*

Session « Écologie générale et humaine », Modérateur Georges de NONI, Représentant IRD au Sénégal

13. Conférence « Environnement et société », *Gilles BOËTSCH, Laboratoire Environnement, santé, sociétés, Sénégal/France*

Conférence « Environnement et risques sanitaires », *Lamine GUEYE, Université Gaston Berger, Sénégal*

Conférence « Ingénierie écologique », *Luc ABBADIE, École Normale Supérieure, France*

Communications, *Modérateur Gilles BOËTSCH, Directeur Unité mixte internationale*

- La gouvernance environnementale, cas de la gestion forestière de la région de Kolda, *Ramatoulaye SOW, Sénégal*
- Pollution - Santé - Sociétés : l'approche interdisciplinaire à l'épreuve du terrain à Ouagadougou, *Jean-Noël PODA, Burkina Faso*
- Modélisation des zones favorables à l'implantation des points à partir des systèmes d'information géographiques de l'analyse multicritère : cas de la Région d'Aboisso, Sud-Est de la Côte d'Ivoire, *Didi BROU, Côte d'Ivoire*
- Caractérisation des peuplements de macro-invertébrés benthiques à l'aide de la carte auto-organisatrice, *Delphine ADANDEJAN, Bénin*
- L'observatoire Homme-Milieu Téssékéré (OHMi) : un outil de recherche pour étudier la complexité des écosystèmes arides du Sahel, *Aliou GUISSÉ, Sénégal*

Session « Environnement et agriculture » (communications) *Modérateur Denis DEPOMMIER, Directeur régional CIRAD, France/Sénégal*

- Couvert végétal comme indicateur de la qualité des sols dans le paysage à agriculture itinérante en zone de forêt tropicale humide du plateau Sud camerounais, *Marguerite Ngo MBOGBA, Cameroun*
- Changements environnementaux et production agricole dans le bassin versant béninois du fleuve Niger, *Ernest AMOUSSOU, Bénin*
- L'agriculture africaine face aux changements globaux. Recherche et innovations en sciences du sol basées sur les sciences de l'écologie, *Denis MASSE, Sénégal*
- Valorisation agricole des eaux superficielles face aux contraintes climatiques du sud-ouest Bénin : possibilités et contraintes, *Ibouraïma YABI, Bénin*

Session « Environnement et eau » (communications), *Modérateur Luc ABBADIE, Laboratoire BIOEMCO, ENS, France*

- Élimination de la turbidité et de la pollution bactérienne dans les eaux naturelles (cas du fleuve Oubangui), *Eric FOTO, Rép. Centrafricaine*
- Évolution spatiotemporelle des régimes des précipitations du bassin versant de la Sanaga-Cameroun (Zone de contact forêt-savane) dans un contexte déficitaire, *Amidou KPOUMIE, Cameroun*
- Production maraîchère à risques liés aux métaux toxiques dans l'eau d'irrigation au Bénin, *Luc KOUMOLOU, Bénin*

- Contribution of Electrical Resistivity Tomography (ERT) and Horizontal and Vertical Spectral Ratio (H/V SR) to characterize the alluvial deposits in the Kou Basin (Burkina Faso), *Elie Serge Gaétan SAURET, Belgique*

Session Financement et réseaux de recherche et d'enseignement

Conférence "Promotion of Science and Technology for Development", *Hussein SAMEH, Islamic Bank for Development*

Table ronde « Nouveaux mécanismes de financement, opportunités et contraintes », *Modérateur Aminata SALL DIALLO, ANSTS*

Session « Réseaux internationaux de recherche et d'enseignement », *Modérateur Christian AMATORE, COPED de l'Académie des sciences de France.*

- 14.** Conférence « Les évolutions récentes et en cours des universités françaises », *Jean-Pierre FINANCE, Conférence des présidents d'université de France.*

Conférence « Les réseaux africains d'enseignement supérieur recherche », *Saliou NDIAYE, Président du Réseau pour l'excellence de l'enseignement supérieur en Afrique de l'Ouest (REESAO)*

- 15.** Conférence « Le soutien de l'Agence nationale de la recherche dans les coopérations de recherche avec l'Afrique », *Philippe FREYSSINET, Directeur général adjoint de l'Agence Nationale de la Recherche, France*

Conférence « Recherche et enseignement dans le réseau international des Instituts Pasteur » *André SPIEGEL, Directeur Institut Pasteur de Dakar, Sénégal*

- 16.** Conférence « Les réseaux *La main à la pâte* d'enseignement des sciences à l'école en Europe et en Afrique », *Xavier PERSON, Fondation La main à la pâte, France, Abdoulaye SAMB, Membre de l'ANSTS, Sénégal et Odile MACCHI, Membre du COPED*

Conférence "The North Africa and Middle East Science centers network (NAMES): A PAN African Network Of Science Communication entities", *Hoda EL MIKATY, Bibliotheca Alexandrina, Alexandrie, Égypte*

Annexe 2

Short synthesis about the international Symposium 'Science, Education and Technology for Africa's Development'

Objectives

This conference aimed to the following specifics:

- To make an inventory of the implementation of the Africa's science and technology consolidated plan of action (CPA)
- To identify constraints and opportunities in the implementation of policies and programmes in the field of science, technology and innovation in Africa;
- To strengthen the partnership France / Africa and the wider Europe / Africa in this field;
- To provide to centers of excellence and to young performing teams of African scientists the opportunity to share their experience in the field of research and teaching;
- To provide an international forum for bright young African researchers working in Africa in six disciplinary sectors: agriculture, water, energy, environment, health, mathematics-computer sciences;
- To assist in the development of scientific teaching and research networks, such as virtual networks based on modern communications.

The Symposium was attended by delegates from the following countries: Belgium, Benin, Burkina Faso, Cameroon, Central African Republic, Chad, Côte d'Ivoire, Egypt, France, Germany, Guinea, Israel, Kenya, Mali, Morocco, Niger, Rwanda, Senegal, Singapore, Togo, as well as representatives of partner organizations of the ANSTS and COPED which are: African Academy of Sciences (Kenya), Academy Hassan II of Morocco, Academy Leopoldina (Germany), national Agency for research (France), Agence universitaire de la Francophonie (Senegal), Research Centre for International Development, Conference of University Presidents of France, African and Malagasy Council for Higher Education, Charles Mérieux Foundation of Mali, Research Institute for Development (France), Institut Pasteur de Dakar, UEMOA, UNESCO and UNESCO Office in Bamako (Mali), African Virtual University. In addition to the eminent scientists organizers of the conference many

political personalities honored the conference: the opening was held by the Prime Minister of Senegal, followed by the Ambassador of France. Furthermore the Minister of National education, the Minister of research and higher education and the Minister of health and social action participated in several sessions.

In accordance with its objectives, the conference had two parts, one for general scientific policy on S&T for Africa's development, the other with purely scientific advances of science acquired in the land of Africa. Both parts were attended by all delegates, which resulted in a thorough reflection, with lively exchanges between personalities in chief and young researchers, and a consensus on final recommendations to States, academies, institutions of training and research, regional African institutions and international organizations that fund development. These recommendations are reported below. There are many points concerned with the development in Africa and the COPED will use this document to define its follow-up actions in connection with the ANSTS.

Recommendations

A. Cross Sector Recommendations

General Recommendations

- To promote international scientific and technologic partnership, in particular between Europe and Africa, at both bilateral and multilateral levels through the use of networks in particular academic ones.
- To promote adoption of the consolidated plan of action (CPA) for science and technology (S&T) in Africa and integration of the programs within the CPA among the ST and RD (Research and Development) institutions as well as the governmental specialized agencies.
- To encourage and support the harmonisation programs of the African education systems in all levels (primary-elementary, secondary and third level)
- To involve the diaspora in the development of S&T and innovation in Africa
- To strengthen the cooperation between the African and European academic networks for the creation of regional research centers of excellence in Africa
- To promote the collaboration between European and African academies, both bilaterally and through the networks of academies such as ALLEA in Europe and NASAC in Africa.
- To create a “Junior Researchers” department within the African network of *national science Academies*
- To ensure the transparency of the scholarship attribution to students

Training

- To ensure the expansion of education and research facilities in order to meet the social demand for higher education, by strengthening the present technical education and vocational training structures
- To promote e-learning and improve the access to higher education, the quality of education and to enhance training

Research

- To upgrade laboratories to international standards
- To promote systems for accreditation and assessment of laboratories
- To assist in the establishment of young high level research teams
- To encourage research groups in African countries to tackle African problems (keeping external collaborations) with research approaches leading to advanced technology platforms that can be pooled between institutions
- To support the efforts of the UEMOA to further develop Centers of Excellence in STI and R &D.
- To strengthen the links between research and innovation through the establishment of innovation platforms

Funding the development of S&T and innovation in Africa

- To invite countries to comply with financial covenants under their own signed agreements (1 % of GDP for S&T, 15 % of national budgets to health)
- Concerning the new funding mechanisms, to deepen and broaden their identification and commit the decision-makers to use them
- To promote public / private partnership
- To strengthen the funding programs of regional institutions and financial partners for the development of higher education, research and innovation in Africa (UEMOA, CAM, AUF, IDRC...)
- To build up bridges between the various agencies for co-funding and integrating programs
- In all African countries partners of the Islamic Bank of Development (IBD) to take arrangements and advantage of the IDB mechanism that reserves 10% of all of its funding to projects on S&T
- To invite Governments and Private Sector to support the African ASTIEF implemented by the CEA.
- To implement special funds dedicated to collaborative programs for women and also for young African scientists
- To help young researchers to better prepare for the competition among sources of funding, adequate training for writing queries.

B. Sector-based recommendations

Agriculture

- To promote the professionalization of agriculture in Africa
- To create specific agricultural education structures such as agricultural training schools and colleges, as well as major training programs for producers to better professional actors.
- In universities and research institutions to implement laboratories, centers and centers of excellence in molecular biology and to develop research on local cereals such as millet in collaboration with the CGIAR Centers.
- To promote food crops (cereals and pulses), vegetable crops and the innovative beneficial cultures like sesame
- To integrate the teaching of management and business in scientific education to promote business and the application of technological innovations
- To develop research projects and / or joint educational programs on biotechnology applied to agricultural sciences involving several countries and institutions. In this regard the use of bioproducts (biofertilizers, biopesticides and bionematicides) should receive special attention
- To establish and strengthen links between national and regional networks of existing educational programs and collaborative research and exchange (academic mobility)
- To encourage the establishment of business companies in biotechnology (vitroplants) for seed production (vitromethods)
- To strengthen and improve the use of bioinformatics in agricultural research.

Energy

- To reduce the energy costs, especially electrical energy cost by:
 - expanding markets in terms of procurement;
 - diversifying the technological choices;
 - improving the programming of investments;
 - putting in place an efficient system of plant maintenance;
 - reducing the excessively high level of energy losses of electrical installations.
- **To create a prototype solar thermodynamic plant with a capacity of 100 MW to serve as an example to stimulate the implementation of more powerful systems.**
- In the context of the use of solar cells in Africa, a study should be conducted to choose the modules best suited for the particular climatic conditions.

- To place particular emphasis in designing the capacity of storage systems because it impacts the costs and efficiencies of energy production dramatically.
- To conduct basic research to explore other energy devices such as solar thermal batteries.
- To take advantage of the potential energy resources of the continent.
- To reduce the time delays between decisions, executions and commissioning effective production systems.
- To promote better interconnections in strategies that intend to improve access to energy and to reduce the cost of electricity.

Water

- To improve education and research in the field of water in Africa:
 - strengthen training opportunities in the field of water education
 - for the lack of supervisors of doctoral students in the field of water, introduce an accreditation to supervise research
- To improve rapidly water supply and sanitation and reach the MDGs:
 - introduce into the constitutions the right to water for all
 - reconcile constitutional law and customary law (local conventions) on the right to water
 - implement tariff measures likely to ensure greater equity in the enjoyment of the right to water
 - involve academies in the awareness of people for exercising their right to water
- Hydrology:
 - Strengthen hydrology services in human and material means, with a specific accent on equipment of stations for acquiring gauging information data
 - Engage the relevant services to use calibration curves
 - Pursue and improve predictive hydrology using climate models. Review the great systems monographs taking into account the climate changes.
- Hydrogeology:
 - To strengthen national hydrogeological services to better take into account the increasing vulnerability of aquifers;
 - To invest in research for better protection of aquifer systems;
 - To strengthen research on climate change impacts on aquifers with particular reference to the controversial notion of higher groundwater levels during dry periods ("Sahelian paradox").

Environnement

- To promote a multidisciplinary understanding of the interactions involved and be able to propose sustainable alternatives.

- To develop technologies for ecological crop production and protection.
- To assemble teams on identified needs or strengthen existing ones.

Health

Findings

- A low contribution of Africa to the reflection leading to the building up of global health policy.
- A heavy reliance of national health systems with respect to bilateral and multi-lateral partners.
- The epidemiological transition in the field of health with health systems not prepared.

Recommendations

- National *African science academies* should conduct a thorough endogenous reflection on health problems in Africa so that they are better taken into account in the international health policy agenda.
- African Countries should significantly increase their national budgets for health programmes to better master implementation and effectiveness.
- The health systems in Africa should be redesigned to take care of non-communicable diseases in constant progression.
- Health systems should be designed taking into account the more social components of health (e.g. cholera) and an integrated approach to human and animal health by the concept of "One Health".
- For selecting priorities for diseases or health problems it is also desirable that researchers can provide decision makers with algorithms based on relevant criteria.

Priorities for research and training

- African research teams should focus on really adequate African health priorities with the goal of reaching international standard level and publishing in international journals with high impact factors.
- Specific studies should be conducted along standardized protocols on:
 - risk factors of non communicable diseases
 - diet and health
 - diseases transmitted by food and poor agricultural practices (pesticides, chemical inputs)
 - prevention of malnutrition and diarrhea of children
- For health education, African countries must define the objectives for skills to develop and support this definition by a system of regular assessments. In

this perspective, the teaching of ethics, deontology and socio-cultural components of diseases should be fostered.

- The training of biology laboratories staff and research technicians must be improved, standardized and done in a cooperative fashion (e.g. RESAOLAB). In addition, there should be an accreditation process for the training program (ASLM).

Mathematics

- Disseminate the scientific production of young African researchers in the electronic Journals and reports of the African Academies of sciences.
- Participants have proposed the introduction of a levy on ICT operators to finance a wide public access to information technologies and fund research in these areas. The Moroccan experience can serve as an example.
- Young African participants to this symposium recommend to establish a multidisciplinary research network led by young African researchers to share and pool the various mathematical and computational tools around applications for development: water, health, energy, environment, food, ecology, etc.
- This network should be directly extended to young Africans in Anglophone countries
- Applied mathematics should be extended to fields such as telecommunications and sensor networks and their use in agriculture, water management etc.

Computer science

- To develop policies for the widespread use of ICT in universities and civil services. The experiences of Morocco and Tunisia can be taken as examples. The concrete actions of the Moroccan experience has yield such results as:
 - facilitated access to computers and to Internet at first for students and later on for all young people ;
 - the perspective to train 10,000 ICT engineers in the country in the medium term. (however, the lack of career recognition for the teachers involved in these projects has been an inhibiting factor in the Moroccan model that should be taken into account).
- To encourage universities to use ICT in governance to generate tools for decision making and to accelerate procedures. The AUF is an important strategic partner given the skills it has developed on free softwares.
- The development of distance learning as a means of extending access to knowledge. The AVU is an essential leverage to achieve this goal. However, the prerequisite is the territorial coverage by widespread access to the Internet (see next recommendation)

- To develop research and teaching networks where they do not exist. Networks established as TENET (South Africa), KENET (Kenya), Marwan (Morocco) must be sustained and emerging networks as SenRER (Senegal) must be supported until success.
- Distance learning and training can enable the sharing of faculty in areas that have shortages.
- Develop co-diploma or dual diploma training to enable the North-South and South-South sharing of educational contents.
- Establishing a fund for financing publication costs for young African researchers (today at best they share publications with North universities, at worst they abandon for lack of means). Laboratories as LIRIMA would be good relays for the popularization of such funding.



Science, enseignement et technologie pour le développement de l'Afrique

Science, Education and Technology for Africa's Development

Livret stratégique du Colloque Dakar 2012
Strategic booklet of the 2012 Dakar Symposium

Le colloque *Science, enseignement et technologie pour le développement en Afrique*, qui eut lieu à Dakar du 30 octobre au 3 novembre 2012, fut un événement important pour le monde scientifique et universitaire francophone africain. Il avait un objectif scientifique puisqu'après une stricte sélection y furent présentées 70 communications de jeunes africains, dans six secteurs disciplinaires critiques pour le développement (agriculture, eau, énergie, environnement, santé, mathématique-informatique), faisant ainsi mieux connaître les succès de la recherche africaine. Il avait aussi l'objectif stratégique de faire un état des lieux de la mise en œuvre du Plan d'Action Consolidé (PAC) pour la science et la technologie en vue du développement en Afrique, en identifiant les pistes les plus urgentes et les plus adéquates. Le site de l'ANSTS donne le rapport général du colloque sous forme électronique (<http://www.ansts.sn/index.php/le-rapport-general>). Afin de mieux pérenniser les résultats du colloque, nous proposons ici un livret imprimé : il est entièrement dû à la diligence courtoise de l'Agence universitaire de la Francophonie. Dans les milieux africains de la recherche et de l'enseignement universitaire, ce livret permettra de diffuser largement les points de vue documentés, larges et approfondis que se sont forgés de nombreuses personnalités en responsabilité sur les sujets stratégiques du PAC. On y trouve des recommandations générales et des recommandations sectorielles qui résultent de la synthèse des échanges entre les 150 participants. On y trouve aussi les textes complets d'une quinzaine de conférences invitées.

The Symposium *Science, Education and Technology for Africa's Development*, which took place in Dakar in 2012 from 30 October to 3 November, has been an important event for the African scientific and academic French speaking staff. It had a scientific objective and put under the lime successful African research advances through the 70 severely selected communications presented by young Africans, in six areas which are critical for development: agriculture, energy, water, environment, health, mathematics-computer science. The other objective was to take a point about the implementation of the Consolidated Plan of Action (CPA) for science and technology in Africa, and identify the most urgent and convenient hints. The ANSTS site displays the general report of the symposium as an electronic file (<http://www.ansts.sn/index.php/le-rapport-general>). In order to have another sustained form of memories, we provide here a printed booklet: it is thoroughly due to the courtesy of the Agence Universitaire de la Francophonie (AUF). In this way the documented and elaborate views of many personalities in chief concerning the strategic topics of the CPA will be diffused widely among the African researchers and academics. The booklet gives a list of recommendations, either cross-sector or sector-based; they result from a synthesis of the sharings between the 150 attendees. You can also find the extensive texts of sixteen invited conferences.

