



1er colloque Energie CNRS & Académie des Technologies :
La Recherche au cœur de la transition Énergétique

2 octobre 2012 de 8h30 à 18h00
au siège social du CNRS - 3 rue Michel-Ange - Paris 16e

Photos : © CNRS Photothèque / Daniel DUROIX, Sébastien DUCLUX - © CNRS Photothèque / Hubert RAGLIET - Conception et réalisation graphique de la couverture : © CNRS/Communication INSIS - Valérie Pierre



www.cnrs.fr



**ACADÉMIE
DES TECHNOLOGIES**

POUR UN PROGRÈS RAISONNÉ, CHOISI ET PARTAGÉ

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 1

1 ^{er} Colloque Energie CNRS-Académie des Technologies : La recherche au cœur de la transition énergétique - Alain Fuchs, Président du CNRS	1
--	---

PROGRAMME 3

LES PRESENTATIONS INVITEES (RESUMES) 5

L'Académie des Technologies - Bruno Revellin-Falcoz, Président	5
La commission « Energie et Changement Climatique » de l'Académie des Technologies - Bernard Tardieu (AT)	6
La recherche académique en Energie et les investissements d'avenir : un exemple de projet lauréat: l'IEED IPV - Daniel Lincot (CNRS)	7
European priorities for energy research and innovation - Gilles Lequeux (DGRI-UE Energie)	8
Stratégie énergétique - Bernard Tardieu (AT)	9
Modèles économiques et prospective énergétique - Patrick Criqui (CNRS)	10
La recherche face aux défis de l'énergie : quelques exemples - Sébastien Candé (CNRS, AT)	11
L'Alliance ANCRE - Bernard Bigot (CEA)	12

LES PRESENTATIONS SCIENTIFIQUES CROISEES (RESUMES) 13

Les Ressources Renouvelables pour la production de vecteurs énergétiques	13
Les biocarburants de 3 ^{ème} génération - Carole Molina-Jouve ¹ et Jack Legrand ² (CNRS)	13
L'Energie Solaire concentrée – Gilles Flamant (CNRS)	15
Le Stockage et les Réseaux	16
Le stockage électrochimique de l'énergie : un problème d'énergie - Jean-Marie Tarascon (CNRS)	16
Les smart-grids: concept, enjeux scientifiques et perspectives - Nouredine HadjSaid (CNRS)	17
Les Ressources et les Usages	18
Criticité des ressources minérales pour l'énergie - Bruno Goffé (CNRS)	18
La ville et l'habitat dans la transition énergétique - Gilles Debizet (CNRS)	19

1^o Colloque Energie CNRS-Académie des Technologie : La recherche au cœur de la transition énergétique - Alain Fuchs, Président du CNRS



© CNRS Photothèque
Francis VERNHET

Ce colloque sur l'Energie est le 1er colloque organisé conjointement par le CNRS et l'Académie des Technologies. Il a lieu 2 semaines seulement après le lancement du grand débat national sur la transition énergétique, qui devrait déboucher sur un projet de loi de programmation en mai 2013. Ce débat associera tous les acteurs: décideurs, industriels, collectivités, citoyens, et doit faire toute sa place à la Recherche qui est le moteur du progrès technologique. En amont de ce débat, le CNRS rappelle que l'Energie est l'une de ses grandes priorités thématiques : ses chercheurs contribuent fortement - et depuis de nombreuses années - aux avancées scientifiques et technologiques de notre pays en matière d'énergie et de développement durable. L'effort du CNRS dans le domaine de l'Energie est aujourd'hui très significatif : avec 300M€ de budget annuel consolidé et plus de 2000 chercheurs équivalent temps plein qui travaillent dans ses unités propres ou mixtes sur la quasi-totalité des sujets importants, il se place dans le peloton de tête de la recherche publique en Energie. Mais l'organisme se distingue surtout par la grande pluridisciplinarité des recherches menées dans ce domaine au sein de ses 10 instituts et par sa

capacité unique de prise en compte des facteurs humains et sociétaux pour aborder les grands enjeux. Le CNRS place l'homme au centre de ses travaux dans différents domaines, comme celui de l'Energie qui mobilise aujourd'hui une communauté de plus en plus large de l'institut des sciences humaines et sociales sur des questions aussi diverses que l'organisation des territoires et des villes, l'impact du développement des biocarburants, les risques liés au nucléaire, la mobilité,...

Cette journée d'échanges va permettre d'illustrer les apports du CNRS et de ses partenaires académiques dans plusieurs grands domaines tels que les énergies renouvelables, le stockage et les réseaux, les ressources critiques et la ville. Les diverses interventions vont contribuer à apporter des éclairages sur certaines grandes questions qui alimenteront le débat sur la transition énergétique au cours des prochains mois : comment réduire les émissions de GES et intégrer des énergies renouvelables? Comment améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments? Comment développer des bioénergies en évitant les conflits d'usage? Comment améliorer la sobriété dans les transports? Existe-t-il des alternatives à la fracturation hydraulique pour l'exploitation des gaz et huiles de roches mères?

Les interventions de nos chercheurs vont également contribuer à rappeler que le CNRS développe des recherches à caractère amont et appliqué, et qu'il est un acteur national majeur de l'innovation en matière d'Energie.

Le partenariat noué avec l'Académie des Technologies pour cette 1ère grande manifestation organisée conjointement illustre bien si besoin était l'intérêt du milieu industriel pour les recherches menées au sein du CNRS. Les académiciens vont apporter leur regard critique sur ces recherches et donner leur vision nouvelle sur la façon d'aborder les questions relatives à l'Energie, ce qui permettra à notre communauté académique de s'enrichir. Cette première manifestation conjointe en appellera certainement d'autres dans la logique d'une collaboration renforcée.

Enfin la participation et l'intervention en clôture du Directeur Général de la Recherche et de l'Innovation, M. Roger Genet, honore notre institution et témoigne du crédit que notre ministère accorde à ses travaux dans le domaine de l'Energie.

A. Fuchs

PROGRAMME

8h30	Accueil des participants - Café
9h00	Ouverture du colloque par A. Fuchs, président du CNRS et B. Revellin-Falcoz, président de l'Académie des Technologies
9h10	Objectifs du colloque: C. Schmidt-Lainé (CNRS), A. Dollet (CNRS) et B. Tardieu (AT)
Présentations « invitées »	
9h20	L'Académie des Technologies - B. Revellin-Falcoz, président de l'AT
9h35	La commission « Energie et Changement Climatique » de l'Académie des Technologies - B. Tardieu (AT)
9h50	La recherche académique en Energie et les investissements d'avenir : un exemple de projet lauréat: l'IEED IPVF - D. Lincot (CNRS)
10h00	Les priorités européennes pour la recherche dans le domaine de l'Energie – G. Lequeux, chef d'unité adjoint Energie DGRI Europe
10h20	Pause-café
10h50	Stratégie énergétique - B. Tardieu (AT)
11h05	Modèles économiques et prospective énergétique - P. Criqui (CNRS)
11h20	La recherche face aux défis de l'énergie : quelques exemples - S. Candel, (CNRS, AT et Ac. des Sciences)
11h40	L'Alliance ANCRE - B. Bigot, président de l'ANCRE et administrateur général du CEA
Présentations scientifiques croisées et tables rondes	
12h00	<u>Les Ressources Renouvelables pour la production de vecteurs énergétiques</u> <ul style="list-style-type: none">• Présentation des activités CNRS - A. Dollet• Les biocarburants de 3^{ème} génération - J. Legrand et C. Molina Jouve (CNRS)• L'Energie Solaire concentrée - G. Flamant (CNRS)• Présentation et échanges de points de vue sous forme de mini-table ronde animée par l'AT - avec B. Tardieu, B. Jarry, JP Cause, J.F. Minster

13h10	Déjeuner- Buffet
14h20	<p><u>Le Stockage et les Réseaux</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Présentation des activités CNRS - P. Brault • Le stockage électrochimique de l'énergie : un problème d'énergie - JM Tarascon (CNRS) • Les smart-grids: concept, enjeux scientifiques et perspectives - N. HadjSaid (CNRS) • Présentation et échanges de points de vue sous forme de mini-table ronde animée par l'AT - avec B. Tardieu, A. Pouyat, P. Castillon
15h30	<p><u>Les Ressources et les Usages</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Présentation des activités CNRS - A. Dollet • Criticité des ressources minérales pour l'énergie - B. Goffé (CNRS) • La ville et l'habitat dans la transition énergétique – G. Debizet (CNRS) • Présentation et échanges de points de vue sous forme de mini-table ronde animée par l'AT – avec B. Tardieu, B. Decomps, Y. Farge, B. Saunier, J.F. Minster, O. Appert
16h40	Pause-café
17h10	Conclusions des présidents A. Fuchs et B. Revellin-Falcoz
17h20	Intervention de R. Genet (Directeur Général de la Recherche et de l'Innovation, MESR) et clôture du colloque

La clef de toutes les sciences est sans contredit le point d'interrogation ; nous devons la plupart des grandes découvertes au comment ? Et la sagesse dans la vie consiste peut-être à se demander, à tout propos, pourquoi ? [Honoré de Balzac]

L'Académie des Technologies - Bruno Revellin-Falcoz, Président

En ce début de 21ème siècle, sciences et technologies ne cessent d'accélérer leur développement ; elles ont chacune leur identité et leur complémentarité apparaît de plus en plus clairement. Les technologies ne sont plus seulement les applications de la science, elles existent par elles-mêmes et les cas sont de plus en plus nombreux où le progrès technologique entraîne le progrès scientifique. Les technologies par leur usage ont un effet structurant sur nos vies, sur nos comportements, sur les sociétés et elles tirent de là toute leur importance. Elles sont source d'innovation, clef de l'amélioration de la compétitivité.



C'est la raison pour laquelle a été créée en France l'Académie des technologies. L'Académie des technologies, créée en 2000, est, depuis 2007, un Etablissement public administratif rattaché au ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

L'Académie des technologies a pour vocation d'être le corps intermédiaire de référence dans le domaine des technologies entre les décideurs, l'opinion publique, la recherche et les acteurs socio-économiques. Les technologies sont abordées dans une approche transversale et prospective, prenant en compte les risques, l'impact sur l'environnement et la santé, les aspects économiques et sociétaux. L'Académie des technologies tire son originalité de la diversité des origines de ses membres : forte de 268 académiciens - *ingénieurs, industriels, chercheurs, agronomes, architectes, urbanistes, médecins, sociologues, économistes* – c'est un lieu de réflexions et de propositions d'actions face aux grands défis technologiques.

L'Académie des technologies mène ses travaux en toute indépendance, en associant à ses réflexions le secteur de la production, les milieux de la recherche scientifique – dont le CNRS, c'est la raison de notre présence ici aujourd'hui, et les acteurs socio-économiques. Cette jeune académie, à tonalité industrielle, privilégie le lancement de travaux et d'actions sur des sujets transversaux, transdisciplinaires et transsectoriels, au sein de ses 12 commissions. Elle alerte les pouvoirs publics et la société sur les enjeux des technologies et émet des recommandations : Antennes relais – Longévité des supports numériques – Métallurgie – Nanotechnologies – Biotechnologies – Formation professionnelle – Principe de précaution – Nouvelles énergies - Gaz de schiste – Urbanisation – Risques des nanoparticules – OGM – Domomédecine ... Elle contribue ainsi à développer une intelligence collective des questions technologiques, ancrée au sein des choix politiques.

L'Académie des technologies développe de nombreux partenariats avec d'autres académies en France et à l'étranger. Elle participe au développement des réflexions menées au niveau international ou européen. Elle assure le Secrétariat général d'EURO-CASE, qui fédère 21 académies européennes et dont elle organise, les 12 et 13 novembre 2012, la conférence annuelle, sur le thème de l'indépendance énergétique de l'Europe.

La commission « Energie et Changement Climatique » de l'Académie des Technologies - Bernard Tardieu (AT)

Président de la Commission Energies & Changement climatique de l'Académie des Technologies

La commission « Energie et Changement Climatique » est l'une des huit commissions de l'Académie des Technologies.

Sa mission :

- analyser les questions énergétiques (sources, vecteurs et technologies) et les problèmes liés à l'effet de serre,
- en tirer une information crédible par sa transparence sans masquer aucun débat,
- contribuer à guider les choix énergétiques et les recherches ad-hoc dans une perspective de développement durable,
- développer une vision planétaire.

Elle est composée de 30 académiciens et experts, et se réunit une fois par mois une demi-journée. Elle est supportée par 6 groupes de travail : Méthane atmosphérique, réseaux de chaleur, énergie solaire, vecteurs d'énergie, énergie et urbanisme, pétrole.

Elle communique par des avis, des rapports, des communications, des articles de journaux, des participations à des colloques et émissions.

La recherche académique en Energie et les investissements d'avenir : un exemple de projet lauréat: l'IEED IPV - Daniel Lincot (CNRS)

IRDEP – UMR CNRS 7174

La sélection, en mars 2012, du projet d'Institut Photovoltaïque d'Ile de France (IPVF), porté par EDF, TOTAL, le CNRS et l'Ecole polytechnique, associés à AIR LIQUIDE, HORIBA JOBIN YVON et RIBER, représente la concrétisation d'une dynamique de rapprochement entamée il y a une dizaine d'années entre les partenaires académiques et industriels et qui n'a cessé de se renforcer, par étapes successives, au fur et à mesure de la montée en puissance des enjeux scientifiques et industriels associés au développement des énergies renouvelables. C'est ainsi que dès 2005 était créée une unité mixte de recherche dédiée à l'énergie photovoltaïque, l'IRDEP¹, entre EDF, le CNRS et Chimie Paristech, dans le prolongement d'une équipe commune créée dès 2003, puis en 2009 une équipe de recherche commune, également spécialisée, NanoPV, entre Total, et le laboratoire PICM² de l'Ecole Polytechnique - CNRS. Dès 2009, de premiers contacts étaient engagés entre les partenaires EDF, Total, CNRS et l'Ecole Polytechnique pour discuter de projets communs permettant d'amplifier les recherches dans le domaine, qui ont jeté les bases du projet IPVF lorsque le programme des IEED a été lancé.

Les racines de l'IPVF plongent donc du côté académique dans l'expérience des laboratoires Chimie Paristech-CNRS et Ecole polytechnique-CNRS, impliqués au plus haut niveau international dans le domaine photovoltaïque, en particulier des couches minces, depuis plus d'une trentaine d'années. L'expérience du côté des partenaires industriels est également considérable et ancienne, qu'il s'agisse d'EDF et Total au niveau de la mise en œuvre en tant que grands énergéticiens et acteurs majeurs du domaine, ou d'Air Liquide reconnu pour la fourniture de gaz, précurseurs et moyens de distribution de ces derniers, ainsi qu'HORIBA Jobin Yvon et Riber en tant que fabricants mondialement reconnus d'équipements de caractérisation (HJY) ou de bâtis d'élaboration de couches minces (Riber). Cette complémentarité exceptionnelle entre les composantes académiques et industrielles de l'IPVF, associée à une forte motivation de tous les partenaires, et à un programme scientifique ambitieux, a été un élément clé de la force du projet. Celui-ci vise à des ruptures scientifiques en vue d'améliorer les performances et la compétitivité des cellules et des modules photovoltaïques existants et le développement de nouvelles technologies couches minces et concepts avancés.

Il faut aussi souligner l'effort mené pour la structuration des partenaires académiques autour du projet IPVF, avec la création en 2010, d'une fédération de recherche photovoltaïque, fortement interdisciplinaire, portée par le CNRS, et regroupant, outre l'IRDEP et le LPICM, cinq autres laboratoires de recherche³. Celui-ci a contribué au renforcement de la composante académique au sein de l'IPVF. Soulignons enfin le volet formation de l'IPVF, avec en particulier la création d'un master spécialisé dans le domaine des énergies renouvelables⁴.

Ainsi, l'IPVF devrait devenir rapidement l'un des plus grands centres de recherche mondiaux sur les dispositifs solaires photovoltaïques de nouvelle génération. Il regroupera à terme près de 180 chercheurs, enseignants et étudiants. L'IPVF, ouvert sur les partenariats, sera un élément moteur dans le cadre des politiques régionales (l'IPVF est labellisé par le pôle de compétitivité Advancity), nationale et européenne de développement des énergies renouvelables.

Cette intervention sera aussi l'occasion de présenter le positionnement stratégique des recherches de l'IPVF dans le contexte actuel de forte compétition internationale.

1. Institut de Recherche et Développement sur l'Energie Photovoltaïque
2. Laboratoire de Physique des Interfaces et Couches Minces
3. <https://fedpv.cnrs.fr/>
4. www.master-renewable-energy.com

Chef d'Unité Adjoint, Commission Européenne, DG RTD – Energie, Aspects Horizontaux

The EU Energy Policy is setting ambitious goals for 2020 and 2050 and exploring possible ways towards the "decarbonisation" of European energy and transport sectors. This ambitious objective cannot be achieved without a technological shift in our current energy system.

Since 2007 the EU energy research and innovation is mainly defined on the basis of the Strategic Energy Technology (SET) Plan. The SET-Plan is fundamental as it establishes a strategic frame between the Member States, the European Commission (EC) but also industry and the research community to address collectively the need to accelerate the development and market roll-out of breakthrough low carbon energy technologies. Through two main mechanisms, namely the European Energy Research Alliance (EERA) and the European Industrial Initiatives (EIIs) the SET Plan pursues a dual approach - a Research and Innovation chain approach (from ideas to market) and a supply chain approach (from materials to system integration and energy services).

The EU Energy work programme 2013 is the last work programme under EU FP7 with several open calls for proposals (budget EUR 370 million). The main objectives of this work programme is to support European Energy and Climate Policy initiatives, the implementation of the SET Plan while completing the portfolio of FP7 activities and bridging to Horizon 2020. A special emphasis is given to support (EUR 209 million) the new European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities and a number of topics in other calls. Additional priority areas are renewable energy sources, smart grids and energy storage as well as Carbon Capture and Storage. As this work programme is a bridge to Horizon 2020, it contains a number of joint actions aiming at reinforcing cooperation with and among Member States to implement the SET Plan. In addition, the work programme supports the integration of research programmes in order to increase European coherence among national research operators through the pooling of research capacities. It also includes actions to support International Cooperation, foster participation of Small and Medium sized Enterprises and to stimulate cross-sectorial approaches for tackling societal challenges.

Horizon 2020, the next framework programme for research and innovation, provides the opportunity to reinforce the energy research and innovation dimension of the EU Energy Policy, building on the SET Plan. Energy is addressed under Horizon 2020 both in the societal challenge 'Secure, clean and efficient energy' and Euratom for nuclear aspects.

The objective of the challenge 'Secure, clean and efficient energy' (budget 6.5 Billion €) as proposed by the EC is to make the transition to a reliable, sustainable and competitive energy system. It is structured around seven more specific objectives and research areas: (1) Reducing energy consumption and carbon footprint through smart and sustainable usage; (2) Low-cost, low-carbon electricity supply; (3) Alternative fuels and mobile energy sources; (4) A single, smart European electricity grid; (5) New knowledge and technologies; (6) Robust decision making and public engagement; (7) Market uptake of energy innovation.

About the Euratom proposal (2014-2018) the EC proposes to allocate 1 billion € for fission and fusion activities, as well as more than 700 M € for research to be carried out by the Joint Research Centre. Activities on nuclear fission will focus on improving nuclear safety and security, as well as waste management. Nuclear fusion research activities will be focused on supporting the ITER project.

Due to the scale of the energy challenge, a key line of implementation for Horizon 2020 should be on partnering with European stakeholders to pool capacities and leverage resources not only for research capacities in the context of the EERA but also with Member States and Industry for large scale research and innovation programmes on low carbon energy technologies matching the efforts made by Europe's major competitors.

Académie des Technologies

Chaque pays élabore sa propre stratégie énergétique et l'adapte progressivement à l'évolution des contraintes géostratégiques.

En 1945, notre pays faisait le choix de l'indépendance énergétique en exploitant la houille blanche puis l'énergie nucléaire et en sortant très progressivement du charbon. Aujourd'hui, notre pays est engagé dans une transition énergétique dans un monde nouveau dont les contraintes ont fondamentalement changé.

Et vous, les chercheurs, comment parvenez-vous à être là où l'on vous attend quand la demande émerge ? Avez-vous une stratégie de décryptage des stratégies possibles ? Où bien y-a-t-il des tendances globales des sciences et des techniques qui sans le dire vous conduisent ? Où est-ce l'air du temps et votre goût pour telle ou telle orientation ?

C'est le but et l'originalité de ce premier colloque de vous donner l'occasion de présenter vos recherches, non pas face à des pairs qui vont apprécier les qualités scientifiques de vos travaux et de vos publications, mais face à une académie des technologies qui travaille à être le corps intermédiaire de référence dans le domaine des technologies entre les décideurs, l'opinion publique, la recherche et les acteurs socioéconomiques.

EDDEN, CNRS-Université de Grenoble

Depuis les chocs pétroliers, les contributions de l'économie à la conception et à l'évaluation des politiques énergétiques se sont dans bien des cas appuyées sur des modèles appliqués de grande taille. Ces modèles ont été utilisés dès le début des années soixante-dix pour construire des perspectives de l'offre (MARKAL, EFOM) ou de la demande (MEDEE, DMS-Energie). Puis dans les années 80, la montée des problématiques internationales, pour les marchés des énergies fossiles ou pour l'environnement global, ont conduit au développement de modèles intégrés, couvrant l'offre et la demande, et souvent étendus aux bouclages macroéconomiques ou à d'autres domaines (Land Use). Ces modèles constituent aujourd'hui un ensemble d'outils consolidés, régulièrement sollicités par les Etats ou les acteurs économiques.

Cette prégnance de la modélisation économique pour l'énergie s'explique en partie par le fait que l'énergie est une des « dimensions matérielles » les plus importantes des sociétés modernes. Celles-ci se sont construites en effet sur les énergies fossiles, qui sont encore aujourd'hui abondantes et bon marché. Les modèles permettent de « réduire l'arbitraire de la description » des images du futur énergétique. Les incertitudes sur les hypothèses physiques, économiques ou comportementales demeureront toujours, mais on attend des modèles qu'ils réduisent les incohérences ou les contradictions potentielles dans l'état des différentes variables.

La présentation explore quatre dimensions de la thématique modélisation et prospective de l'énergie :

1. **La problématique de la transition énergétique** est présentée en faisant apparaître d'une part la diversité des trajectoires énergétiques nationales et d'autre part les contraintes de ressource (non renouvelables et renouvelables) ou d'environnement. Il apparaîtra que ces dernières sont susceptibles, si on les prend au sérieux, de surdéterminer le futur énergétique.
2. **La méthodologie de la modélisation énergie-économie** s'appuie fondamentalement sur la recherche de l'efficacité dans l'action (en statique et en dynamique). Les différences dans les familles de modèles résultent tant du choix des objets privilégiés (les équilibres macroéconomiques ou les technologies) que des hypothèses faites sur la logique des dynamiques des systèmes énergie-économie. Six différentes familles de modèles seront présentées.
3. **La prospective énergétique** est aujourd'hui largement structurée par la problématique du climat et de la réduction des émissions. Deux traditions se trouvent régulièrement confrontées, celle de la prospective du « champ des possibles » permettant de faire apparaître des dimensions sociétales et celle de la prospective « projection centrale plus variantes » permettant d'évaluer les coûts et avantages économiques des politiques. Les derniers travaux du GIEC tentent de construire une synthèse en donnant trois dimensions aux scénarios : le niveau concentration des GES (RCP), le contexte socio-économique (SSP), et les hypothèses sur les politiques climatiques (SPA).
4. **Les limites des modèles** sont nombreuses. On peut aujourd'hui relever en particulier les insuffisances dans le traitement des dynamiques, crises et ruptures. De même le pouvoir de résolution des modèles est aujourd'hui insuffisant pour bien décrire les problématiques des nouveaux systèmes énergétiques. Enfin la modélisation appliquée à la conception et à l'évaluation des politiques ne permet pas de résoudre la question de la diversité des critères d'évaluation possibles.

On conclura (sans surprise) que malgré ces limites, les modèles économiques détaillés constituent, à l'instar par exemple des modèles climatiques, de puissants instruments de structuration des connaissances et de représentation collective des futurs possibles des systèmes énergétiques.

Laboratoire EM2C-CNRS, Ecole Centrale Paris

En améliorant l'efficacité énergétique on réduit la consommation, l'émission de gaz à effets de serre et la facture énergétique. On peut aussi espérer prolonger les ressources fossiles, qui jouent un rôle essentiel dans la société actuelle.

L'enjeu est considérable sur le plan économique. Il s'agit de concevoir les avions plus efficaces, les automobiles les plus sobres, les turbines à gaz ayant les meilleurs rendements...

Bien que la recherche de performance soit devenue plus difficile du fait des avancées déjà réalisées, des marges de progrès existent dans tous les domaines et peuvent conduire à des gains importants. On montre ici ce que la recherche et la technologie combinées peuvent apporter sur ces questions, en traitant comme exemples le secteur aéronautique et celui des turbines à gaz. Dans ces deux domaines on cherche à la fois une amélioration des performances et une réduction de l'impact sur l'environnement, des objectifs souvent contradictoires mais que l'on peut notamment approcher avec les moyens actuels de simulation et de calcul à haute performance.

L'Alliance ANCRE - Bernard Bigot (CEA)

Président de l'Alliance ANCRE et administrateur général du CEA

L'Alliance ANCRE est une instance de coordination de la recherche sur l'énergie menée par les opérateurs publics en liaison étroite avec les ministères concernés, les entreprises du secteur et les agences de financements. Elle a été mise en place en juillet 2009. Elle vise à renforcer l'efficacité et le rayonnement international de la recherche française dans le domaine de l'énergie en favorisant les synergies entre ses membres et en assurant une meilleure coordination de leur programmation scientifique. Outre ses quatre membres fondateurs (CEA, CNRS, CPU, IFPen), l'ANCRE rassemble tous les autres organismes de recherche publics français concernés par les problématiques de l'énergie (ANDRA, BRGM, CDEFI, IRSTEA, CIRAD, CSTB, IFREMER, INERIS, INRA, INRETS, INRIA, IRD, IRSN, LNE, ONERA). Ils ont le statut de membres associés.

Les missions de l'ANCRE s'inscrivent dans la logique de « donner une nouvelle ambition pour la recherche et l'enseignement supérieur ». Elles sont :

- Favoriser et renforcer les partenariats entre organismes de recherche et entre ces organismes et les entreprises,
- Identifier les verrous de toute nature qui limitent les développements industriels dans le cadre de la politique énergétique définie par les pouvoirs publics,
- Proposer, en liaison avec les feuilles de routes stratégiques ou programmes de l'ADEME et de l'ANR,
- Contribuer à la programmation de l'ANR et de l'ADEME, avec l'élaboration de feuilles de route,
- Accroître la compétitivité des acteurs industriels, en facilitant le transfert des avancées de la R&D.

Réunis au sein de 9, devenu 10 groupes programmatiques, ses experts travaillent sur les verrous scientifiques et techniques majeurs freinant le développement des filières énergétiques actuelles et futures. Partant de ces réflexions, ils ont élaboré des propositions de programmes de R&D et de projets pour les mener et ont analysé les forces et les faiblesses de la recherche française, à même de réaliser ces programmes.

Il sera présenté quelques éléments qui structurent la réflexion de chacun de ses groupes, notamment dans le cadre des travaux sur la transition énergétique.

Les Ressources Renouvelables pour la production de vecteurs énergétiques

Les biocarburants de 3^{ème} génération - Carole Molina-Jouve¹ et Jack Legrand² (CNRS)

Fermentation et photosynthèse - Vers des solutions durables de productions microbiennes de molécules lipidiques à usages énergétiques et chimiques

¹ LISBP – UMR INSA CNRS 5504 INRA 792

² GEPEA – UMR CNRS 6144

Les biocarburants dits de 3^{ème} génération considérés ici sont des lipides obtenus par conversion par des microorganismes vivants de ressources renouvelables non alimentaires.

Une voie de production de lipides, alternative à la production végétale, pour des usages énergétiques et chimiques réside dans la conversion de substrats d'origine agricole ou co-produits des industries - dont le CO₂ - en triglycérides par des microorganismes dits oléagineux. Le profil et la quantité de lipides dépendent de la souche, de la nature du substrat, des conditions opératoires et du mode de conduite de la culture. Cette voie de production présente des avantages incontestables par rapport aux filières chimiques d'huiles végétales dont :

- l'utilisation d'une grande diversité de ressources non alimentaires renouvelables, agricoles et ou co-produits industriels, pour une production en huile découplée du cours du pétrole,
- la modulation du profil en fonction des contraintes d'usage : par une approche couplant le génie génétique et microbiologique, il est envisageable d'amplifier les quantités de lipides microbiens accumulés et de moduler le degré d'insaturation des acides gras constitutifs des triglycérides microbiens pour permettre de satisfaire les spécifications du produit final visé,
- de définir un procédé de production robuste et maîtrisé, indépendamment des contraintes climatiques et géopolitiques,
- de contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre par la conversion d'un substrat d'origine agricole non alimentaire ou des co-produits industriels ou par l'utilisation directe de gaz à effet de serre,
- à terme développer une filière industrielle pour créer des emplois, accroître l'indépendance énergétique, contribuer à maintenir au meilleur niveau la compétitivité des entreprises françaises et européennes de l'énergie et de la chimie.

Deux voies complémentaires mobilisent fortement les équipes de recherche ; Une voie 'fermentaire' mettant en œuvre des levures et bactéries, une voie 'photosynthétique' mettant en œuvre des microalgues.

La voie fermentaire : des levures et bactéries oléagineuses pour la conversion de substrats lignocellulosiques agricoles et co-produits industriels. Les travaux, initiés en 2005 au LISBP en collaboration avec MICALIS, avec le soutien d'Airbus, l'ANR, la DGE, le CNRS, l'INRA, EADS et l'UE, ont permis des avancées scientifiques importantes pour comprendre et quantifier les phénomènes biologiques de synthèse des lipides par des levures et bactéries ; les résultats ont déjà permis, avec succès, la modulation du profil lipidique par ingénierie de souche, la définition de stratégies fermentaires innovantes et performantes en termes de production, productivité et rendement pour une transposition industrielle réaliste. Les enjeux actuels concernent l'identification de ressources renouvelables agricoles non alimentaires adaptées aux exigences nutritionnelles des microorganismes, le développement de bioprocédés intensifs, la preuve de faisabilité du concept à l'échelle pré-industrielle avec l'évaluation des impacts environnementaux, économiques et sociétaux.

La voie photosynthétique : les microorganismes photosynthétiques de type microalgues ou cyanobactéries possèdent de nombreux avantages intrinsèques, comme des productivités surfaciques importantes, des teneurs en lipides élevées, et la possibilité d'une production contrôlée et intensifiée dans des systèmes dédiés types photobioréacteurs permettant une gestion optimisée des entrants (CO₂, minéraux) avec minimisation de l'empreinte environnementale (minimisation des besoins en eau, contrôle des rejets). Une des limitations majeures est liée au fait que la synthèse de la biomasse et l'accumulation massive de lipides de réserve présentent des optima incompatibles. En effet, l'accumulation de lipides intervient dans des conditions de carence ou de stress qui ont un impact négatif sur la productivité en biomasse. Il est nécessaire de mener de manière intégrée la recherche de souches d'intérêt et les recherches sur les procédés de production, en tenant compte des spécificités du biocarburant cible et, d'une façon plus large, des contraintes imposées par l'application énergétique.

PROMES – UPR CNRS 8521

Le solaire à concentration possède des caractéristiques qui le distinguent de la conversion photovoltaïque (PV) ou éolienne. Il permet une production d'énergie déphasée par rapport à la ressource par l'intégration d'un stockage thermique et par l'hybridation avec des combustibles (fossiles ou renouvelables). Cette filière aborde une phase de développement industriel qui pourrait aboutir à une contribution d'environ 10% à la production d'électricité mondiale en 2050, c'est-à-dire à un niveau équivalent au solaire PV (IEA, 2011). Un tel développement ne peut être envisagé sans un effort important de R&D auquel le CNRS peut contribuer au plan de la recherche de base et au plan de la recherche technologique.

Trois grands domaines applicatifs se dégagent à partir des systèmes optiques de concentration, ils concernent la production de : (1) chaleur industrielle, (2) électricité et (3) combustibles de synthèse. Chaque domaine pose des questions scientifiques spécifiques qui appellent des réponses pluridisciplinaires. En effet, même si les sciences de l'ingénieur sont au cœur de la problématique de recherche du solaire concentré, le champ disciplinaire concerné s'étend également, par exemple, à la science des matériaux ou à la physique de l'atmosphère.

A partir d'un état de l'art des développements actuels, la présentation indiquera quelques grands défis scientifiques dans les domaines de l'optique des concentrateurs, des récepteurs solaires, des fluides de transfert thermique, des systèmes de stockage, des cycles thermodynamiques et des réacteurs thermochimiques de production de combustibles de synthèse.

Les enjeux technologiques et économiques sont clairs : augmenter le rendement des centrales solaires de 50%, faire baisser les coûts du kWh d'un facteur 2 à 3 et proposer des voies crédibles pour la production de combustibles liquides renouvelables.

RS2E - FR CNRS 3459

L'approvisionnement et la gestion de l'énergie sont plus que jamais au centre de nos préoccupations quotidiennes et représentent une priorité socio-économique majeure. Beaucoup d'espoir repose aujourd'hui sur les accumulateurs à ions lithium qui envahissent les marchés des portables et qui sont fortement convoités pour les véhicules électriques, voire les applications réseaux. Mais qu'en est-il réellement? C'est ce à quoi cet exposé tentera de répondre.

Cette présentation portera principalement sur les avancées récentes de la technologie à ion Lithium au niveau Français. Elle traitera de l'utilisation de nano-matériaux et du développement des batteries à ions Li durables et écologiques en mettant l'accent 1) sur les nouveaux procédés de synthèse éco-efficaces des matériaux d'électrodes tels la synthèse ionothermale ou par bio-minéralisation, 2) sur la possibilité d'utiliser des précurseurs à base végétale plutôt que minérale et 3) la mise au point d'autres technologies d'accumulateurs telles que les technologies Li-air et Na-ion.

Grenoble INP - G2ELab – UMR CNRS 5269

Les systèmes électriques sont confrontés à des défis majeurs liés notamment à la sécurité d'approvisionnement énergétique et aux enjeux environnementaux dans un contexte de libéralisation des marchés de l'énergie et de la multiplicité des acteurs. Le concept des smartgrids ou des réseaux intelligents est né de la nécessité d'apporter des réponses « innovantes » à ces préoccupations notamment pour le raccordement de la production décentralisée dans les meilleures conditions d'économie et de sécurité, l'intégration « active » du consommateur dans la chaîne énergétique pour une efficacité énergétique accrue ainsi que le développement du véhicule électrique et hybride rechargeable en réseau.

Les défis scientifiques sont nombreux. Ils sont autant technologiques, économiques que sociologiques. De plus, les réseaux intelligents sont à la rencontre des nouvelles technologies des réseaux électriques et des technologies de l'information et de la communication. Il est bien connu que les questions scientifiques qui émergent à la frontière de deux disciplines sont souvent source d'innovations majeures.

La présentation traitera de l'avènement des smartgrids, des défis scientifiques engendrés, des solutions en cours de développement pour répondre à la complexité croissante sur l'ensemble du système électrique ainsi que quelques initiatives de projets de par le monde.

Electrical systems are facing major challenges namely related to security of energy supply and environmental issues in the context of liberalization of energy markets and the multiplicity of actors. The concept of Smartgrids has emerged from the need to provide "innovative" solutions to these concerns including the connection of distributed generation in the best economy and security conditions, the integration of 'active' consumers in the energy chain for enhanced energy efficiency, and the development of plug-in electric and hybrid vehicles.

There are several scientific stakes. They are technological, economical and sociological. Furthermore, smartgrids are at the convergence of new energy grids technologies and information/communication technologies. It is well known that scientific questions that may emerge at the boundary of two scientific disciplines are often a source of major innovations.

The presentation will discuss the advent of SmartGrid, its scientific stakes, the solutions being developed to meet the increasing complexity throughout the power system as well as some project initiatives around the world.

CNRS - INSU

Le passage d'une production d'énergie essentiellement basée sur les énergies fossiles à une production basée sur des énergies considérées comme renouvelables et non susceptibles de connaître des ruptures d'approvisionnement est un enjeu considérable pour notre futur.

Les énergies renouvelables proviennent, actuellement, pour l'essentiel de la conversion directe ou indirecte de l'énergie solaire. Dans le futur, les nouvelles générations de production d'énergie d'origine nucléaire, encore au stade de la recherche, pourront aussi être certainement considérées comme renouvelable.

Dans la nature, la conversion d'énergie solaire est assurée par le carbone à travers la photosynthèse. Cette conversion est à l'origine des énergies fossiles et de la biomasse actuelle. En dehors du développement ou du renouvellement de cette dernière filière qui reste basée sur le carbone et en faisant l'impasse sur les sources naturelles d'hydrogène encore totalement ignorées ou à peine considérées dans le bouquet énergétique futur, le remplacement des énergies fossiles par les autres moyens de production d'énergie renouvelable se fera par l'usage massif de l'électricité avec la nécessité de développer les moyens de production, de stockage, de transport et de conversion. Cela se fera aussi par le développement des technologies et des matériaux économisant l'énergie et augmentant l'efficacité énergétique.

Cette transition, totalement nouvelle dans l'histoire de l'humanité, nécessite et nécessitera la maîtrise et la gestion d'une masse considérable d'éléments chimiques pour lesquels les connaissances actuelles sont faibles et disparates tant sur leurs abondances naturelles, leurs localisations (dans la nature et les déchets), leur traitement, leur recyclage, leur choix, leur substitution et les impacts environnementaux ou économiques qui en découlent.

Un effort de recherche considérable est à faire sur tous ces points pour développer une vision stratégique et politique de gestion durable de nos ressources naturelles et la maîtrise de notre environnement. Cet enjeu est progressivement pris en compte dans les stratégies des états et des communautés pour en limiter et maîtriser les risques. La présentation abordera ces questions en développant la notion d' « éléments critiques pour l'énergie pour le développement durable » (ECEdd ou ECEs en américain).

Mots Clés : éléments critiques, ECEdd, pénuries, environnement, stratégie.

PACTE - CNRS

Les technologies de l'énergie ont contribué à la transformation de notre société. L'automobile a profondément modifié les formes de la ville et les modes d'habiter. Pour autant, sa place diffère sensiblement selon l'histoire et la géographie des villes. Bien d'autres objets énergétiques sont inégalement déployés dans les villes et en façonnent plus ou moins les formes et les modes de vie : le tramway, les réseaux d'énergie, le réfrigérateur, les lampes ...

Associée à la ville, l'expression "transition énergétique" repose, dans les pays développés, sur trois hypothèses :

Les villes utilisent l'énergie d'une façon relativement stabilisée depuis la fin des trente glorieuses.

La raréfaction et les nuisances des combustibles ainsi que le réchauffement climatique nécessitent la poursuite des efforts d'efficacité énergétique, le développement des énergies renouvelables et la recherche de la sobriété.

L'inertie de l'habitat et de la ville justifie de changer dès maintenant la façon de les fabriquer et une évolution du rapport des personnes et des acteurs sociaux à l'énergie.

Comment les sciences humaines et sociales contribuent ou peuvent contribuer à produire de la connaissance dont pourraient se saisir les acteurs de la transition énergétique ?

C'est essentiellement par l'étude des réseaux que la recherche en urbanisme et en aménagement s'est intéressée à l'énergie. Les concepts décrivant les réseaux ont été développés pour analyser les transformations de la ville. Ils sont parfois mobilisés pour modéliser l'énergie dans la ville en partenariat avec des technologues de l'énergie.

Le rapport des habitants à l'énergie et les politiques climat-énergie constituent des thématiques relativement récentes de la recherche urbaine, sous l'impulsion d'un financement public. Dans une perspective de conceptualisation, la recherche urbaine explore actuellement ces questions de façon interdisciplinaire :

Avec des psycho-sociologues, des sociologues et des anthropologues, les recherches traitent du rapport des occupants (individus, ménage, groupe d'employés ...) aux équipements et au confort du bâtiment (et des modes de transports) et aux implications financières et sociales (précarité énergétique, dépendance automobile ...). L'évolution des pratiques et des représentations sociales est généralement analysée en observant les réactions à des expérimentations.

Avec des économistes et des politistes, les recherches portent sur les dimensions énergétiques de l'action publique locale et sur les dimensions territoriales des politiques énergétiques. La mise au point de nouveaux dispositifs institutionnels et l'ajustement des plus anciens, ainsi que les débats publics sur des projets urbains et la mobilisation citoyenne sont analysés selon les méthodes disciplinaires classiques plus ou moins articulées entre elles.

Avec des sociologues, des énergéticiens et des informaticiens, des travaux portent sur les outils de représentation des phénomènes thermiques et des approches sensibles. Les applications concernent la conception architecturale ou la gestion immobilière et urbaine.

Avec des politistes, des sociologues des organisations, des économistes et des spécialistes de gestion, des recherches portent sur les configurations, les logiques d'acteurs et les méthodes de co-élaboration lors du déploiement d'innovations socio-techniques. L'articulation multi-échelle des actions publiques constitue une tendance forte en Europe et la transformation des marchés en Amérique du Nord.

enfin, avec des économistes, les résultats ci-dessus sont pris en compte afin que la modélisation économique adapte ses variables aux nouveaux enjeux et aux inter-relations révélées.

En aval et parallèlement, ces nouvelles connaissances sont mobilisées/ables pour évaluer les interfaces techniques dans un objectif d'efficacité, pour identifier des résistances et cerner des leviers de la sobriété et du

développement des ENR et pour mettre au point des méthodes de décision adéquates. Ces activités de R&D sont d'ores et déjà partagées entre la recherche publique en SHS, les collectivités locales, les cabinets d'études et de conseil, les directions R&D des grandes entreprises et, dans une moindre mesure, la recherche technologique.

Comité d'organisation du colloque

Comité scientifique

*CNRS : Claudine Schmidt-Lainé, Alain Dollet, Pascal Brault
Académie des Technologies: Bruno Revellin-Falcoz, Bernard Tardieu*

Coordination générale de l'organisation

*CNRS : Romie Lopez
Académie des Technologies : Jean Denègre*

Logistique

*CNRS : Hniya Elkhchai et l'ensemble de l'équipe INSIS
Académie des Technologies : Stéphanie Thine*

Conception des supports et affiches

Valérie Pierre (CNRS)

Communication

*CNRS: Arlette Goupy, Muriel Ilous
Académie des Technologies: Catherine Côme, Olga Allard*