



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences



Académie nationale
de médecine
Fondée en 1820



Rencontre
Science et politique



La programmation pluriannuelle de l'énergie

Mardi 24 octobre 2018 de 8h30 à 10h00
Salon Bonnefous de l'Institut de France
23, quai de Conti, 75006 Paris

Académie des sciences - Académie nationale de médecine - Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST)

Le rapprochement entre le monde politique et le monde scientifique est important à un moment où les problèmes sont plus complexes et où les fausses nouvelles et les croyances sont propagées avec beaucoup de facilité par Internet et les réseaux sociaux. Ce rapprochement a pour objectif d'établir une relation entre deux mondes qui ont beaucoup de sujets à partager. Pendant plus de dix ans, l'OPECST et l'Académie des sciences avaient déjà développé cette connaissance mutuelle au travers d'un programme de jumelage dans lequel un parlementaire était mis en relation avec un académicien et un jeune chercheur. Ce programme avait permis aux uns et aux autres d'échanger leurs points de vue et de découvrir leurs environnements respectifs (Assemblée nationale, Sénat, circonscription, laboratoires, instituts de recherche, établissements d'enseignement supérieur). Avec ces mêmes idées de rapprochement, l'Académie des sciences, en association avec l'Académie nationale de médecine et l'OPECST, ont choisi d'engager un nouveau partenariat plus ciblé sur les questions les plus actuelles et les plus difficiles en organisant des échanges périodiques de haut niveau permettant une discussion ouverte. Ces échanges auront la forme de réunions restreintes entre des parlementaires et des académiciens. Les sujets traités seront choisis en commun parmi les questions prioritaires, celles qui sont notamment abordées dans les travaux parlementaires. Les parlementaires pourront développer leurs visions et un ou plusieurs académiciens pourront présenter les points de vue des scientifiques sous une forme concrète et didactique. Le débat sera ensuite engagé pour confronter ces points de vue. Une synthèse sera réalisée en fin de séance pour rassembler les propositions, les conclusions principales et les pistes de réflexion.



Participants Académie des sciences



Sébastien CANDEL

Président de l'Académie des sciences

Sébastien Candel est professeur des universités émérite à CentraleSupélec (université Paris-Saclay), membre honoraire de l'Institut universitaire de France et président de l'Académie des sciences pour 2017 et 2018. Ses recherches concernent la dynamique de la combustion, la structure, la modélisation et la simulation des flammes turbulentes et la combustion cryotechnique avec comme applications la propulsion aéronautique et spatiale et la production d'énergie. Sébastien Candel est membre de l'Académie des technologies, de l'Académie de l'Air et de l'Espace et membre étranger de la *National Academy of Engineering* des États-Unis.



Pierre CORVOL

Vice-président de l'Académie des sciences

Pierre Corvol, médecin et scientifique, est vice-président de l'Académie des sciences, professeur émérite au Collège de France et administrateur honoraire du Collège de France. Il a consacré ses travaux à l'étude des mécanismes hormonaux de régulation de la pression artérielle. Il a établi le rôle crucial du système rénine angiotensine aldostérone dans le contrôle de la fonction rénale et cardiaque. Les travaux de son équipe ont contribué au développement des traitements couramment utilisés dans l'hypertension artérielle et les maladies cardiovasculaires. Il a mené les premières études sur la génétique de l'hypertension artérielle humaine et a récemment travaillé sur le rôle des peptides vasoactifs dans les mécanismes de l'angiogénèse.



Catherine BRECHIGNAC

Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences

Catherine Bréchnignac est secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. Ses travaux scientifiques portent sur la physique des agrégats métalliques, précurseurs des nano-objets dont les propriétés ne sont ni celles de l'atome ni celles du solide. Déposés sur une surface, ils s'assemblent pour façonner des morphologies hors équilibre : les fractales. Catherine Bréchnignac fut directeur général du CNRS, puis présidente de 2006 à 2010. Elle est ambassadeur délégué à la science, la technologie et l'innovation.



Roger BALIAN

Membre de l'Académie des sciences

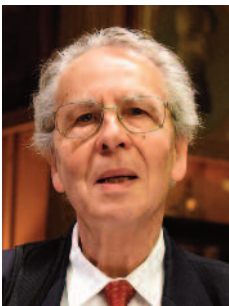
Roger Balian, physicien théoricien, a fait toute sa carrière à l'Institut de physique théorique, centre de recherches de Saclay (CEA). Il a travaillé sur des thèmes variés, abordés à l'aide de méthodes de physique statistique, allant de la physique nucléaire aux liquides quantiques, de la théorie des champs à la propagation des ondes, de la nanophysique à la théorie de l'information, de la distribution des galaxies à la théorie de la mesure quantique. Il a été professeur de physique statistique à l'École polytechnique, a dirigé l'École internationale de physique théorique des Houches et présidé la Société française de physique.



Yves BRECHET

Membre de l'Académie des sciences

Yves Bréchet, polytechnicien et docteur en science des matériaux, professeur à Grenoble INP, et professeur associé à McMaster University (Canada) et Jiaotong University (Chine). Il a été Haut-commissaire à l'énergie atomique de 2012 à 2018 et à ce titre a dirigé ou rédigé de nombreux rapports, en particulier sur les questions liées à l'énergie dans une approche systémique, à l'usage exclusif du gouvernement. Yves Bréchet a été titulaire de la chaire annuelle Bettancourt « Innovation technologique » au Collège de France, pour l'année 2013. Sa spécialité est la science des matériaux et ses diverses applications. Il est actuellement directeur scientifique de Saint-Gobain, conseiller scientifique dans le domaine des matériaux, et a repris ses activités universitaires en France et à l'étranger.



Jean-Claude DUPLESSY

Membre de l'Académie des sciences

Jean-Claude Duplessy, directeur de recherche émérite au Centre national de la recherche scientifique, est ancien élève de l'École normale supérieure de Paris. Agrégé de physique en 1967, il entre au CNRS cette même année et conduit ses recherches sur la géochimie des isotopes stables et radioactifs et leur application à l'étude des climats anciens. Ses travaux ont contribué à la création de la paléo-océanographie, science nouvelle qui décrit la circulation océanique dans le passé, ses variations à long terme et ses conséquences sur les variations rapides du climat. De 1985 à 1997, il a été directeur du Centre des faibles radioactivités, un laboratoire mixte du CNRS et du CEA consacré à l'étude de la planète Terre par les méthodes modernes de la physique et de la géochimie. Il préside la Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs.



Etienne GHYS

Membre de l'Académie des sciences, secrétaire perpétuel en 2019

Étienne Ghys est mathématicien. Directeur de recherche CNRS de classe exceptionnelle, il a contribué à la création et au développement du laboratoire de mathématiques de l'ENS de Lyon. Ses travaux scientifiques portent sur la géométrie, la topologie et les systèmes dynamiques. On lui doit par exemple des résultats permettant de mieux comprendre la topologie du fameux papillon de Lorenz, paradigme de la théorie du chaos. Depuis quelques années, il s'est investi dans plusieurs actions de diffusion, comme la réalisation de films mathématiques ou encore la fondation d'une revue en ligne destinée au public général. Cela lui a valu le prix Clay pour la dissémination des mathématiques. Il porte un intérêt tout particulier aux questions d'éducation.



Robert GUILLAUMONT

Membre de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies

Robert Guillaumont est un spécialiste de la radiochimie et de la chimie des actinides. Son expertise porte sur la chimie du cycle du combustible nucléaire et sur les questions d'énergie nucléaire. Il a obtenu son doctorat à l'Institut du radium de Paris, a dirigé le laboratoire de radiochimie de l'Institut de la physique nucléaire d'Orsay et a enseigné la chimie/radiochimie à l'université Paris XI-Orsay. Il a été membre ou président de nombreux comités français et internationaux traitant de l'énergie nucléaire, de la gestion des déchets radioactifs et de la synthèse et de l'utilisation des radionucléides pour la médecine. Il est membre de la CNE depuis 1994 (Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs – lois n° 1991-1381 et n° 2006-739).



Olivier PIRONNEAU

Vice-président délégué aux relations internationales de l'Académie des sciences

Olivier Pironneau est un ancien élève de l'École polytechnique et de UC Berkeley (PhD 1971 en EECS). Après un postdoc avec Sir James Lighthill à Cambridge UK, il soutient une thèse d'état en 1975. D'abord chercheur à l'INRIA avec Jacques-Louis Lions, il est nommé professeur d'informatique à Paris XIII en 1978 puis à Paris VI en mathématiques appliquées en 1985. Auteur de plus de 300 publications et de 5 livres sur la simulation et le contrôle des équations aux dérivées partielles sur ordinateur pour l'aéronautique, l'électromagnétisme, la finance quantitative et d'autres problèmes à la frontière des mathématiques et de l'informatique, il a été membre de la Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs, et membres des conseils de INRIA, UPMC, GENCI, CINES, etc. Membre senior de l'Institut universitaire de France de 1993 à 2003, il a été élu membre de l'Académie des sciences en 2002. Il est actuellement professeur émérite à Sorbonne-université et vice-président pour les relations internationales de l'Académie des sciences.



Didier ROUX

Délégué à l'information et à la communication de l'Académie des sciences

Didier Roux est né en 1955, ancien élève de l'École normale supérieure de Saint-Cloud, membre du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) de 1980 à 2005. Il est lauréat de nombreux prix et distinctions. Il est titulaire de la médaille d'argent du CNRS. Il crée deux *start-up* en 1994 et 1998, il est directeur scientifique adjoint de Rhône-Poulenc puis de Rhodia entre 1997 et 2005. Il occupe entre 2007 et 2017 le poste de directeur de la R&D et de l'Innovation du Groupe Saint-Gobain. Il est membre de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies. Il a été professeur au Collège de France (chaire annuelle 2016-2017 « Innovation technologique Liliane Bettencourt »). Il est président d'Unitec et vice-président de la fondation *La Main à la Pâte*.

Participants Académie nationale de médecine



Jean-François ALLILAIRE

Secrétaire adjoint de l'Académie nationale de médecine

Jean François Allilaire est docteur en médecine, spécialiste en psychiatrie. Il a été formé à la faculté des sciences puis à la faculté de médecine Pitié-Salpêtrière de l'université Paris VI. Ancien interne des hôpitaux de Paris et des hôpitaux psychiatriques d'Ile-de-France, chef de clinique de la faculté, puis professeur d'université, il a dirigé le service de psychiatrie de l'hôpital de la Salpêtrière intégré à l'UFR de neurosciences Charcot et au pôle des maladies du système nerveux du CHU Pitié-Salpêtrière. Chercheur-clinicien au sein de l'INSERM-U302 « Psychopathologie et pharmacologie des comportements » puis à l'unité mixte de recherche CNRS-université 7593 « Vulnérabilité, adaptation et psychopathologie », ses travaux de recherche concernent les mécanismes et les traitements des maladies psychiatriques dans les domaines de l'anxiété, la dépression et la bipolarité. Il est élu à l'Académie nationale de médecine en 2004.



André AURENGO

Membre de l'Académie nationale de médecine

André Aurengo, diplômé de l'École polytechnique, docteur ès sciences physiques, ancien interne des hôpitaux de Paris, docteur en médecine, PU-PH honoraire, a dirigé le service de médecine nucléaire de la Pitié-Salpêtrière de 1989 à 2014. Ses thèmes de recherche sont le traitement d'images biomédicales, le cancer thyroïdien et la méthodologie en épidémiologie. Depuis 18 ans il préside le Conseil médical d'EDF dont il a été administrateur représentant l'État de 1989 à 2000, et dont il a créé et présidé le Comité d'éthique. Vice-président puis président de la section de radioprotection du Conseil supérieur d'hygiène publique de France, président de la Société française de radioprotection, il a participé activement à la transposition en droit français des principales directives européennes concernant la radioprotection. Conseiller du Haut-Commissaire du CEA de 2012 à 2018 pour la radiobiologie et la radioprotection, il est membre de l'Académie nationale de médecine depuis 2005 et de l'Académie des technologies depuis 2016.



Patrick NETTER

Membre de l'Académie nationale de médecine

Patrick Netter est professeur des universités émérite, UMR 7365 CNRS à l'université de Lorraine. Il a dirigé une unité de recherche du CNRS, dans laquelle il s'est impliqué dans les aspects cellulaires et moléculaires de la dégradation du cartilage. Il a dirigé l'Institut des sciences biologiques du CNRS, a été vice-président d'Aviesan et président d'IBISA (infrastructures en biologie Santé). Il s'est aussi investi dans la politique européenne de recherche pour le CNRS (en particulier sur l'ERC). Ce clinicien-chercheur, doyen de la faculté de médecine de Nancy pendant cinq ans, est président de la division des sciences biologiques de l'Académie nationale de médecine.



Patrice TRAN BA HUY

Membre de l'Académie nationale de médecine

Patrice Tran Ba Huy est professeur d'oto-rhino-laryngologie à la faculté de médecine Lariboisière-St-Louis - université Paris 7. Il est chef de service ORL à l'Hôpital Lariboisière 1995-2010. Ancien président de la Société française d'ORL et de chirurgie cervico-faciale et ancien président de l'*European Skull Base Surgery*.

Participants Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST)

Députés



Julien AUBERT

Élu le 20 juin 2012, réélu le 18 juin 2017 - Vaucluse (5^e circonscription)

Né le 11 juin 1978 à Marseille (Bouches-du-Rhône)

Magistrat à la Cour des comptes

Membre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Membre de Commission du développement durable et de l'aménagement du territoire sous la précédente législature. Depuis sa réélection, membre de la Commission des finances, de l'économie générale et du contrôle budgétaire, rapporteur spécial pour la Commission des finances du budget « Environnement/Energie ». Président de la mission d'information commune sur les usages des bloc-chânes (*blockchains*) et autres technologies de certification de registres. Membre de la commission d'enquête sur l'alimentation industrielle : qualité nutritionnelle, rôle dans l'émergence de pathologies chroniques, impact social et environnemental de sa provenance. Président du groupe d'études sur les enjeux économiques de la filière industrielle énergétique. Co-président du groupe « Énergies » sous la précédente législature.



Philippe BOLO

Élu le 18 juin 2017 - Maine-et-Loire (7^e circonscription)

Né le 25 mars 1967 à Limoges (Haute-Vienne)

Ingénieur

Membre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, référent parmi les membres députés sur l'agriculture et l'alimentation. Co-rapporteur de l'étude sur l'expertise des risques sanitaires et environnementaux en France et en Europe (saisine de la Commission des affaires économiques et de la Commission des affaires européennes). Membre de la Commission des affaires économiques. Membre de la mission d'information relative aux freins à la transition énergétique. Co-président du groupe d'études « Inondations, risques naturels et calamités agricoles ».



Jean-François ELIAOU

Élu le 18 juin 2017 - Hérault (4^e circonscription)

Né le 13 août 1956 à Nice (Alpes-Maritimes)

Professeur à la faculté de médecine de Montpellier

Ancien interne des hôpitaux et médecin chef de service au CHU de Montpellier. Pédiatre de formation, il s'est orienté vers l'immunologie. Il réalise ses activités de recherche sur l'immunité et le cancer à l'Institut de recherche en cancérologie de Montpellier. Membre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, référent parmi les membres députés sur les questions médicales, de biotechnologies, de bioéthique, de valorisation dans le domaine des sciences du vivant. Rapporteur sur l'évaluation de l'application de la loi n° 2004-800 du 6 août 2004 et de la loi n° 2011-814 du 7 juillet 2011 relatives à la bioéthique. Membre de la Commission de la défense nationale et des forces armées du 29/06/2017 au 30/01/2018, puis membre de la Commission des lois constitutionnelles, de la législation et de l'administration générale de la République. Secrétaire de la mission d'information de la Conférence des présidents sur la révision de la loi relative à la bioéthique. Membre de la mission d'information sur la gestion des événements climatiques majeurs dans les zones littorales de l'hexagone et des Outre-mer. Rapporteur du groupe de travail sur les moyens de contrôle et d'évaluation, mis en place par le président de l'Assemblée nationale François de Rugy.



Jean-Luc FUGIT

Élu le 18 juin 2017 - Rhône (11^e circonscription)

Né le 27 novembre 1969 à Rodez (Aveyron)

Docteur en pollution de l'air, ingénieur chimiste de l'ENSIACET

Enseignant-chercheur en chimie (COMUE de Lyon – Saint-Étienne) en disponibilité depuis septembre 2017. Vice-président d'université en charge de l'insertion professionnelle, de l'orientation, et de la réussite étudiante (de 2011 à 2017). Membre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, référent parmi les membres députés sur la pollution et la gestion des déchets en général, la politique spatiale, le bâtiment). Rapporteur de la note scientifique de l'Office : « La rénovation énergétique des bâtiments » (note n°6 - juillet 2018); et de la note scientifique en cours sur les lanceurs spatiaux réutilisables. Membre de la Commission du développement durable et de l'aménagement du territoire. Rapporteur de la mission d'information commune sur le suivi de la stratégie de sortie du glyphosate. Membre de la Commission d'enquête sur l'alimentation industrielle : qualité nutritionnelle, rôle dans l'émergence de pathologies chroniques, impact social et environnemental de sa provenance. Membre de la mission d'information relative aux freins à la transition énergétique. Co-président du groupe d'études « Santé environnementale ». Président du Conseil national de l'air depuis juillet 2018. Membre du Conseil national de la transition écologique.



Huguette TIEGNA

Élue le 18 juin 2017 - Lot (2^e circonscription)

Née le 1^{er} avril 1982 à Bangassogo (Burkina Faso)

Docteur, ingénieur de recherche et développement en génie électrique

Vice-présidente de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, référente parmi les membres députés sur les questions liées à l'énergie et à la mobilité du futur. Rapporteuse sur l'élaboration de scénarios technologiques permettant d'atteindre l'objectif fixé pour l'échéance de 2040 d'un arrêt des ventes de véhicules essence ou diesel. Rapporteuse de la note scientifique de l'Office : « Impression 3D » (note n°2 - mars 2018). Membre de la Commission des affaires économiques. Membre de la mission d'information relative aux freins à la transition énergétique. Présidente du groupe d'études « Économie verte et économie circulaire ». Membre titulaire du Conseil stratégique de la recherche.



Cédric VILLANI

Élu le 18 juin 2017 - Essonne (5^e circonscription)

Né le 5 octobre 1973 à Brive (Corrèze)

Professeur de l'université de Lyon en mathématiques

Titulaire 2010 de la Médaille Fields et lauréat 2014 du prix Doob, membre de l'Académie des sciences et de l'Académie pontificale des sciences. Président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques du 18/07/2017 au 09/11/2017, puis premier vice-président de l'Office. Rapporteur sur le rapport d'information : « Quelle prise en compte de l'hypersensibilité électromagnétique ? » - N° 1164. Rapporteur sur le rapport d'information : « Enjeux des compteurs communicants » - N° 672. Rapporteur sur le rapport d'information : « Algorithmes au service de l'action publique : le cas du portail admission post-bac » - N° 671. Rapporteur de la note scientifique : « Le transport à hypergrande vitesse sous vide (Hyperloop) » (note n°5 - juillet 2018). Membre de la Commission des lois constitutionnelles, de la législation et de l'administration générale de la République.



Gérard LONGUET

Sénateur de la Meuse depuis 2001 (réélu en 2011 et 2017)

Né le 24 février 1946

Ministre chargé des Postes et des Télécommunications (1986-1988). Ministre de l'Industrie, des Postes et des Télécommunications et du Commerce extérieur (1993-1994). Ministre de la Défense et des Anciens combattants (2011-2012). Député de la Meuse (1978-1981 et 1988-1993). Député européen (1984-1986). Président du conseil régional de Lorraine (1992-2004). Conseiller général de la Meuse (1979-1992 et 1998-2001). Président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques depuis le 9 novembre 2017. Membre de la Commission des finances – Rapporteur spécial des crédits de l'Enseignement scolaire. Président du groupe interparlementaire France-Russie.



Angèle PRÉVILLE

Elue sénatrice du Lot le 24 septembre 2017

Née le 23 novembre 1955

Professeur de physique-chimie

Membre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapporteuse d'une note scientifique en cours sur le stockage de l'électricité. Membre de la Commission de l'aménagement du territoire et du développement durable. Membre des groupes d'études Agriculture et alimentation et Energie. Présidente déléguée du groupe interparlementaire France-Europe du Nord (Suède). Membre des commissions spéciales sur les projets de loi pour un État au service d'une société de confiance, et portant suppression des surtranspositions des directives en droit français. Membre de la mission d'information sur le développement de l'herboristerie et des plantes médicinales.



Bruno SIDO

Sénateur de la Haute-Marne depuis 2001 (réélu en 2011 et 2017)

Né le 19 février 1951

Ingénieur agronome, exploitant agricole

Conseiller général (puis départemental) de la Haute-Marne depuis 1994, président du Conseil général (puis départemental) de la Haute-Marne de 1998 à 2017. Vice-président du Conseil régional de Champagne-Ardenne de 1998 à 2001. Président de l'OPECST de 2012 à 2014 et premier vice-président de 2011 à 2012 et de 2014 à 2017. Très nombreux rapports parlementaires pour l'OPECST, notamment sur l'évaluation de la stratégie nationale de recherche et de la recherche en énergie, sur les équipements sous pression nucléaire, sur le brouillage des communications électroniques, sur les maladies à transmission vectorielle, sur les ressources génétiques végétales, sur la politique spatiale européenne, sur l'innovation et le changement climatique, sur la sécurité numérique, sur la filière semencière française, sur les médicaments biosimilaires, sur la recherche environnementale, sur le tournant énergétique allemand, sur les drones et la sûreté des installations nucléaires, sur la transition énergétique, sur les progrès de la génétique, etc. Membre de la Commission des affaires étrangères, de la défense et des forces armées. Membre du groupe d'études Énergie. Membre de la Commission consultative de suivi des conséquences des essais nucléaires.



Roland COURTEAU

Sénateur de l'Aude depuis 1980 (réélu en 1989, 1998, 2008 et 2014)

Né le 24 février 1943

Instituteur

Conseiller général de l'Aude de 1982 à 2001. Vice-président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapporteur d'une note scientifique sur le stockage du carbone dans les sols (note n°3, mars 2018).

Très nombreux rapports parlementaires pour l'OPECST, notamment sur les maladies à transmission vectorielle, la biomasse et la bioéconomie, la pollution en Méditerranée, les perspectives d'évolution de l'aviation civile, la préparation de la France aux tremblements de terre, la prévention du risque et les dispositifs d'alerte aux tsunamis, etc. Membre de la Commission des affaires économiques. Membre des groupes d'études Énergie, Forêt et filière bois, Vigne et vin. Président du Conseil supérieur de l'énergie. Membre de la Commission énergie du Centre d'analyse stratégique. Président du Conseil national de l'information géographique.



**PROGRAMMATION PLURIANNUELLE DE L'ÉNERGIE -
CAHIER D'ACTEUR DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES**

**LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DOIT TENIR COMPTE DES
RÉALITÉS SCIENTIFIQUES, TECHNOLOGIQUES ET
ÉCONOMIQUES**



UN CONSTAT PESSIMISTE

La loi sur la transition énergétique d'août 2015 (LTECV) fixe l'objectif de réduire de 75 % les émissions de gaz à effet de serre en 2050 par rapport à 1990 avec un objectif intermédiaire de - 40 % en 2030. L'Accord de Paris issu de la COP 21 prévoit la neutralité carbone à partir de 2050. Cet engagement a été ratifié par la France. Or, si l'on regarde les indicateurs pertinents, on constate que nous sommes en retard sur les ambitions de la France exprimées à la fois dans la loi sur la transition énergétique et par la COP 21. Ce retard est perceptible aussi bien sur les objectifs de réduction de consommation d'énergie finale que sur la diminution de l'empreinte CO2 de notre production énergétique.

Les raisons de ce décalage sont multiples mais tiennent principalement au manque de clarté des politiques à mener et au manque de réalisme des moyens à mettre en oeuvre. Dans l'état actuel du débat, nos concitoyens pourraient être conduits à penser qu'il serait possible de développer massivement les énergies renouvelables comme moyen de décarbonation du système énergétique en se débarrassant à la fois des énergies fossiles et du nucléaire. Ce n'est malheureusement pas le cas. Il est donc nécessaire de clarifier les objectifs pour notre pays et d'explicitier les moyens d'y parvenir. Cette clarification doit se faire en tenant compte des contraintes scientifiques et technologiques mais aussi en estimant de façon réaliste les coûts induits par les décisions nécessaires.

QUELQUES RAPPELS INDISPENSABLES

Lorsque l'on parle d'énergie, il faut garder en tête quelques principes de base :

- 1** L'évolution d'un système de production d'énergie au niveau d'un pays se fait sur des temps longs, plusieurs dizaines d'années. Il doit donc être pensé et coordonné avec un large degré d'anticipation dans le cadre d'une réflexion stratégique nationale de long terme.
- 2** Il faut rappeler que, selon la source d'énergie, la même puissance installée (mesurée en kW) ne produit pas la même quantité d'énergie (mesurée en kWh). En France, pour les éoliennes, le rapport entre l'énergie produite et celle qui correspond à la puissance installée est de 23 % ; il est de 13 % pour le solaire photovoltaïque (PV) et de l'ordre de 80 % pour un réacteur nucléaire, soit respectivement pour 1 GW installé : 2 TWh pour l'éolien, 1 TWh pour le photovoltaïque, et 7 TWh pour le nucléaire.
- 3** On doit garder en tête les priorités affichées. Si, comme les gouvernements l'ont adopté clairement lors de la COP21, l'objectif est de baisser les émissions de CO₂, toutes les propositions doivent être justifiées en vue de cet objectif. Lorsque l'on compare les efforts de chaque pays, il faut tenir compte de l'émission de CO₂ par kWh ou par habitant et ne pas centrer le débat uniquement sur le pourcentage d'amélioration.
- 4** L'énergie électrique représente pour la France 25 % du total de la consommation d'énergie finale. En France, la production de cette énergie est largement décarbonée du fait du nucléaire (72 %) et de l'hydroélectricité (12 %). La consommation électrique augmentera dans le futur et il est donc indispensable de veiller à garder décarbonée la production d'énergie électrique.
- 5** Le débat public se focalise essentiellement sur les énergies renouvelables intermittentes de production électrique (éolien et photovoltaïque) alors qu'elles représentent 5 % de 25 % (part de l'électricité) de la consommation énergétique finale : attention à ne pas éclipser les autres débats (réseaux de chaleur, co-génération, économie d'énergie).
- 6** Si les énergies renouvelables (hydraulique, éolien, solaire...) sont par nature décarbonées, certaines (éolien et solaires) sont intermittentes, leur utilisation doit donc prendre en compte la nécessité de l'équilibre à tout instant du réseau. Sans solutions économiquement acceptables pour le stockage de l'électricité, le remplacement du nucléaire en France par des énergies renouvelables conduira à la remontée des émissions de CO₂. Il est donc indispensable d'accroître les recherches permettant d'envisager un stockage massif de l'électricité.
- 7** La mise en place d'une taxe CO₂ est certainement le moyen le plus efficace pour adapter les objectifs visés par la France à sa réalité industrielle et économique propre sans nuire à la compétitivité des entreprises.
- 8** Les solutions techniques proposées pour décarboner nos consommations énergétiques doivent tenir compte des limitations d'accès aux matières premières (cobalt, indium, terres rares, etc.).



DES ECONOMIES D'ENERGIE

Le bâtiment, une réserve d'économies potentielles encore peu activée

Avec près de 45 % de la consommation d'énergie finale, le bâtiment est la plus importante cible pour réaliser des économies d'énergie. Pour le neuf, grâce aux différentes « réglementations thermiques », on peut considérer que la France aura largement rattrapé son retard sur tous les pays développés. En regard, le parc ancien n'a encore

été que peu rénové énergétiquement. L'ambition affichée était la rénovation énergétique conséquente de 500 000 logements par an. Force est de constater que les résultats sont très loin de cet objectif (à peine plus de la moitié de l'objectif visé qui pourtant reste relativement modeste). Pour les bâtiments, les deux solutions les plus efficaces pour faire baisser la consommation énergétique, tout en diminuant les émissions de CO₂, restent l'isolation du bâtiment et/ou l'installation d'une pompe à chaleur. Un pilotage amélioré du chauffage par des thermostats « intelligents » participe à cet objectif mais n'a un « impact significatif » que dans certaines conditions (tertiaire, occupation importante des bâtiments). Pour inciter les particuliers à réaliser des travaux de rénovation, il faudrait que cet investissement se retrouve dans la valeur des biens ; le diagnostic de performance énergétique y contribue mais il devrait être mis en oeuvre avec plus de rigueur. Dans le futur, les réglementations thermiques doivent prendre en compte en priorité la baisse des émissions de CO₂ et pas seulement la consommation d'énergie primaire.



Le transport

Du point de vue de la lutte contre le changement climatique, le passage au véhicule électrique n'a de sens que si la production d'électricité est décarbonnée (ne pas oublier la nécessaire utilisation du ferroviaire). Les solutions « tout électrique » sont encore loin de correspondre aux demandes des consommateurs (notamment en termes d'autonomie) et le coût de cette transformation (en particulier des infrastructures) doit être pris en

compte. Les batteries peuvent encore être améliorées et cela doit être un axe majeur de recherche. Des solutions techniques économiquement viables restent à développer pour les poids-lourds. Cela passe par une nécessaire réflexion sur l'utilisation de l'hydrogène, qui a un sens surtout pour ces véhicules lourds, en prenant en compte le problème du coût et le besoin de recherches et développement.

Récupérer la chaleur

Le développement de la chaleur à partir de sources renouvelables pourrait représenter une large part de l'augmentation de la part d'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie. Il faut donc structurer et relancer la filière bois-énergie, mobiliser les autres sources potentielles telles que les énergies de récupération industrielles, valoriser l'énergie des déchets, densifier et étendre les réseaux existants et créer de nouveaux réseaux de chaleur.

LA PRODUCTION ENERGETIQUE

La production d'électricité

Dans un avenir proche et à moyen terme, il y a une véritable contradiction à vouloir diminuer les émissions de gaz à effet de serre tout en réduisant à marche forcée la part du nucléaire. En réalité, de nombreuses études montrent qu'en absence de stockage massif de l'électricité, la part totale des énergies renouvelables dans le mix électrique ne pourra pas aller très au-delà de 30-40 % sans faire croître de manière concomitante les émissions de gaz à effet de serre, sans mettre en péril la sécurité



de la fourniture d'électricité et sans conduire à un coût exorbitant de l'électricité. Des scénarios réalistes et cohérents doivent dire clairement que le tout renouvelable n'est pas possible à moyen terme. Ils doivent indiquer une trajectoire raisonnable vers une solution énergétique dans laquelle l'énergie nucléaire aura sa place dans les prochaines décennies si l'on veut maintenir une électricité décarbonée.

Le stockage de l'électricité

Dans un avenir plus lointain, du fait de l'intermittence de l'éolien et du photovoltaïque, le développement des énergies renouvelables passe par le stockage de l'électricité : ainsi on la stockerait dans les périodes excédentaires pour la rendre disponible aux moments où elle est nécessaire. Les capacités de stockage hydroélectrique ne se développent pas suffisamment en France malgré un potentiel encore existant. Il faut développer la recherche sur les batteries et sur d'autres modes de stockage qui permettraient sans doute de progresser. À l'heure actuelle on est loin de pouvoir stocker ne serait-ce qu'une petite fraction des 10TWh (1TWh = 1 milliard de kWh) que la France consomme en une semaine. Pour stocker deux jours de cette consommation, avec une technologie performante lithium-ion, il ne faudrait pas moins de 12 millions de tonnes de batteries utilisant 360 000 tonnes de lithium, sachant que 40 000 tonnes de ce métal sont extraites dans le monde chaque année ! D'autres solutions sont envisagées, comme le stockage chimique sous forme d'hydrogène produit par électrolyse de l'eau, mais ces solutions sont pour le moment trop chères, leur rendement étant faible et leur maturité technologique, réduite.

L'évolution des réseaux électriques

Par ailleurs, du fait de la croissance nécessaire des énergies renouvelables intermittentes, il faut prendre en compte une adaptation des réseaux de distribution. Celle-ci ne pourra se faire sans une extension significative du réseau de transport de l'électricité pour raccorder les lieux de production, collecter les énergies électriques produites de façon diffuse et les faire remonter vers les lieux de consommation. Afin de minimiser le risque de black-out à l'échelle de notre pays, voire de l'Europe, il est important d'anticiper les problèmes de stabilité de réseau qui pourraient résulter de variations soudaines des niveaux de vent ou d'ensoleillement.

LE ROLE DE L'ETAT

Rééquilibrer les conditions de marché

Une visibilité et une stabilité du marché sont indispensables afin de redonner la confiance nécessaire pour des investissements à long terme. Des allers-retours déstabilisants ont, par le passé, généré une méfiance des acteurs vis-à-vis de la stabilité réglementaire (photovoltaïque, éolien...). Il faut garder en tête que si les subventions peuvent faire évoluer un marché, il est impératif, lors de leur mise en place, de prévoir leur disparition à terme.

La taxe carbone - ou contribution climat-énergie - est certainement l'outil le plus efficace et le plus pérenne pour coupler l'économie réelle aux objectifs de décarbonation de notre consommation énergétique. C'est en particulier la trajectoire de cette taxe annoncée dans la loi qui nécessiterait d'être confirmée et garantie. L'évolution du système des quotas auxquels sont soumis les industriels ne peut s'envisager qu'à un niveau européen, voire international, afin de ne pas dégrader la compétitivité des entreprises françaises.

Politique globale *versus* locale

La mise en place de politiques régionales de baisse des émissions est nécessaire (il est intéressant de noter qu'un certain nombre de régions se sont emparées de ce sujet et y travaillent sérieusement). Pour autant, cela ne peut se faire que dans un cadre national et européen. En effet les interconnexions entre les réseaux, les moyens de productions de chaque pays et les objectifs européens ne permettent pas d'optimiser l'ensemble par la somme des optimisations régionales. Il est donc indispensable que le gouvernement donne le cap des actions régionales.



Propositions

Pour ce faire, cela passe par une plus grande action de l'État qui doit suivre trois propositions majeures.

1 Développer une vision systémique du secteur de l'énergie

Penser conjointement les différents aspects du système énergétique et non seulement électrique – production (sous toutes ses formes), stockage, transport, distribution, consommation, etc. – en regardant la manière dont ils s'influencent réciproquement.

2 Définir une grille de lecture pour évaluer les solutions au regard des besoins

Une fois assuré de la faisabilité technique des solutions proposées, en distinguant clairement les contraintes (ce qui doit être réalisé) et les objectifs (ce qui doit être optimisé) et en ne confondant pas les objectifs et les moyens pour les atteindre, les choix doivent être analysés en fonction de leur pertinence vis-à-vis :

- a- des engagements climatiques du pays ;
- b- des possibilités industrielles de les mettre en œuvre en France ;
- c- de l'indépendance du pays.

3 Organiser au plus haut niveau de l'État l'analyse stratégique de l'énergie

Élaborer une vision partagée entre l'État, les chercheurs et les industriels pour garantir des solutions qui soient scientifiquement et techniquement réalistes, économiquement et industriellement soutenables, socialement acceptables. Ceci en faisant un effort pédagogique pour permettre l'acceptabilité sociale.



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences



Académie nationale
de médecine
Fondée en 1820

