

Rapport de synthèse des travaux du cercle  
« Quelle énergie pour quelle société ? »



Février 2013

Institut des hautes études pour la science et la technologie

1, rue Descartes, 75231 Paris cedex 05 tél.: 01 55 55 89 67 - fax: 01 55 55 88 32



# Rapport de synthèse des travaux du cercle « Quelle énergie pour quelle société ? »

## Sommaire

### Sommaire

#### SYNTHESE DES AUDITIONS D'EXPERTS PAR LE CERCLE

- 1 - *Un changement de paradigme énergétique*
- 2 - *Un panorama des principaux risques et opportunités*
  - Énergie nucléaire
  - Énergies renouvelables
  - Charbon
  - Gaz de schiste
- 3 - *Le rôle déterminant de la recherche*
- 4 - *La dynamique des territoires, lieux d'innovation et d'expérimentation*
- 5 - *La question du débat et des controverses sur l'énergie*

#### QUESTIONS OUVERTES

- 1 - *Les événements et thématiques structurants du débat énergétique*
  - La sécurité énergétique
  - Le changement climatique
  - La crise économique et financière
  - L'accident de Fukushima
- 2 - *Le rôle de la recherche et de l'innovation*
- 3 - *Constructions des décisions*
- 4 - *En amont du débat sur la transition énergétique ?*

#### ANNEXES

- Bibliographie*
- Liste des personnalités invitées*
- Les cercles de l'Institut des hautes études pour la science et la technologie (IHEST)*
- Les membres du cercle « Quelle énergie pour quelle société ? »*

5

6

6

8

9

11

12

12

14

16

18

20

20

20

20

20

21

21

22

23

24

24

25

26

26

Rapport publié sur le site internet

[www.ihest.fr](http://www.ihest.fr)

en complément du dossier

« L'énergie : situation actuelle et prospectives »

# Avant-propos

La question énergétique est emblématique des domaines scientifiques et techniques, objets d'une intense activité de recherche et d'innovation et marqués par l'incertitude, la complexité et des choix géopolitiques majeurs. De tels domaines, dont l'impact économique, environnemental et social est majeur, sont au cœur des activités d'analyse des rapports entre la science et la société de l'Institut des Hautes Etudes pour la Science et la Technologie (IHEST).

L'IHEST a une mission de formation mais aussi d'anticipation du débat public. Anticiper, c'est se représenter d'avance ce qui doit se produire, accomplir quelque chose avant le moment prévu. C'est donc, en matière de débat public sur les relations science-société, construire le progrès en permettant des choix motivés, des risques assumés.

En choisissant le thème de l'énergie avec l'ambition de tendre à répondre à la question « Quelle énergie pour quelle société ? », le cercle de réflexion lancé par l'IHEST en décembre 2010 avait pour objectif de clarifier les termes des débats en amont du débat sur l'énergie. Ce cercle a réuni d'anciens auditeurs de l'Institut<sup>1</sup>, issus de divers secteurs d'activités socio-économiques de la société et soucieux de nourrir un questionnement critique et partagé sur l'énergie. Différents experts<sup>2</sup> ont été auditionnés depuis 2011 et un atelier de réflexion a été organisé le 15 mai 2012<sup>3</sup>. Le présent document synthétise donc ces travaux et dessine les relations entre les acteurs, leurs stratégies, leurs intérêts et leurs périmètres d'intervention.

Les travaux du cercle « Quelle énergie pour quelle société ? » ont été menés dans une perspective collaborative, en associant des cultures et des points de vue très différents. Comme le reflète ce document, ils se sont structurés autour de quatre axes principaux : les enjeux liés aux bénéfices et aux risques des différentes filières énergétiques ; le rôle de la recherche ; celui des territoires en termes d'innovation et d'expérimentation ; les processus de discussion et de décision démocratiques. N'excluant ni esprit critique, ni créativité, ces travaux témoignent d'une capacité individuelle et collective à poser les bonnes questions pour construire l'avenir énergétique de notre pays dans un monde en profond bouleversement.

Ce document représente une contribution originale au débat national sur la transition énergétique que vient de lancer le gouvernement. Qu'on ne s'y trompe pas, c'est bien à ce débat national de répondre à la question : « Quelle énergie pour quelle société ? ». Le cercle, quant à lui, a pris la mesure des différents discours, enjeux et controverses sur le sujet, à partir d'une analyse des risques, des bénéfices et des incertitudes, des trajectoires énergétiques possibles, anticipant en cela le débat.

Mais quelle place les sciences et les technologies peuvent-elles occuper dans le débat public ? En 2011, l'IHEST a tenu une université européenne d'été qui a abordé, entre autres questions controversées, celle du changement climatique. A partir de ces travaux, l'Institut a co-publié avec Actes Sud, en mars 2012, le troisième livre de la collection « Questions vives », intitulé *La Science et le Débat public*. Cet ouvrage donne des clés pour comprendre les enjeux du débat public sur les sciences.

Contrairement à une controverse, un débat représente un instant organisé, particulier de l'exercice démocratique. Les débats ont de très nombreux formats,

<sup>1</sup> Cf. annexe 3 du document.

<sup>2</sup> Cf. annexe 1 du document.

<sup>3</sup> Cet atelier, ouvert au public, a été organisé en coopération avec l'association Culture Economie Défense (CED), l'Institut pour le Management de la Recherche et de l'Innovation (IMRI, Université Paris Dauphine) et la Caisse des Dépôts.

qu'il s'agisse de comités d'université, de jurys populaires ou encore des dispositifs qui se développent autour de la notion de démocratie participative. Ils reposent tous sur des procédures précises, dont la prise de parole, la délibération, la responsabilité, la représentation sont des axes structurants.

Le sujet de l'énergie est l'illustration même de cette diversité. La controverse énergétique se déploie dans des temporalités et des espaces géographiques différents, ponctuée de mises en débat dont l'analyse globale est par nature extrêmement partielle et difficile. C'est un champ ouvert de recherche pour les sciences humaines et sociales et les sciences politiques.

Le public se construit autour des objets de la controverse. Il n'existe pas en soi. Les exemples des grands débats sur les nanotechnologies en Grande-Bretagne et aux Pays-Bas, analysés dans le livre *La Science et le Débat public*, montrent bien qu'il s'agit de processus progressifs de création, dans la durée, d'une opinion et de publics engagés sur les questions scientifiques et technologiques. La capacité à dégager un sens commun, dont le débat public serait un facilitateur, voire l'organisateur, est une responsabilité politique lourde. Dans le débat, on se délivre progressivement de sa liberté pour s'attacher à une position qui entraînera, à plus ou moins long terme, une décision.

Sur quels termes débattre ? La question du langage est centrale dans les débats. Ainsi des expressions comme "transition énergétique" ou encore "complémentarité des énergies" recouvrent-elles des sens différents selon les perspectives adoptées. Ce problème classique, de traduction des langages scientifiques, techniques, ainsi que les pièges du langage naturel sont au cœur de notre capacité à débattre comme de se forger une culture scientifique. Le secteur énergétique est caractérisé aussi par la complexité des données techniques et économiques, difficiles à appréhender. Des notions simples, rationnelles relatives aux usages, à la consommation, à la pérennité de la ressource, à son accessibilité, à son coût pour les foyers et la collectivité, à son impact micro et macro-économique seraient à élaborer pour permettre un débat reposant sur des données partagées quelles que soient les valeurs et les options politiques.

Enfin, le débat sur les sciences et les techniques n'engage pas les seuls scientifiques, ni même les seuls acteurs ponctuels du débat. Il a une portée beaucoup plus large dans le double horizon de la vérité des sciences et du politique. Les liens qui unissent démocratie, vérité et démarche scientifique sont profonds mais aussi très fragiles. Dans le débat, toute parole a sa légitimité, celle de la science comme celle des autres. Cependant, celle-ci a une fonction particulière. Comme l'écrit Bertrand Russell, « *De toutes les activités intellectuelles qui prétendent à la connaissance, la science est probablement celle qui a le moins peur du genre de vérités qu'elle est susceptible de découvrir, et qui est la moins susceptible de céder à l'illusion que la vérité doit correspondre à nos aspirations et à nos attentes.* »

Malheureusement aujourd'hui, le débat sur les sciences et les technologies est souvent instrumentalisé. Des attitudes marquées par le scepticisme comme le relativisme se développent dans les pays développés, ce dont nos démocraties ne sortiront pas indemnes. Néanmoins ce débat est indispensable. Espérons que les travaux du cercle « Quelle énergie pour quelle société ? » synthétisés dans cette note puissent apporter une contribution utile.

**Marie-Françoise Chevallier-Le Guyader**  
Directrice de l'IHEST

# SYNTHÈSE DES AUDITIONS D'EXPERTS PAR LE CERCLE

## 1 - Un changement de paradigme énergétique

Le monde est en train de changer de paradigme énergétique. La demande d'énergie, nécessaire pour le développement économique mondial et pour l'accès à l'énergie de populations plus nombreuses, sera en forte augmentation. Les pays émergents (l'Inde et la Chine notamment) mais aussi le continent africain, dont il ne faut pas négliger le poids démographique futur, tirent cette croissance. La demande mondiale d'énergie pourrait doubler à l'horizon 2050. Dans ce contexte, les prix de l'énergie, malgré la crise économique, resteront orientés à la hausse. L'humanité rentre durablement dans un monde d'énergie chère dans lequel les énergies fossiles conserveront un rôle important. Elles représenteront encore 75 % du bilan primaire mondial en 2030 contre 80 % aujourd'hui et leur offre restera fortement concentrée au Moyen-Orient, région au risque géopolitique élevé, qui dispose de 63 % des réserves mondiales de pétrole et de 35 % des réserves de gaz connues à ce jour.

Cette dépendance aux énergies carbonées pose la question de la sécurité d'approvisionnement et pèse sur la contrainte qu'impose le changement climatique. La contrainte climatique prend désormais le pas sur celle de la disponibilité des ressources en hydrocarbures. En effet, les réserves mondiales d'énergies fossiles sont considérées comme suffisantes au regard des besoins futurs même si leur évaluation reste controversée en raison de considérations de nature géologique (leur existence), technique (leur récupération), économique (leur rentabilité) et politique (leur accessibilité géopolitique).

**Le contexte énergétique européen est très différent de la dynamique mondiale.** Le premier est marqué par une augmentation lente de la consommation d'énergie primaire (0,5 % par an en moyenne) depuis les deux premiers chocs pétroliers. La seconde connaît en revanche une progression de la consommation d'électricité beaucoup plus importante (1,2 % en moyenne par an jusqu'en 2008). La dépendance aux énergies fossiles restera cependant forte dans les trente prochaines années, posant les mêmes questions en termes de sécurité énergétique et défi climatique. L'Union européenne (UE) a réagi en définissant des objectifs « 3x20 » ambitieux à l'horizon 2020 avec son « Paquet Energie-Climat »<sup>4</sup> (une réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre, une part de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique de l'UE, une amélioration

de 20 % de l'efficacité énergétique) et la Commission européenne a publié le 15 décembre 2011 une feuille de route « Energie 2050 »<sup>5</sup> qui s'inscrit dans un objectif de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 80 à 85 % à l'horizon 2050 par rapport à leur niveau de 1990. L'Europe, contrairement à d'autres pays développés, se veut exemplaire mais l'impact sur le climat de sa politique restera limité si tous les pays ne modifient pas leur politique énergétique.

Cette perspective européenne devrait donc entraîner une profonde évolution des systèmes énergétiques nationaux qui se traduit d'ores et déjà par des stratégies contrastées comme l'illustrent les politiques énergétiques de l'Allemagne et du Royaume-Uni.

**En France, la sécurité énergétique demeure une préoccupation forte** depuis 1973, date à laquelle le gouvernement français a décidé de lancer un programme nucléaire ambitieux à la suite de l'interruption des livraisons de pétrole du Moyen-Orient.

En dépit d'une relative indépendance énergétique liée au développement du parc nucléaire, le mix énergétique français dépend pour une large part des énergies fossiles. Son devenir, comme pour les autres pays européens, est soumis à de nombreuses contraintes et incertitudes ; il est inutile d'insister sur les incertitudes concernant l'évolution de l'économie mondiale et de la demande d'énergie qui déterminent le prix des hydrocarbures, l'évolution des négociations climatiques, l'organisation future du marché européen de l'énergie... Comme le souligne le rapport Energies 2050<sup>6</sup>, par ailleurs, les contraintes liées à la situation financière et budgétaire de la France rendent difficiles les décisions dans le domaine énergétique où la plupart des solutions disponibles sont fortement capitalistes ce qui nuit au financement d'une transition énergétique rapide.

Il paraît donc essentiel, pour une politique énergétique à l'horizon 2050, de privilégier la flexibilité et la capacité de s'adapter à l'imprévu qui ne manquera pas d'arriver dans les domaines politique, économique, technologique ou sociétal. Toute stratégie énergétique s'appuyant sur différents scénarios doit permettre une adaptabilité de la trajectoire énergétique en évitant de fermer trop tôt des options qui pourraient se révéler indispensables ultérieurement.

4 [CE Directive 2009/29/CE](#) , [CE Décision 406/2009](#), [Règlement 443/2009](#)

5 [Feuille de route pour l'énergie à l'horizon 2050](#)

6 Rapport de la commission Energies 2050 présidée par Jacques Percebois et Claude Mandil, février 2012.

## Après Fukushima : retour sur la prospective énergétique mondiale

**Même si la prospective est très difficile à réaliser en situation d'incertitude, plusieurs scénarios ont été récemment versés au débat en France, émanant d'associations et des acteurs du secteur de l'énergie<sup>7</sup>. Le Cercle « Quelle énergie pour quelle société ? » a reçu le 5 avril 2011 Patrick Criqui, économiste de l'énergie, directeur du laboratoire d'économie du développement durable et de l'énergie (Lepii-EDDEN, CNRS-Université de Grenoble) qui a présenté les scénarios d'évolution du système énergétique mondial de l'étude *Secure*.**

Un des quatre scénarios répond à l'objectif d'une réduction de 50 % des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 (par rapport à 2000) et d'une limitation du réchauffement à +2°C<sup>8</sup>. Dans le monde « idéal » du Global Régime, tous les pays conduisent des politiques énergétiques similaires intégrant une forte contrainte climatique (en termes monétaires, elle se traduit par un prix du carbone de 400 euros la tonne de CO<sub>2</sub> en 2050). Le système énergétique mondial est profondément transformé ; la forte baisse de consommation des énergies fossiles le rend très peu vulnérable aux chocs énergétiques.

Les autres scénarios dessinent d'autres futurs. Dans le cadre de *Muddling Through*, les pays ne coordonnent pas leurs politiques, faiblement incitatives (40 euros par tonne de CO<sub>2</sub>). L'impact est non négligeable pour limiter la hausse des émissions de GES (40 % en 2050/2000). Mais ce « bout de chemin », basé sur des options peu coûteuses, reste insuffisant pour lutter contre le changement climatique (+4-5°C). La dépendance aux hydrocarbures demeure forte avec des risques élevés de chocs énergétiques. Si les Européens sont les seuls à conduire une politique climatique aux objectifs contraignants -*Europe Alone*- (185 euros la tonne de CO<sub>2</sub> contre 32 dans le reste du monde), le défi climatique reste quasi entier. Mais l'Europe aura gagné en résistance aux chocs énergétiques et... perdu à court terme en compétitivité économique !

Mais aujourd'hui, nous vivons dans un monde menacé par « le retour des fossiles ». Le recours intensif à des sources d'énergie non conventionnelles recréerait alors une impression d'abondance aux impacts environnementaux et climatiques catastrophiques.

Comment l'accident nucléaire de Fukushima bouscule-t-il la prospective ? Patrick Criqui a détaillé le cas du scénario *Global Regime*. Si Fukushima se traduit par un « effacement du nucléaire » avec un arrêt des commandes en 2015, un énorme effort sera requis pour développer la capture et séquestration du carbone (une augmentation de 54 % des quantités de carbone séquestrées en 2050). Pourra-t-on atteindre de tels niveaux ? A ce jour, la réponse reste très réservée... Et si la capture et séquestration du carbone ne décollent pas au stade industriel, alors le réchauffement sera de + 3°C (au lieu de 2°C). Au-delà de cet exercice prospectif, une interrogation fondamentale demeure. Faut-il se satisfaire d'une démarche économique de comparaison raisonnée des risques (sur la base d'une seule et même unité, par exemple monétaire) pour prendre des décisions en matière de choix énergétiques ? Ou doit-on adopter une autre attitude et refuser de prendre certains risques (nucléaires, associés au changement climatique) en vertu de l'application de principes éthiques ? C'est à l'ensemble de la société d'engager le débat.

<sup>7</sup> Scénarios de Negawatt, Global Chance, Négatep, Enerdata-DGEC, RTE, UFE, Areva, CEA...

<sup>8</sup> Les quatre scénarios structurels – Base Line, *Muddling Through*, *Europe Alone*, *Global Regime* – sont présentés dans le cadre du projet *Secure* dirigé par le Lepii-EDDEN, étude communautaire sur la sécurité d'approvisionnement énergétique de l'Union européenne. Le scénario Base Line est contre-factuel car, comme l'a expliqué Patrick Criqui, il n'envisage pas la mise en place de politiques climatiques alors qu'il y en aura.

## 2 - Un panorama des principaux risques et opportunités

La triple contrainte de l'incertitude, du changement climatique et de l'économie invite à diversifier l'offre énergétique, à maîtriser la demande et à ne pas opposer telle forme d'énergie à une autre. Toutes les énergies seront nécessaires si l'on estime essentiel de conserver des marges de manœuvre pour des technologies qui deviendraient matures au-delà de 2030 dans les différentes filières. « La » solution énergétique parfaite n'existe pas. En termes de bénéfices sociaux, de risques comme de coûts économiques, chaque énergie présente des avantages et des inconvénients. Il n'existe pas d'énergie sans risque dès lors qu'on ne réduit pas la réflexion à l'environnement et à la santé.

Certes l'opinion, après l'accident de Fukushima, a opposé radicalement les risques liés au nucléaire à ceux des autres technologies. Mais cette appréciation, inscrite dans l'opinion

publique depuis les années 1970, ne néglige-t-elle pas les conséquences économiques d'un arrêt du nucléaire dans un contexte d'augmentation de la précarité énergétique et d'instabilité économique et géopolitique ?

L'interrogation sur les bénéfices et les risques de chaque option énergétique a été choisie pour structurer les réflexions du cercle « Quelle énergie pour quelle société ? » de l'IHEST. Cela a permis de définir une méthode de travail clarifiant les enjeux multifactoriels du débat.

Cette approche bénéfices/risques, couramment utilisée dans d'autres domaines notamment en médecine a été appliquée pour l'énergie nucléaire, pour les énergies renouvelables, pour le charbon et pour les gaz de schiste. Elle rencontre cependant ses limites dans le cas des risques majeurs à faible probabilité et à fort impact environnemental.

### La pauvreté énergétique risque de s'aggraver

La pauvreté énergétique est une réalité en Europe et elle pourrait s'aggraver avec la crise économique et la hausse des prix de l'énergie. Selon les estimations de la Commission européenne, 13 % des foyers européens soit 65 millions d'Européens sont en situation de pauvreté énergétique. La lutte contre ce phénomène pourrait être un axe fort de l'Europe qui n'est pas seulement un marché mais aussi une communauté bâtie autour du principe de solidarité. Les Britanniques ont été les premiers à définir la pauvreté énergétique comme la situation d'un foyer contraint de dépenser plus de 10 % de ses revenus pour le chauffage de son logement. La France a défini la précarité énergétique dans la loi « Grenelle 2 » du 12 juillet 2010 : « Est en situation de précarité énergétique au titre de la présente loi une personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat ». Ainsi selon l'Institut national de la statistique et des études économiques, 3,8 millions de ménages de France métropolitaine ont un taux d'effort énergétique supérieur à 10 % de leur revenu tandis que 3,5 millions déclarent souffrir du froid dans leur logement. Les ménages modestes sont surtout exposés au froid car ils cumulent des contraintes financières et un habitat peu performant. 621 000 ménages souffrent des deux formes de précarité et un Observatoire de la précarité énergétique, piloté par l'Ademe, a été mis en place en mars 2011. L'Union européenne (UE) pourrait s'inspirer de cette approche, définir la pauvreté énergétique et proposer un faisceau de mesures permettant de garantir pour tous les foyers un accès minimum à l'énergie pour les usages essentiels. Selon une enquête du Parlement européen publiée en janvier 2011, 81 % des Européens souhaitent que ce sujet devienne une priorité de l'Union européenne.

## Énergie nucléaire

### L'impératif de sûreté

Après l'accident de Fukushima, la question du risque présenté par le fonctionnement des centrales nucléaires et donc celle de la sûreté nucléaire dominent les débats. La préoccupation concernant l'énergie nucléaire est passée au quatrième rang des motifs d'inquiétude des Français, selon l'édition 2012 du *Baromètre de la perception des risques et de sécurité* établi par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)<sup>9</sup>. La sûreté, priorité absolue, repose essentiellement sur deux piliers : la conception d'installations capables de préserver les fonctions de sûreté en toutes circonstances ; une chaîne opérationnelle et décisionnelle qui pour être efficace en cas de difficulté doit avoir anticipé les gestes à faire en cas d'accident extrême. La sûreté n'est pas une notion statique ; elle évolue avec l'avancée des connaissances sur les phénomènes (par ex. le comportement des composants), avec l'apparition de nouvelles problématiques (par ex. les aléas climatiques), avec la prise en compte des retours d'expérience des incidents et accidents et avec l'évolution des conditions d'exploitation. Fukushima a conduit à une remise en question globale et à une évolution de la démarche de sûreté appliquée en France. Le rapport de l'IRSN, publié le 17 novembre 2011, témoigne de cette évolution. A l'issue de l'expertise des rapports d'évaluation complémentaire de sûreté (ECS) des exploitants nucléaires, l'IRSN fixe en effet trois priorités : la détection des écarts de conformité par rapport au référentiel de sûreté approuvé (ensemble des exigences applicables à une installation nucléaire) et leur résorption dans des délais courts ; la définition d'un « noyau dur » assurant la disponibilité des équipements jouant un rôle essentiel pour la maîtrise des fonctions de sûreté vis-à-vis d'aléas notablement supérieurs à ceux retenus pour le dimensionnement général de l'installation ; la révision de certains référentiels de sûreté sans attendre les réexamens périodiques.

Dans son rapport<sup>10</sup> du 3 janvier 2012 établi à l'issue des évaluations complémentaires de sûreté, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) conclut qu'aucune des centrales nucléaires françaises n'est dans une situation telle qu'elle doive en recommander l'arrêt mais que toutes méritent des travaux de sécurité supplémentaires afin « d'augmenter leur robustesse dans les situations extrêmes ». L'ASN n'acceptera la prolongation de la vie des centrales existantes, au-delà de quarante ans, que si les mesures de sécurité en sont accrues et si un dispositif de surveillance du vieillissement des éléments non remplaçables est mis en œuvre. Cela étant, on ne peut jamais exclure un accident, mais on peut en réduire la probabilité et en limiter les conséquences. Le rapport de l'ASN demande que soit constituée une « force d'action rapide nucléaire » capable d'intervenir immédiatement après un accident dans une centrale française.

Cette exigence de sécurité accrue à la suite de l'accident de Fukushima dessine des perspectives d'évolution de la culture de la sûreté et la place au cœur du patrimoine nucléaire français. Elle conditionne l'avenir de l'industrie nucléaire et motive l'innovation. Il est crucial de l'expliquer et de la faire partager au sein de la société française et d'ouvrir un dialogue à l'échelle internationale pour que les règles et les pratiques les plus élevées de sûreté s'imposent partout dans le monde.

### Le contexte économique

Dans la situation actuelle de crise économique et au regard des problèmes de compétitivité et de finances publiques de la France, l'avantage économique de l'énergie nucléaire est mis en avant. Le parc nucléaire offre une électricité décarbonée et bon marché par rapport aux autres solutions. Il contribue aussi aux exportations (environ 2 milliards d'euros par an) et à la réduction des importations de gaz (on estime qu'en l'absence de nucléaire, il faudrait importer pour 20 milliards d'euros de gaz par an).

Les prix futurs de l'énergie sont un enjeu majeur pour l'économie française, notamment pour les filières industrielles. La contrainte économique et financière ne peut être ignorée dans la définition d'une stratégie énergétique et les coûts des différents scénarios doivent être évalués. Le rapport de la Commission Energies 2050<sup>11</sup> a conclu que le scénario de prolongation des centrales actuelles - aussi longtemps que l'ASN le permettra - est, de loin, le plus favorable économiquement, sur la base des coûts complets et ce, quels que soient les taux d'actualisation et les prix du pétrole. La seule hypothèse qui pourrait inverser la donne serait un développement à grande échelle du gaz de schiste en France : on se retrouverait dans une situation à l'américaine, avec un prix du gaz très bas rendant la centrale à cycle combiné très rentable. Le scénario de prolongation du parc nucléaire est aussi celui qui donne les plus faibles émissions de CO<sub>2</sub>. Selon la Commission, il convient également de prévoir un petit nombre d'EPR (réacteur pressurisé européen) pour lisser la production au moment de la fermeture des centrales les plus anciennes, et de préparer l'avenir en poursuivant, au côté du développement des énergies renouvelables, le développement de la génération 4, tout en laissant ouverte la question de la part du nucléaire en 2050 et même en 2030.

La comparaison des coûts du nucléaire avec ceux de différentes alternatives fait l'objet de débats. La Cour des comptes a été chargée d'une expertise des coûts du nucléaire, y compris ceux relatifs au démantèlement des installations, à la gestion des déchets et à l'assurance des sites. Dans son rapport public paru le 31 janvier 2012<sup>12</sup>, elle chiffre le coût courant économique (ce coût ne tient pas compte des conditions historiques réelles de financement du parc nucléaire mais représente ce que coûterait sa reconstruction aujourd'hui, à l'identique et à l'avantage de

9 [Baromètre IRSN](#)

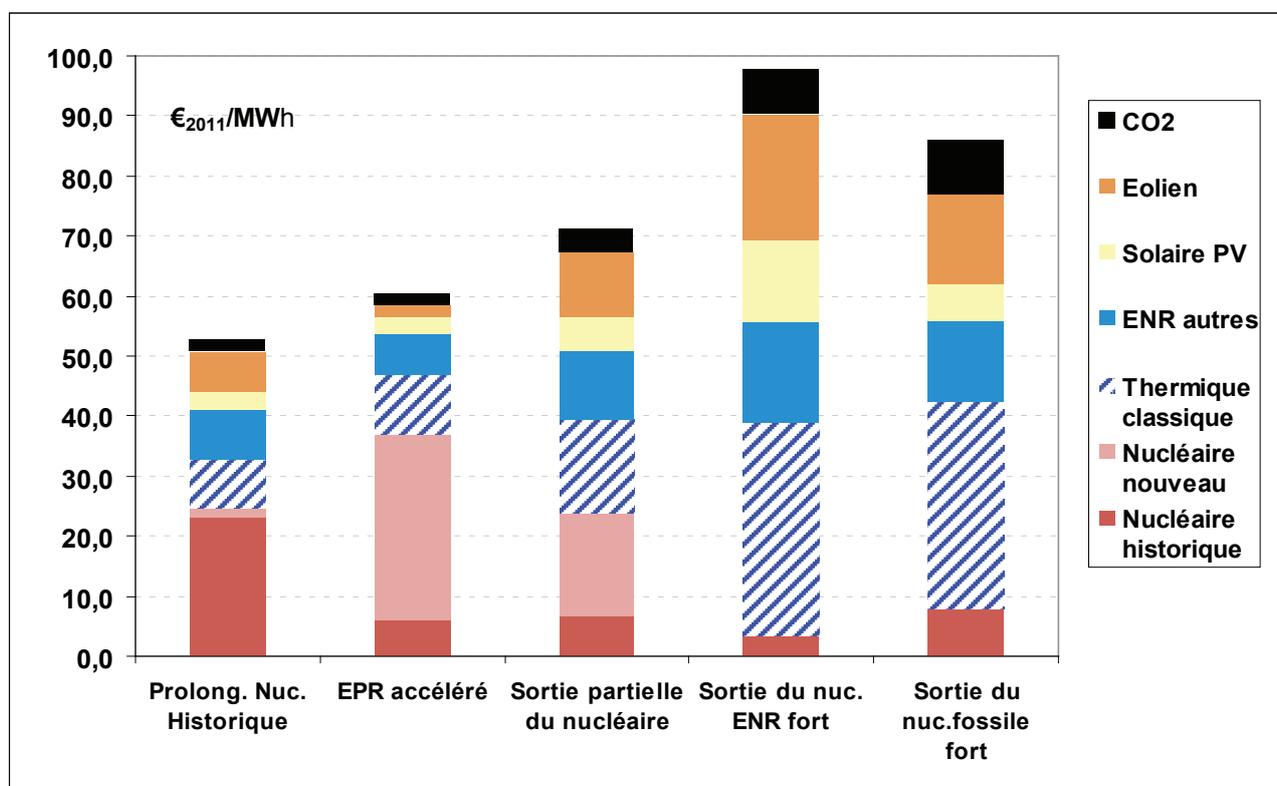
10 [Évaluations complémentaires de sûreté - Rapport de l'Autorité de sûreté nucléaire - décembre 2011 \(PDF - 6.29 Mo\), avis n° 2012-AV-0139 du 3 janvier 2012 de l'Autorité de sûreté nucléaire](#)

11 [Rapport - Énergies 2050 \[PDF\], Annexes du Rapport - Énergies 2050 \[PDF\], Note de synthèse 263 - Énergies 2050](#)

12 [Les coûts de la filière électro nucléaire \(PDF, 2.95 MB\)](#)

permettre des comparaisons entre modes d'énergie) du parc nucléaire à 49,50 euros le mégawattheure (MWh). Le coût du nucléaire va se renchérir mais pas de façon considérable : en tenant compte des investissements futurs de jouvence liés aux travaux de sécurité supplémentaires demandés par l'ASN, et selon la même méthode des coûts courants, la Cour évalue le coût moyen à 54 euros /MWh sur 2011-2025. Elle relève que le montant des charges de gestion des déchets radioactifs et de démantèlement des centrales reste incertain et que les chiffrages actuels du démantèlement prévus par EDF sont au bas de la fourchette. L'impact de leur éventuelle augmentation sur le coût moyen de production devrait cependant être limité.

La Cour note la difficulté d'évaluer les coûts futurs et ceux de l'EPR. Elle estime que le coût de l'électricité produite par l'EPR de Flamanville se situerait entre 70 et 90 euros le MWh, un chiffre qui diminuerait si des EPR étaient construits en série. Mais là, comme le souligne la Cour, « il est encore plus difficile de faire des prévisions ». Dans ce contexte, et dès lors que vingt-deux des cinquante-huit réacteurs actuellement en service auront atteint une durée de fonctionnement de 40 ans d'ici 2022, la Cour recommande de prendre rapidement des décisions explicites sur la stratégie énergétique afin de permettre à tous les acteurs d'ajuster leur stratégie.



Les coûts complets de production en €/MWh d'électricité HT en 2030 selon l'option (coûts sortie centrale).  
Source : Commission Energies 2050.

## Énergies renouvelables

### La question de l'intermittence

Le développement de l'énergie éolienne mais aussi photovoltaïque dans la production nationale d'électricité pose la question de leur intermittence et des limites de prévision de leur disponibilité. Ces énergies n'assurent pas une permanence d'alimentation du réseau, le stockage de l'électricité produite est dès lors un élément-clé pour parer à cette intermittence. En dépit des efforts engagés, il n'existe pas à ce jour de solutions de stockage, à la hauteur des besoins. En l'absence de stockage, la meilleure technologie pour répondre, dans un bref délai, aux variations de puissance et assurer la permanence de la production réside dans des centrales à cycle combiné au gaz naturel. Outre leur financement, la construction de telles installations implique le renforcement du réseau gazier.

D'une façon générale, le déploiement des énergies renouvelables aura en effet des conséquences sur les réseaux de distribution et de transport qui devront être renforcés pour faire face aux différents aléas, notamment météorologiques. Les réseaux de transport à haute tension ne connaissant pas de frontières, la gestion de l'intermittence devient une question européenne et les délais d'instruction pour réaliser de nouvelles infrastructures de transports d'électricité deviennent une préoccupation grandissante partout en Europe. En effet, ces nouvelles installations se heurtent à une opposition locale à toute nouvelle infrastructure de réseau qui se manifeste de plus en plus fréquemment en Europe.

### La contrainte financière

Au-delà de ces contraintes intrinsèques au caractère des énergies renouvelables, la contrainte financière est une réalité. Des incertitudes affectent les coûts de l'électricité éolienne ou solaire, même s'ils devraient baisser au fur et à mesure du développement de ces énergies. Les différences de coûts sont élevées entre, par exemple, l'éolien terrestre et l'éolien off-shore. Les futurs champs éoliens off-shore français devraient conduire à un prix d'environ 110 euros/MWh<sup>13</sup> selon la Commission Energies 2050 (contre 70 euros/MWh pour l'éolien terrestre et 160 euros/MWh pour le solaire). Et ces coûts devraient être augmentés de 10 à 20 euros/MWh pour tenir compte des coûts de raccordement au réseau et des capacités classiques de compensation de l'intermittence. La société est-elle prête à accepter ce surcoût ? Les acteurs industriels parviendront-ils à développer une filière industrielle viable capable de créer des emplois en France et de s'imposer sur les grands marchés à l'exportation ?

### La dépendance aux « terres rares »

L'enjeu de l'indépendance minérale reste méconnu par les Etats, l'opinion publique et même par une partie du monde industriel, focalisés sur la recherche d'une indépendance énergétique. Or la France devient dépendante de matières critiques et stratégiques que sont le lithium, l'indium, le galium et les dix-sept terres rares. De la même manière que

nous avons connu par le passé des chocs pétroliers, des chocs minéraux sont envisageables et ils devront être gérés avec très peu d'expérience et de visibilité. Cette question se pose avec acuité pour les éoliennes de deuxième génération, à entraînement direct, qui réclament l'utilisation de deux terres rares, le dysprosium et le néodyme, pour la fabrication des aimants permanents. La production annuelle de ces terres rares limite l'offre de ces éoliennes, d'autant plus qu'elles sont utilisées dans la fabrication d'ordinateurs ou de voitures électriques. Cette dépendance rend indispensable l'exploitation, de manière écologiquement responsable, de nouveaux gisements de terres rares en Europe et notamment en France. Faut-il envisager de verticaliser le plus possible les filières sur le sol national en allant de la mine à la fabrication industrielle ? La question mérite d'être posée et sous-entend de réaliser un inventaire géologique minéral de la France et des autres pays européens.

### La complémentarité

Dans un contexte économique devant être moins dépendant des énergies carbonées, un avenir possible pourrait être la combinaison du nucléaire et des énergies renouvelables. L'énergie nucléaire, source continue, planifiable et centralisée d'électricité, répond aux besoins de base incompressibles du pays. Les énergies renouvelables, sources intermittentes, représentent des renforcements de capacités dont les conditions optimales de gestion des moyens de production, comme des investissements, deviennent beaucoup plus complexes. Dans ces conditions, le coût global de l'énergie sera vraisemblablement plus élevé et ceci d'autant plus que dans un marché électrique plus ouvert, chaque pays effectue aujourd'hui des choix non coordonnés avec ses voisins.

Ceci étant, l'utilisation des énergies renouvelables combinée avec une recherche d'efficacité énergétique présente une potentialité de développement importante, complémentaire, dans les secteurs de l'habitat, du transport et de l'agriculture qui représentent 40 % de la consommation d'énergie fossile en France.

Dans l'habitat, pour les besoins thermiques (l'eau domestique et le chauffage), il est possible dès à présent d'utiliser beaucoup plus systématiquement l'énergie solaire, les technologies ayant atteint une réelle maturité. L'électricité d'origine nucléaire devient alors un complément, pendant des périodes limitées dans l'année.

Dans les transports, le parc français des véhicules utilitaires (36 millions) pourrait passer d'une motorisation exclusivement thermique à une motorisation électrique ou hybride. L'avantage serait de combiner énergies nucléaire et renouvelables, par un stockage réparti, sous réserve de mettre beaucoup d'intelligence dans le réseau afin que l'électricité soit disponible au moment où le consommateur en a besoin. Plus largement, dans ce secteur, il s'agit aussi de développer l'usage de l'hydrogène, des piles à combustibles et des biocarburants de 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> génération,

<sup>13</sup> Dans une délibération du 15 avril 2012, la Commission de régulation de l'énergie (CRE) estime le surcoût à 160 euros par MWh produit.

qui sont des moyens de stockage à grande échelle d'énergie renouvelable. Ainsi, la transformation en hydrocarbure du quart de la biomasse renouvelable, non utilisé à ce jour (soit 10 millions de tonnes équivalent pétrole), suffirait à couvrir les besoins énergétiques des transports aérien, maritime et de marchandises. Cette perspective futuriste ne pourra

## Charbon

### **Le problème des émissions de gaz à effet de serre**

Le charbon est encore largement utilisé dans le monde et assure 29 % du bilan énergétique mondial, derrière le pétrole, mais devant le gaz. Il reste à l'origine de 41 % de l'énergie électrique produite dans le monde. Ses réserves sont importantes et son coût d'exploitation pour la production d'électricité avantageux. Depuis dix ans, sa consommation augmente, tirée par la croissance des pays émergents, essentiellement la Chine et l'Inde. Les projets charbonniers se multiplient à travers le monde, malgré les conséquences sur les émissions de gaz à effet de serre (GES). Le charbon est en effet le premier responsable des GES. A titre d'exemple, une grande centrale à charbon d'une puissance de 1 000 MW peut fournir 1,6 million de foyers en électricité mais rejette environ 6 Mt de CO<sub>2</sub> par an, soit l'équivalent des émissions de 2 millions de voitures. Ce mauvais bilan écologique suppose de mettre en œuvre des technologies très coûteuses de dépollution des émissions liées à la combustion du charbon.

### **Des perspectives économiques**

Le nécessaire développement de la filière «charbon propre » sur les grands marchés consommateurs chinois et indiens

## Gaz de schiste

### **Le défi environnemental**

La plupart des scénarios s'accordent sur la part grandissante du gaz dans la consommation d'énergie primaire. Parmi les énergies fossiles, le gaz reste la moins émettrice de CO<sub>2</sub> (comparé au charbon, il émet deux à trois fois moins de CO<sub>2</sub> par unité énergétique produite) et a donc un rôle à jouer dans la décarbonation des économies. Il peut constituer une énergie complémentaire au développement des énergies renouvelables dans la mesure où les centrales à gaz sont des outils flexibles, capables de répondre au problème de la compensation de l'intermittence. Cependant, la quasi-totalité du gaz consommé en France est importée. Produire notre propre ressource de gaz serait à la fois favorable à la balance commerciale de la France et à son indépendance énergétique.

La France, à l'instar d'autres pays européens comme la Pologne, l'Allemagne, la Grande-Bretagne et l'Espagne, abrite des gisements de gaz de schiste à des niveaux estimés importants. Cependant, en France, à défaut d'exploration, les incertitudes restent considérables pour évaluer les réserves de gaz non conventionnel. Au nom du principe de précaution et de la protection de l'environnement, la France est le premier pays au monde à interdire l'usage de la fracturation hydraulique pour l'exploration et l'exploitation des huiles et gaz de schiste<sup>14</sup>. Les méthodes d'extraction sont très controversées,

se développer qu'au prix d'un investissement en recherche qui fera évoluer les techniques et les coûts. L'arbitrage entre investissement de recherche et soutien à la demande fait partie des choix stratégiques dans le développement de ces technologies et de leurs usages.

offre des atouts aux entreprises européennes qui, avec les Etats-Unis, dominent le secteur des centrales à charbon faiblement polluantes, utilisant principalement la technologie des chaudières à charbon pulvérisé ou la gazéification. Ces technologies doivent être couplées à celles du captage et du stockage du carbone afin de parvenir aux rejets les moins polluants possibles.

Ces perspectives de marché à l'échelle internationale justifient que les questions de l'extension de la filière charbon et de l'ouverture de mines en France soient posées. Certes, le charbon ne couvre que 4 % des besoins électriques en France, ce qui est très peu comparé à d'autres pays européens comme l'Allemagne ou la Pologne. Mais, au niveau européen, avec l'abandon programmé de la filière nucléaire dans des pays comme l'Allemagne et l'Italie, le choix d'alternatives crédibles est indispensable. Le charbon propre peut en faire partie et reste un élément-clé de l'indépendance énergétique européenne. Dans ce contexte, les projets de réouverture de mines en France, à Lucenay-lès-Aix (Nièvre), à Bertholène (Aveyron) et à Commentry (Allier), créateurs d'activité économique et d'emplois, méritent débat.

et notamment la fracturation hydraulique de la roche qui nécessite l'utilisation de substances chimiques et d'importants volumes d'eau. Des questions relatives à la contamination des aquifères, au traitement des rejets, à l'emprise au sol et à la création de séismes sont posées. Il est impératif d'étudier les conséquences sur l'environnement avant de se lancer dans l'exploitation de ces ressources. Mais pour évaluer les risques et les maîtriser, il faut pouvoir expérimenter cette technologie qui n'est d'ailleurs pas nouvelle (elle est par exemple utilisée en géothermie profonde), dans de bonnes conditions, pour améliorer la compréhension des phénomènes.

### **La sécurité énergétique**

Quasiment inexistante au début des années 2000, la production de gaz de schiste connaît un essor sans précédent aux Etats-Unis. Elle a représenté près du quart de la production de gaz du pays en 2011 contre 14 % en 2000 et les prix américains du gaz ont atteint leur plus bas niveau depuis dix ans. Les Etats-Unis sont devenus exportateurs d'un gaz naturel trois fois moins cher qu'en Europe et cinq à six fois moins cher qu'en Asie. Ce prix bas donne un énorme coup de pouce à la productivité de l'industrie américaine. La France et l'Europe peuvent-elle tourner le dos à cette opportunité d'accroître la sécurité énergétique et la compétitivité de ses économies ?

14 Loi n° 2011-835 du 13 juillet 2011 visant à interdire l'exploration et l'exploitation des mines d'hydrocarbures liquides ou gazeux par fracturation hydraulique et à abroger les permis exclusifs de

recherches comportant des projets ayant recours à cette technique.

## Le pari allemand et le choix britannique

La question énergétique est au centre des préoccupations des Allemands. **La stratégie énergétique allemande**, concrétisée par la loi sur l'énergie du 6 juin 2011, n'est pas le fruit d'une décision précipitée de sortie du nucléaire après Fukushima ; elle est préparée depuis longtemps, dans le droit fil de la loi de 2001 de sortie du nucléaire prise par le gouvernement de coalition SPD-Verts, et elle bénéficie d'un fort soutien de la société. En Allemagne, le citoyen accepte de subir la hausse des prix afin d'alléger la contribution des entreprises et d'éviter ainsi une augmentation des prix des produits à l'exportation.

La loi actuelle ne se réduit pas à une loi d'abandon du nucléaire mais s'analyse comme la construction d'un nouveau mix énergétique en trois phases :

- phase 1 : l'arrêt des centrales nucléaires (2011-2022) avec un développement des énergies de substitution (surtout carbonées) ;
- phase 2 : la transition énergétique (2022-2050) avec le développement des énergies renouvelables et des technologies associées ;
- phase 3 : le nouveau concept énergétique : 80 % de renouvelables dans la production d'électricité en 2050.

Cette stratégie est un pari sur les plans politique et industriel. Des doutes se font jour parmi les industriels depuis fin 2011, qui craignent qu'une hausse des prix de l'électricité ne menace leur compétitivité internationale. Face à la concurrence chinoise, l'industrie allemande réussira-t-elle à prendre le leadership mondial pour les renouvelables ?

Les Allemands se retrouvent cependant réunifiés autour d'une grande cause et la transition énergétique « Energiewende » semble désormais irréversible.

Pour la réussir, trois fronts sont prioritaires :

- le renforcement des réseaux et des circuits de distribution de l'électricité produite par les énergies renouvelables. La construction de plus de 5000 km de réseaux de transmission et de plus de 300 000 km de réseaux de distribution sera nécessaire. Elle exigera un difficile exercice d'équilibre entre les niveaux de décision, du local au fédéral, et de concertation avec les populations locales. L'énergie éolienne est principalement produite dans le Nord du pays, en partie off-shore, alors que les principaux centres de consommation sont dans le Sud. Le raccordement des éoliennes off-shore au réseau terrestre est un vrai défi : outre les difficultés techniques, il faut compter avec les problèmes juridiques, environnementaux et de coordination entre les différentes agences. Par ailleurs, le renforcement des réseaux transfrontaliers sera nécessaire pour stabiliser l'approvisionnement en électricité.
- la mise au point de nouvelles techniques de stockage de l'électricité. Les industriels sont proactifs et annoncent de nouvelles technologies, mais qui sont loin pour l'instant d'être matures.
- la rénovation des bâtiments pour améliorer l'efficacité énergétique. Un programme de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> dans le bâtiment a été mis en place, doté d'1,5 milliard d'euros en 2012 et 2013 et complété par des

incitations fiscales. De nouveaux programmes d'aides seront nécessaires à l'avenir, représentant de gros projets d'investissements pour les entreprises.

Cela étant, en dépit du développement des énergies renouvelables, l'abandon du nucléaire devrait se traduire par l'augmentation de la part des énergies fossiles dans le mix énergétique. Pour maîtriser les émissions de CO<sub>2</sub>, il sera inévitable de recourir à des centrales à gaz et à charbon modernes, performantes et peu polluantes et d'améliorer l'efficacité énergétique. Le développement du captage et du stockage du CO<sub>2</sub> est ralenti, confronté aux problèmes d'acceptation par les populations locales, dans un contexte peu incitatif de prix du CO<sub>2</sub> relativement bas.

L'Allemagne n'est pas une île et la clé de la réussite de sa stratégie énergétique réside aussi dans le bon fonctionnement d'un marché européen de l'énergie, sûr et durable, intégrant l'énergie nucléaire et capable de renforcer la coordination et un réseau transeuropéen d'interconnexions.

- A l'inverse de l'Allemagne, **le Royaume-Uni** a réaffirmé son engagement en faveur de l'énergie nucléaire en décidant de renouveler son parc nucléaire, qui fournit actuellement 16 % de la consommation électrique nationale. Toutes les centrales existantes devront en effet être fermées d'ici à 2023, compte-tenu de l'âge des réacteurs. Il s'agit davantage d'un remplacement de capacités que d'un développement de la filière même si le nucléaire est considéré comme utile pour répondre au défi du changement climatique. Cette filière est un sujet de coopération européenne comme en témoigne l'accord global signé entre la France et le Royaume-Uni lors du sommet franco-britannique du 17 février 2012 au cours duquel le partenariat en matière d'énergie nucléaire a été renforcé.

L'engagement en faveur du développement des énergies renouvelables, pris dans le cadre du Paquet Energie- Climat européen, se traduit par un fort accent mis sur l'éolien off-shore. Le Royaume-Uni possède d'ores et déjà 5 GW de capacités installées et prévoit de déployer 18 GW en 2010 et plus de 40 GW en 2030. Les fermes éoliennes en mer sont appelées à remplacer de plus en plus les centrales à charbon et à gaz mais la question de leur financement reste posée, les industriels privilégiant l'investissement dans des centrales à gaz, beaucoup moins capitalistiques. La nécessité de réformer le marché de l'électricité, complètement libéralisé dans les années 1990, s'est imposée car il ne permet pas de financer des investissements lourds en capital et à long terme dans le nucléaire et les énergies renouvelables. Un vaste programme de réforme du marché électrique, destiné à introduire plus de régulation (contrat de long terme pour les technologies bas carbone, mise en place d'un prix plancher du carbone fonctionnant comme une taxe carbone pour les entreprises, création d'un marché de capacités pour sécuriser l'approvisionnement en électricité,...) a été lancé et sera applicable dès 2014. Le gouvernement crée le cadre et les règles pour garantir les investissements à long terme mais la neutralité technologique reste essentielle. Pour lui, c'est au marché de décider des bonnes technologies et des partenariats les plus efficaces pour répondre aux besoins.

### 3 - Le rôle déterminant de la recherche

Maintenir voire accroître la recherche et développement (R&D) dans le secteur énergétique reste la seule façon de bien préparer l'avenir et de répondre à l'enjeu du changement climatique en inventant des systèmes énergétiques sobres et durables. C'est aussi le meilleur moyen pour garantir à long terme l'indépendance énergétique par la réduction de la demande d'énergie et l'offre de formes nouvelles de production. C'est enfin un réel enjeu économique : la France a une filière d'excellence dans le domaine nucléaire reconnue dans le monde. Il s'agit de maintenir cette excellence dans un paysage mondial du nucléaire susceptible de changer radicalement dans le futur avec la montée en puissance de cette énergie en Asie, notamment en Asie du Sud-Est. Il faut veiller également à développer des technologies compétitives dans d'autres domaines d'avenir comme les énergies renouvelables et le stockage de l'énergie. La solution technologique miracle n'existant pas, il est nécessaire de maintenir les efforts de R&D dans tous les domaines et de garder ainsi des marges de manœuvre pour des technologies qui ne seront matures qu'au delà de 2030 (capture et stockage du carbone (CSC), nucléaire de 4<sup>ème</sup> génération<sup>15</sup>, solaire à concentration, éolien off-shore...).

**Le nucléaire de demain** ne ressemblera pas à celui d'aujourd'hui. La 3<sup>ème</sup> génération de réacteurs (de type EPR, réacteur pressurisé européen) ne présente pas de rupture technologique avec la 2<sup>ème</sup> génération de réacteurs à eau pressurisée (REP). Elle utilise le même principe de fonctionnement et le même combustible et elle ne s'en distingue que par des dispositifs de sécurité améliorés. Il convient cependant de faire progresser l'expérience des centrales de 3<sup>ème</sup> génération et de favoriser la recherche en faveur de la 4<sup>ème</sup> génération. Celle-ci, à l'étude partout dans le monde, sera de nature fort différente. Le CEA, avec le concours des industriels français, développe des réacteurs à neutrons rapides (RNR) refroidis au sodium (prototype Astrid soutenu par le programme Investissements d'avenir)<sup>16</sup>. Cette technologie présente l'avantage d'utiliser la quasi totalité de l'uranium naturel (l'uranium 238) et de s'affranchir de l'uranium 235 qui ne représente que 0,6 % de l'uranium naturel. La technologie actuelle, basée sur l'utilisation de l'uranium 235, n'est pas durable au sens où les ressources disponibles ne sont pas exploitées rationnellement. En revanche, la génération 4 permet une gestion durable des ressources : une même quantité d'uranium permet de créer 200 fois plus de potentiel énergétique, soit des ressources pour des dizaines de milliers d'années.

La réflexion sur une nouvelle option technologique ne peut faire l'économie d'une analyse sur la capacité industrielle nécessaire pour la mener à bien. Or, de nombreuses incertitudes demeurent quant au déploiement industriel rapide (de l'ordre du siècle) de ces réacteurs du futur, liées au prix futur de l'uranium et à l'estimation du niveau des

ressources en minerai. Les visions des pays s'opposent. La France estime que nous aurons besoin de la 4<sup>ème</sup> génération et que le plutonium est une matière précieuse (il est nécessaire pour charger les réacteurs) qu'il faut accumuler. A l'inverse, d'autres pays, comme les Etats-Unis considèrent que la 4<sup>ème</sup> génération n'est pas utile pour le siècle à venir et gère le plutonium comme un déchet.

Quant à la fusion (projet Iter), elle est loin d'être acquise et son développement, beaucoup plus complexe, nécessite de nombreuses ruptures technologiques, de lourds investissements et une vision de long terme<sup>17</sup>.

Les travaux de R&D doivent aussi se poursuivre sur la gestion des déchets radioactifs. Des pistes innovantes sont explorées pour traiter et conditionner les déchets de haute activité à vie longue. Leur stockage géologique en couche profonde est l'option de référence, en France comme à l'étranger. La loi française du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs prévoit la réversibilité du stockage, définie comme la possibilité de le piloter de manière flexible et par étapes, le stockage restant accessible pendant 100 à 150 ans avant d'être définitivement refermé. L'objectif est de laisser aux générations futures une liberté de décision quant aux choix de gestion<sup>18</sup>.

Une politique en faveur d'un nucléaire modernisé et renforcé n'est pas contradictoire avec le développement des énergies renouvelables et des actions en faveur de l'efficacité énergétique (cf. encadré). Pour développer les énergies renouvelables, **la question du stockage de l'énergie** à un coût acceptable est fondamentale et la R&D doit être renforcée dans ce domaine car, en dépit des efforts intenses déjà engagés et des nombreuses voies explorées, aucune solution viable, à la hauteur des besoins, n'a vu le jour. Des sauts technologiques très importants sont indispensables pour aboutir à la rentabilité économique des différentes options de stockage. De tels sauts pourraient aussi advenir dans l'éolien, permettant de le déployer massivement. La R&D doit aussi permettre de développer les usages de l'énergie solaire, thermique et photovoltaïque dans l'habitat et ceux de l'hydrogène, des piles à combustibles et des biocarburants de 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> génération, avec les micro-algues par exemple, dans les transports.

Pour coordonner et réguler ces différents systèmes de production, l'intelligence du réseau, intégrant les nouvelles technologies de l'information et de la communication, est essentielle et la recherche sur la gestion intelligente de l'énergie est un sujet à privilégier. Par ailleurs, la R&D progresse également dans le secteur des énergies marines (houle, courants, marées...) et des opérations de démonstration sont en cours.

La part des énergies fossiles dans la consommation mondiale d'énergie primaire restera importante et la place du charbon

<sup>15</sup> **Quatrième génération : vers un nucléaire durable**, CEA, mars 2010

<sup>16</sup> <http://www.cea.fr/le-cea/actualites/accord-collaboration-are-va-cea-astrid-42715>, <http://www.cea.fr/energie/astrid-une-op-tion-pour-la-quatrieme-generation>

<sup>17</sup> **ITER France : [www.itercad.org](http://www.itercad.org)**

<sup>18</sup> **Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs, [www.cne2.fr](http://www.cne2.fr)**

déterminante. Dans ce contexte, la réduction des nuisances issues de ces énergies s'impose. Maîtriser **la capture et le stockage du CO<sub>2</sub>** devient crucial pour la recherche face au défi du changement climatique. Deux cents projets seraient à l'étude au niveau mondial et le développement industriel de cette technologie n'est guère envisageable avant 2030 selon la Commission Energies 2050. Le coût du CO<sub>2</sub> sera déterminant pour la compétitivité de cette option et la réalisation de démonstrateurs est nécessaire.

La loi du 13 juillet 2011 visant à interdire l'exploration et l'exploitation des **gaz de schiste** laisse ouverte la porte au droit à l'expérimentation (article 4) après avis de la Commission nationale d'orientation et d'évaluation des techniques d'exploitation des hydrocarbures liquides et

gazeux. Il est important de conduire des recherches dans ce domaine en lien avec une opération sur site expérimental. Cela permettrait d'améliorer la description des roches mères, d'optimiser la technologie de fracturation hydraulique et de proposer des alternatives, d'identifier et d'évaluer concrètement l'impact environnemental.

Enfin, en tout état de cause, et *a fortiori* après Fukushima, des travaux de recherche en sciences sociales et humaines doivent être conduits sur la perception du secteur de la production énergétique par la société, sur les questionnements des populations et sur la manière d'apporter des réponses. Aucune technologie n'est durable si la société ne nourrit pas une certaine confiance dans le bénéfice qu'elle en retire et dans la maîtrise des risques.

### Encourager l'efficacité énergétique

La sobriété et l'efficacité énergétiques, autrement dit réduire la consommation d'énergie et mieux l'utiliser, sont considérées comme un point fondamental et une des rares solutions pour répondre au défi du changement climatique et conserver une flexibilité pour l'avenir. Mais si par définition la sobriété est peu capitalistique, on ne peut pas en dire autant de l'efficacité énergétique qui demande de lourds investissements. La Commission Energies 2050 recommande d'en faire une grande cause nationale. La politique nationale en faveur de l'efficacité énergétique mise en place en 2011 doit permettre une diminution des consommations à l'horizon 2020 comprise entre 19,7 % et 21,4 %. Deux secteurs sont particulièrement sensibles, le résidentiel-tertiaire (42 % de la consommation d'énergie finale) et les transports (31 % de la consommation finale d'énergie), et recèlent un potentiel d'économie d'énergie considérable. Améliorer l'efficacité énergétique dans ces domaines réclame cependant la mobilisation d'investissements publics et privés. Il convient aussi d'engager **une politique de vérité des prix**, c'est-à-dire une hausse des prix de l'énergie et du CO<sub>2</sub>. Sans cela, les consommateurs ne verront pas l'intérêt d'économiser l'énergie et les opérateurs de consentir les investissements nécessaires. Cette vérité des prix ne doit pas empêcher de fixer des tarifs spécifiques pour les personnes en situation de pauvreté énergétique et les industries électro-intensives. Par ailleurs, la R&D mérite d'être renforcée dans différents domaines (récupération de chaleur, gestion intelligente, équipements inter-opérables...) liés à l'efficacité énergétique.

## 4 - La dynamique des territoires, lieux d'innovation et d'expérimentation

Pour répondre aux enjeux auquel il est confronté, le système énergétique doit développer son efficacité, au plus près des usages et des consommateurs. Le développement des énergies renouvelables réclame une politique énergétique plus décentralisée. Les territoires sont en première ligne dans cette dynamique et notamment les villes qui représentent 70 % de la consommation d'énergie de l'Union européenne. La sobriété et l'efficacité énergétique, avec les deux cibles prioritaires de l'habitat et du transport, vont impliquer fortement les collectivités territoriales. Elles sont des lieux d'innovation technologique, organisationnelle et sociale. Les territoires sont aussi des lieux d'expérimentation, permettant d'approfondir la connaissance des technologies innovantes, de renforcer l'expertise et d'en débattre avec les populations locales. Beaucoup d'initiatives concernant les énergies renouvelables ont lieu à l'échelle locale voire régionale.

Dans le cadre des programmes Investissements d'Avenir, l'Ademe a engagé des travaux en 2011 afin de conduire des expérimentations à l'échelle industrielle sur les territoires. Il s'agit d'identifier des visions différenciées et les verrous au déploiement des technologies mobilisées pour atteindre le « facteur 4 », afin de construire une prospective à l'horizon 2050. Trois domaines sont étudiés :

**1 – le secteur du bâtiment.** Les réglementations thermiques du Grenelle de l'environnement doivent se concrétiser par la réalisation de bâtiments à énergie positive. Le parc des bâtiments présents en 2050 étant déjà construit aux deux tiers, c'est l'habitat existant et donc les réhabilitations qui posent problème. Faut-il détruire et reconstruire ? Ne convient-il pas plutôt de mutualiser les ressources d'énergie renouvelable entre différents bâtiments, au niveau des îlots, en utilisant l'espace public pour parvenir à l'énergie positive ? Des expérimentations locales, associant des professionnels du bâtiment, des chercheurs, des collectivités territoriales sont nécessaires pour éclairer les choix.

**2 – les réseaux électriques intelligents<sup>19</sup>.** Les sources d'énergie décentralisées, intermittentes d'électricité, en se développant, vont poser des questions de gestion, de stabilité et d'optimisation des réseaux. Les consommateurs vont disposer de davantage d'intelligence pour effacer les pointes et maîtriser leur consommation et donc avoir une plus grande efficacité énergétique. De nouvelles activités vont apparaître, avec des « agrégateurs » d'effacement, des services de stockage pour équilibrer l'offre et la demande. Quels seront ces acteurs ? Quels plans d'affaire ces réseaux vont-ils générer et qui captera la valeur ajoutée ? Autant de questions dont les réponses sont enore loin d'être évidentes. Une expérimentation de réseau électrique intelligent est conduite dans la région niçoise – le projet Nicegrid – à fort potentiel solaire photovoltaïque. L'objectif est d'expérimenter et de tester, par exemple, plusieurs architectures de stockage, l'utilisation de l'intelligence en aval des compteurs chez les usagers, l'optimisation de la production des générateurs

photovoltaïques, de nouveaux modèles d'affaires... Ce projet, porté par de grands opérateurs du secteur, intéresse fortement les Japonais. D'autres expérimentations de ce type sont en cours.

**3 – la mobilité urbaine.** Deux paramètres-clés vont influencer la mobilité urbaine à l'horizon 2050. Le premier est l'interopérabilité croissante des différents modes de transport, permettant de réduire la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub>. Cela implique le développement d'un certain nombre d'options : assistant personnel de mobilité, tarification unique, accès aux données... Le deuxième paramètre est l'évolution des services de mobilité, essentiels pour réduire la consommation d'énergie. Se dirige-t-on vers davantage de mutualisation des véhicules mis à disposition par des opérateurs de mobilité ? Cette option pose un défi de gouvernance. Quel sera le rôle des collectivités territoriales ? Quels seront les acteurs, entreprises, organisations de citoyens parties prenantes ?

Le projet Optimod Lyon, développé à l'échelle du territoire du Grand Lyon, vise à expérimenter et à valider de nouveaux services de mobilité, à destination des voyageurs et du transport de marchandises. Il prend en compte l'enjeu de la nouvelle forme de gouvernance, associant public et privé. Il teste la fourniture d'informations tous modes, en temps réel, disponibles à toute moment, en tout lieu et pour tous et cherche à optimiser la gestion du fret urbain. D'autres expérimentations différenciées ont lieu au niveau local en France.

Les collectivités territoriales se fédèrent au niveau européen pour partager leurs expériences en matière de politique énergétique. C'est par exemple le cas de l'association *Energy Cities* qui réunit depuis 1990 un millier de villes d'une trentaine de pays désireuses d'échanger sur leurs pratiques et leurs solutions en matière d'énergie durable.

Le Cercle « Quelle énergie pour quelle société ? » s'est penché sur **l'exemple de la ville allemande d'Herten**, ancienne ville minière de la Ruhr située en Rhénanie-du-Nord-Westphalie. Dans cette région, la plus peuplée et la plus industrialisée d'Allemagne, qui produit son électricité majoritairement avec des centrales à charbon et à lignite, cette ville moyenne de 64 000 habitants est l'une des dix-neuf communes allemandes choisies par le ministère fédéral de l'Environnement pour tester, au niveau local, la nouvelle stratégie énergétique nationale. Dans une cité marquée par l'histoire du charbon – la dernière mine a fermé en 2008 – touchée par un fort taux de chômage (20 %) et à la population vieillissante (26 % de la population a plus de 65 ans), la politique énergétique locale est étroitement associée au plan de développement économique. C'est une régie municipale, filiale à 100 % de la municipalité, qui a orienté les choix en définissant dès les années 1970 un plan énergétique et en favorisant la mise en place d'un réseau de chaleur urbaine pour les habitants. Le biogaz remplace peu à peu le système

19 Smart Grids-CRE : <http://www.smartgrids-cre.fr/>

de cogénération des centrales à charbon pour alimenter ce réseau.

Dans son nouveau Plan Climat pour 2020 développé avec la régie municipale, la ville d'Herten veut développer la part des énergies renouvelables (elle dispose d'une éolienne locale, de biogaz, de photovoltaïque et d'hydrogène) dans un mix énergétique où le gaz occupe la première place. La ville étant propriétaire du réseau électrique de distribution, elle attache une grande importance aux aspects de smart grids et de stockage de l'énergie. Elle ambitionne de devenir un acteur reconnu dans le monde de l'hydrogène et a construit à cette fin un centre d'hydrogène « H2Herten » sur une ancienne friche minière, avec le soutien du ministère de la Recherche du Land. Ce centre réunit la production verte d'hydrogène, le stockage d'hydrogène, la production d'électricité *via* une pile à combustible et la distribution d'hydrogène pour véhicules (bus de transport public local, véhicules utilitaires et tricycles). L'hydrogène vert est produit selon deux procédés : par électrolyse alimentée par une éolienne ; à partir de biomasse. Il est destiné à alimenter différents sites industriels pétrochimiques autour de la ville, illustrant la volonté du gouvernement allemand d'inciter les grands sites industriels à rester compétitifs en décarbonant leur production. Herten

ambitionne de dépasser le stade de la démonstration pour réaliser un vrai projet industriel et économique en étroite coopération avec les différents acteurs de la filière. A cette fin, la ville préside le réseau « H2-Ruhr », fait partie du « cluster hydrogène » du Land et participe à plusieurs projets de recherche européens et nationaux.

Avant de se lancer dans l'éventuelle duplication dans notre pays d'une telle installation, un retour d'expérience et une évaluation technico-économique globale approfondie ainsi que celle détaillée et de chacun des maillons devra être menée.

Cet engagement en faveur de nouvelles technologies énergétiques repose également sur l'éducation et la participation de la population locale, deux axes forts du plan de développement de la ville. La sensibilisation des jeunes à la science dès l'école primaire et la formation sont considérées comme des enjeux majeurs dans une ville ouvrière dont 20 % de la population est issue de l'immigration. Le tissu associatif très dense est mobilisé à travers diverses initiatives, comme un prix du climat, et un fonds a été créé pour inciter les citoyens à financer les nouvelles installations liées au développement des énergies renouvelables.

## L'Europe, territoire d'initiative

Les dirigeants européens se sont engagés en février 2011 à achever la réalisation du marché intérieur de l'énergie d'ici 2014. Il apparaît en effet essentiel que son fonctionnement soit revu afin qu'il délivre notamment de bons signaux d'investissements. Les stratégies nationales n'ont pas favorisé cette évolution : les pays ont appliqué les règles du marché intérieur *a minima* et on se retrouve aujourd'hui avec une accumulation de marchés auto-ouverts. Le retour marqué des approches souveraines en matière énergétique est un vrai sujet. Dans ce domaine comme dans d'autres, que pèse l'Europe sur la scène internationale si elle engage le débat avec vingt-sept stratégies séparées ? Comment parler de sécurité d'approvisionnement, avoir une stratégie globale d'achat de gaz avec la Russie si chaque capitale européenne négocie de manière bilatérale ? Comment mettre en place une stratégie d'efficacité énergétique à vingt-sept quand des Etats refusent d'emblée le caractère contraignant de certains critères de la directive récente sur ce sujet ? Selon une enquête du Parlement européen de janvier 2011, 60 % des Européens souhaitent cependant plus de politique européenne de l'énergie. Plusieurs chantiers sont prioritaires : le renforcement des interconnexions transfrontières, la sécurité d'approvisionnement, l'efficacité énergétique et la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, la pauvreté énergétique<sup>20</sup>. Parmi ceux-ci, la politique d'infrastructure européenne pourrait être un grand chantier innovant. La part croissante des énergies renouvelables dans les mix énergétiques nationaux, le développement des réseaux intelligents, la nécessité d'une plus grande coordination des infrastructures plaident en ce sens. Les interconnexions sont stratégiques pour mutualiser et optimiser les différents moyens de production disponibles à l'échelle européenne, pour sécuriser les systèmes électriques nationaux et pour désenclaver les « péninsules électriques » en Europe. L'association regroupant les entreprises de transport d'électricité européennes, Entso-E, estime qu'il faudra, d'ici à 2020, créer 35 000 km de lignes nouvelles et en remettre à niveau 7 000 km, autrement dit restructurer 15 % du réseau européen. Les investissements nécessaires dans les réseaux électriques et gaziers sont estimés à 60 milliards d'euros d'ici à 2020. Au-delà de son coût financier élevé, cette ambition doit relever d'autres défis : les obstacles juridiques, qui se sont multipliés avec l'empilement des textes - en France, par exemple, le temps de procédure pour construire des lignes électriques a dérivé de trois et sept ans - et l'acceptabilité sociale.

<sup>20</sup> L'article 194 du Traité de Lisbonne souligne que « la politique de l'Union dans le domaine de l'énergie vise à assurer le fonctionnement du marché de l'énergie, assurer la sécurité d'approvisionnement énergétique dans l'Union, promouvoir l'efficacité énergétique et les économies d'énergie ainsi que le développement des énergies nouvelles et renouvelables, et promouvoir l'interconnexion des réseaux énergétiques ».

## 5 - La question du débat et des controverses sur l'énergie

Si les défis de la recherche sont nombreux pour accélérer l'émergence de systèmes énergétiques durables, ils ne sont pas les seuls. Des processus de discussion et de décision démocratiques restent à inventer pour construire l'avenir énergétique. Car la complexité des choix énergétiques face aux incertitudes et aux risques va marquer le débat sur l'énergie, dans une période de défiance à l'égard de la parole du politique et de l'expert et de remise en cause de l'idée même de progrès.

Le Cercle « Quelle énergie pour quelle société ? » a jugé essentiel de revenir sur l'histoire de la question du débat sur l'énergie, sur les méthodes et les hypothèses développées afin de mieux situer les enjeux actuels. L'approche des controverses socio-techniques, étudiée à travers le débat sur le devenir des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue, souligne qu'il est essentiel de parvenir à normaliser dans les processus de décision les conflits touchant les questions de risques collectifs et d'innovation technologique.

**Le débat sur l'énergie** s'est historiquement confondu avec la question du nucléaire et de son acceptation ou non par l'opinion publique française. Le travail de recherche d'Agoramétrie<sup>21</sup> a été une des premières grandes tentatives d'analyse du débat. D'inspiration structuraliste, il a proposé une structuration de l'opinion publique en confrontant les controverses et les prises de positions mises en scène dans les médias. Il a montré que certains débats, comme celui sur le nucléaire, ont une très grande inertie et structurent des prises de positions reposant sur des variables sociologiques lourdes. Ce modèle présente l'intérêt de proposer une cartographie des problèmes et des échanges entre les médias et le public et remet en question une représentation naïve du public selon laquelle ce dernier n'existerait qu'à travers des modalités essentiellement émotives (perceptions, appréhensions, craintes, peurs...). En revanche, il ne tient pas compte de l'action des groupes d'intérêt et des différents niveaux d'espaces publics.

Un modèle plus complexe analyse l'agenda de l'opinion publique (ses priorités et ses oppositions sur tel ou tel sujet), l'agenda des médias (les sujets évoqués, les termes utilisés), l'agenda public (l'action du gouvernement et l'agenda sectoriel mettant en avant certains problèmes)<sup>22</sup>. Il souligne que le débat sur le nucléaire ne peut se comprendre qu'en analysant les interactions entre ces différents agendas et révèle les arguments et les articulations statistiques entre eux. Cette approche ne rend cependant pas compte des agendas confinés et des forums sectoriels.

Dans les années 1980, le débat sur l'énergie prend des formes nouvelles avec l'apparition de la question des **controverses territoriales** autour des projets d'aménagement. Les éoliennes en sont un exemple. Une conjonction de changements de la société française explique cette

situation : la gouvernance multi-niveaux avec l'intervention d'un nombre croissants d'acteurs ; la transformation des modes d'engagement avec des formes de contestation non conventionnelles ; une empreinte territoriale forte avec l'intervention d'acteurs locaux aux intérêts forts différents.

Les conflits d'aménagement autour des éoliennes révèlent un double foyer de controverses, national (sur la question des tarifs de rachat) et territorialisé (avec des considérations multiples très locales). Ils montrent l'existence de formes de recompositions politiques permettant ou non l'agrégation des intérêts et la formation d'un collectif à partir de groupes *a priori* très hétérogènes.

Depuis quelques années, les questions sur l'énergie ont été reformulées dans le cadre plus large de la **transition énergétique** et les enjeux globaux (changement climatique, disponibilité des ressources et *peak oil*) se sont imposés dans le débat. Ce contexte pose les questions de la démocratie et de l'organisation du débat public sur l'énergie. Face à l'ampleur de ces enjeux globaux, les démocraties sont-elles capables de faire des choix radicaux et efficaces ? Comment poser les questions dans l'espace public ?

La mise en place de *nudges*, des petits dispositifs techniques destinés à orienter les comportements individuels, place l'individu au centre de la décision. Elle est révélatrice d'une réelle évolution de la conception des choix moraux. Ceux-ci ne sont plus des choix collectifs et politiques mais sont déplacés au niveau des individus devenus des arbitres. Une partie des questions qui, par le passé, auraient été posées dans l'espace public, sont recadrées au niveau des individus dans la sphère des marchés. Dans ce contexte, comment organiser un débat public sur l'énergie ? Est-il soluble dans le marché ?

Orienter les comportements individuels suppose des évolutions normatives en amont. Le débat public participe au processus d'institutionnalisation des normes, avec l'intervention de groupes concernés qui mettent en avant un certain nombre de causes et les portent dans l'espace public. On observe ainsi à la fois des phases démocratiques d'intéressement des publics, autour de sujets liés à la transition énergétique, et des phases où la représentation politique s'empare de ces sujets et institutionnalise des normes, estimant possible de prendre des décisions contraignantes modifiant les comportements sociaux sur le long terme.

**La question de la gestion des déchets nucléaires** est très controversée et a occupé le devant de la scène de longues années avant de passer au second plan à la suite de l'accident de Fukushima. Il existe deux approches en sciences humaines et sociales pour aborder ce sujet : l'étude des perceptions du public, très répandue, et **l'étude des controverses socio-techniques**. La première repose sur

21 Travaux de l'association Agoramétrie dirigés par Jean-Pierre Pagès.

22 Blanchard Ph., 2009, *Les médias et l'agenda de l'électro-nucléaire en France, 1970-2000*, Thèse de doctorat en science politique, Université de Paris-Dauphine.

l'idée que les conflits relatifs à des projets techniques sont souvent dus à un écart entre les risques réels et les risques perçus. Pour résoudre les conflits, il est donc nécessaire de réduire l'écart de perception des risques et de mener des politiques de communication ou de pédagogie d'information à destination du grand public. Dans cette approche, le social est réduit au public, à ses perceptions et à ses représentations et les conflits envisagés comme une simple questions d'acceptabilité sociale.

En revanche, l'approche des controverses socio-techniques<sup>23</sup> considère que les techniques ne sont pas neutres et que le social peut se trouver aussi dans les techniques elles-mêmes. Les conflits sont vus comme une opposition de différentes postures articulant des arguments techniques et des arguments sociaux et politiques. Chaque projet technique est ainsi porteur d'une vision du monde, d'une conception de la décision politique et de la distribution des rôles entre les différents acteurs.

Aux différentes solutions techniques proposées au fil du temps pour gérer les déchets radioactifs à haute activité et à vie longue correspond une conception bien précise de la décision en situation d'incertitude :

- Des années 1960 aux années 1990, le concept privilégié est **le stockage géologique irréversible** des déchets nucléaires. Le site de stockage est fermé définitivement afin d'en empêcher l'accès aux générations futures et de favoriser l'oubli du site. L'avantage de cette solution est de régler une fois pour toute le problème, par une **décision tranchée**. Mais elle présente deux points faibles, qui seront mis en avant lors des controverses des années 1980. Le premier est le fait de déléguer le règlement du problème à la nature (aux formations géologiques) et à ses porte-parole (les géologues). Cela suppose que le public fasse confiance à la capacité des géologues de prévoir le comportement des formations géologiques. Le second repose sur l'idée que le public accepte les « états du

monde possibles » (les scénarios connus) et partage une vision selon laquelle les générations futures n'auront aucun intérêt à avoir les déchets nucléaires à leur disposition.

- A partir des années 1990, la solution du **stockage géologique réversible** va émerger, faisant appel à un modèle de **décision par étapes**. La réversibilité signifie que le stockage géologique reste accessible pendant 100 à 150 ans, puis est progressivement fermé avant de l'être définitivement. Il s'agit d'un compromis socio-technique, absorbant une partie des critiques faites à l'encontre du stockage géologique irréversible. Mais au moment de fermer le site, celles-ci ne vont-elles pas revenir ?
- La commission de débat public a organisé un débat sur le stockage des déchets nucléaires en 2006 et proposé une solution alternative au stockage géologique, celle de **l'entreposage pérennisé**. Cette option, qui n'est pas mise en œuvre, dessine un troisième modèle de décision, la **décision itérative**. Elle conduit à reposer la question du devenir des déchets nucléaires de manière cyclique, d'absorber de nouvelles informations et d'explorer des alternatives. Au final, la loi Bataille du 28 juin 2006 n'a pas retenu cette option qui va certainement revenir sur le devant de la scène lors du nouveau débat public sur le sujet prévu en 2013.

Cette étude des controverses socio-techniques montre bien que les enjeux, sur des sujets frappés d'incertitudes, ne sont pas des questions de perceptions mais bien de choix politiques et de modes de gouvernement. En ce sens, le rôle des sciences humaines et sociales n'est pas de faciliter l'acceptabilité mais d'ouvrir certaines boîtes noires et d'expliciter ce qu'elles enferment comme philosophie politique et comme type de décision. L'enjeu est désormais de parvenir à normaliser les conflits touchant les questions de risques collectifs et d'innovation technologique et d'organiser les procédures visant à mettre à l'épreuve les solutions techniques pour les améliorer.

<sup>23</sup> Travaux de Yannick Barthe, Centre de sociologie de l'innovation, CNRS-Ecole des mines de Paris (Mines-ParisTech)

# QUESTIONS OUVERTES

**Les travaux conduits par les membres du cercle de réflexion, ont permis de mettre en avant quelques questionnements qui traversent le débat énergétique actuel. L'analyse des coûts, des bénéfices et des risques de chaque filière énergétique au regard des enjeux soulevés a fait apparaître d'emblée, dans les prises de position des acteurs impliqués dans le débat énergétique, des dimensions d'une toute autre nature que les seuls aspects technico-économiques.**

**Les membres du cercle ont veillé à la diversité des prises de parole et les experts associés à ses travaux ont exprimé des points de vue multiples, reflète à la fois de leurs milieux professionnels et de leurs convictions personnelles. Les événements qui se sont produits dans l'actualité récente, en premier lieu l'accident de Fukushima en mars 2011, ont également influencé les échanges.**

**Au moment où débute le débat national sur la transition énergétique, l'évolution vers des énergies et une économie décarbonées fait consensus, en raison du changement climatique et de la finitude des ressources fossiles. Mais la manière de concevoir cette transition fait débat, notamment autour du nucléaire. Ce débat sur l'avenir et la place du nucléaire dans le mix énergétique dépasse la sphère de la politique de l'énergie. Il symbolise les clivages qui traversent la société française et l'Union européenne sur les trajectoires à privilégier pour bâtir un modèle économique et social durable.**

## 1 - Les événements et thématiques structurants du débat énergétique

Parmi les crises et les événements majeurs qui ont marqué le débat sur l'énergie depuis les années 1970, le cercle en a retenu quatre principaux :

### • La sécurité énergétique

L'interruption de l'approvisionnement pétrolier venant du Moyen-Orient en 1973 a eu pour conséquence la mise en place d'un programme nucléaire ambitieux en France pour répondre à l'exigence de sécurité d'approvisionnement. Cette exigence est une dimension toujours présente en France mais aussi au niveau européen. Elle pourrait redevenir prioritaire si une nouvelle crise géopolitique se produisait. Elle concerne aussi tous les pays pour plusieurs raisons majeures : l'anticipation d'un épuisement des ressources fossiles et fissiles, la concurrence pour l'accès aux ressources carbonées dans un contexte de développement économique des pays émergents et d'accroissement de leur population et un manque d'investissement pendant les années où le prix du pétrole était très bas.

Cette situation plaide pour une transition énergétique favorable aux sources d'énergies locales notamment renouvelables et au nucléaire. Mais elle suscite aussi un nouveau débat très vif sur l'utilisation à court terme de ressources énergétiques tels que les gaz de schiste, le charbon, le pétrole non conventionnel. Comme l'ont montré les échanges au sein du cercle, ce débat se décline en termes économiques (baisse des coûts d'accès à l'énergie, amélioration de la balance commerciale...) et géopolitiques (autonomie énergétique plus grande). Ceux qui s'opposent le plus radicalement à l'exploitation de ces ressources privilégient une sortie rapide de l'énergie fossile. Ils posent ainsi avec acuité la question majeure de l'orientation du système énergétique et de l'économie actuels.

### • Le changement climatique

Les membres du cercle ont souligné que les termes du débat sur l'énergie étaient fondamentalement différents de ceux existant il y a une vingtaine d'années, en raison

de l'émergence de cette question. Celle-ci annonce, à terme incertain, une remise en cause de notre modèle de civilisation. Le changement climatique aura en effet des conséquences majeures sur les migrations humaines, sur les ressources alimentaires et en eau, sur le développement économique.... Les membres du cercle considèrent que le changement climatique sera le facteur le plus structurant pour définir la transition énergétique et conditionnera notre héritage aux générations futures.

Aussi, il induit des investissements considérables dans les énergies renouvelables, le nucléaire, l'efficacité énergétique et les infrastructures. Toutefois, comme l'indique le rapport Stern<sup>24</sup>, ces investissements peuvent être préventifs ou curatifs en fonction du temps et seront d'autant plus importants qu'ils tarderont. Cette problématique apparaît peu dans le débat public, même si elle est très présente parmi les discussions entre experts.

On notera également que la suppression tout à fait significative des subventions aux énergies fossiles est un autre enjeu peu évoqué ; or elle pourrait être source de conflits extrêmement durs.

Le changement climatique a aussi conduit le cercle à s'interroger sur les difficultés de la gouvernance, aux niveaux mondial, national et régional. Le vingtième anniversaire du Sommet de la Terre de Rio, en juin 2012, laisse ainsi entière la question de la concrétisation d'une action internationale commune. Un accord mondial sur le climat s'avère très difficile à mettre en place, dans un environnement international marqué par des rivalités extrêmement fortes et des divergences d'intérêt entre pays développés, puissances émergentes et pays en développement. Au niveau national, l'ampleur des débats montre la difficulté de nos pays à prendre la mesure des adaptations nécessaires d'autant plus que des mesures prises par la France seule, ou même par l'Europe, auraient des impacts restreints.

### • La crise économique et financière

Loin d'être terminée, la crise économique et financière a

<sup>24</sup> *L'économie du changement climatique*, Nicholas Stern, 2006 (rapport commandité par le Gouvernement britannique)

placé la dimension économique et notamment la question des prix, des coûts et des prélèvements fiscaux au cœur du débat énergétique. Elle suscite nombre d'interrogations et d'inquiétudes sur l'avenir de notre modèle économique et social et sur sa soutenabilité à long terme. Deux questions ont été particulièrement soulignées lors des discussions du cercle :

- la conséquence d'une énergie chère sur la compétitivité de l'économie et son coût social ;
- l'augmentation de la précarité énergétique dans des sociétés européennes connaissant une extension de la pauvreté.

Les discussions du cercle reflètent deux tendances opposées. L'une est favorable à une augmentation importante du prix de l'énergie et mise sur une responsabilisation citoyenne vis-à-vis du futur. La précarité énergétique étant du ressort de la solidarité nationale, il s'agit d'orienter l'économie et les comportements vers plus d'efficacité et de sobriété énergétiques et de financer la transition énergétique vers des énergies renouvelables remplaçant progressivement le nucléaire.

La seconde tendance privilégie des prix de l'énergie les plus bas possibles. La politique actuelle des Etats-Unis, qui exploitent les gaz de schiste dans un but de compétitivité économique, est dans cette lignée. Les tenants de cette option dans le cercle privilégient une transition vers un système décarboné accordant, à titre d'exemple, une place importante au nucléaire qui permet dès maintenant d'avoir un système électrique décarboné, atout majeur que peu de pays possèdent et une place d'appoint aux énergies renouvelables, ce qui permet une élévation modérée et plus progressive des coûts de l'électricité dans un contexte économique difficile.

Ces deux options supposent un effort important en matière de recherche et développement sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique ainsi que des incitations à bien étudier en fonction d'un développement de l'industrie nationale.

#### • **L'accident de Fukushima**

La catastrophe de Fukushima a changé les termes du débat et la hiérarchie des thématiques mises en avant.

La question des risques liés à l'énergie nucléaire est

ainsi revenue avec force. La probabilité de l'occurrence des accidents nucléaires majeurs est faible mais les conséquences de ceux-ci sont si importantes pour la santé, l'environnement et l'économie, ainsi que le confirme les études de l'IRSN publiées depuis les travaux du cercle, que les membres du groupe ont posé d'emblée le problème sur le plan éthique. Pour certains, il y a des risques que toute société, même très évoluée techniquement comme le Japon, doit s'interdire de prendre du fait de leur ampleur et de leur nature, notamment en raison de leur imprévisibilité et de la très grande difficulté à les maîtriser.

Le cercle a également souligné la dualité, civile et militaire, du nucléaire avec les risques de prolifération et d'utilisation terroriste des matières radioactives.

Le cercle a cependant estimé que cette interrogation sur les risques majeurs ne concernait pas le seul secteur nucléaire. Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de ressource énergétique ne suscitant aucun risque. Que signifie alors pour une société un risque acceptable ? Comment tenir compte des représentations sociales contrastées dans l'opinion publique ?

Au-delà des interrogations sur la sûreté nucléaire et les normes à imposer dans ce domaine, l'accident de Fukushima a remis au cœur du débat le thème de l'avenir de la filière nucléaire et des conséquences d'un abandon éventuel de cette technologie.

Après cette catastrophe, le débat au sein du cercle s'est structuré autour d'une analyse des risques de toute nature - économiques, sociaux, environnementaux, géopolitiques... - associés aux différentes filières énergétiques.

Le concept de risque suppose que l'on puisse affecter une probabilité. Cette démarche est possible dans des cas bien précis où l'on peut modéliser le comportement de systèmes restreints. Elle s'avère beaucoup plus périlleuse face à des systèmes complexes, eux-mêmes plongés dans un environnement qui l'est autant. Prévoir un tremblement de terre, un tsunami ou une crise financière est quasi impossible. Cette difficulté se conjugue avec la plus ou moins grande importance accordée aux conséquences du risque en question. C'est pourquoi les controverses à ce sujet entraînent des prises de position qui, au-delà des données scientifiques, techniques et économiques, relèvent du politique.

## 2 - Le rôle de la recherche et de l'innovation

De nombreuses analyses, notamment historiques, soulignent que les grandes transitions énergétiques s'effectuent sur des temps très longs au cours desquels la recherche et l'innovation changent progressivement les données scientifiques, techniques, économiques et industrielles. Ces évolutions déplacent les lignes du débat en desserrant les contraintes et en ouvrant des solutions nouvelles pour la mobilité, la régulation des réseaux, l'efficacité énergétique, la production, la consommation énergétique et la maîtrise des risques.

Le cercle a ainsi évoqué au cours de ses discussions plusieurs voies possibles. On citera à titre d'exemple :

- les recherches sur le nucléaire de quatrième génération et sur la fusion qui pourraient rendre cette filière durable dans le temps à condition d'en maîtriser les risques ; ces recherches peuvent contribuer au renforcement de la sécurité énergétique et à la compétitivité de notre industrie ; il en est de même des projets très prospectifs sur la transmutation ;
- les recherches sur l'efficacité énergétique et l'utilisation rationnelle de l'énergie, sur les énergies renouvelables, sur les biocarburants de deuxième et troisième génération, sur le stockage de l'électricité et le développement de véhicules électriques sont destinées à réduire l'empreinte

carbone de notre économie et notre dépendance ;

- les recherches sur l'introduction massive des technologies de l'information et de la communication dans les réseaux et l'habitat qui modifieront profondément la gestion de l'énergie et son efficacité, permettront de réduire la vulnérabilité et d'accroître la flexibilité du système énergétique ;
- les méthodes de simulation qui permettent de mieux modéliser le comportement des systèmes énergétiques et des risques associés ;

Par ailleurs, la mobilisation des sciences politiques, économiques et sociales s'avère essentielle pour comprendre et interpréter nombre de dimensions transversales au débat énergétique.

A titre d'exemple, citons les questions de gouvernance touchant l'articulation des décisions aux différents niveaux européen, national, régional, communal et la façon dont les citoyens sont consultés et associés aux décisions. A cet égard on ne peut être que frappé par l'innovation qui se développe dans le contexte européen. Les modes de

financement de la transition énergétique qui sont rarement détaillés avec la rigueur nécessaire sont également une dimension qui nécessite des études approfondies. L'analyse de nos comportements face aux usages de l'énergie ainsi que les modes d'appropriation des changements dans ce domaine sont aussi un domaine de recherche essentiel.

Toutes ces avancées vont permettre à terme de mieux répondre aux grands enjeux décrits précédemment. Cependant, pour certains membres du cercle, les innovations technologiques –incrémentales comme de rupture– ne changeront pas la donne énergétique d'ici à 2030, car il faut du temps pour le développement industriel des technologies et pour l'appropriation de celles-ci par la société. Cet argument est favorable aux politiques qui privilégient dès maintenant une efficacité énergétique intensive, une préservation de la filière nucléaire et un déploiement des énergies renouvelables dont les niveaux respectifs font partie du débat. Il révèle aussi un désir d'orienter la société vers un nouveau modèle de croissance moins énergivore et pour les plus radicaux, une décroissance économique.

### 3 – Constructions des décisions

Les auditions d'acteurs du secteur de l'énergie et les travaux du cercle ont montré que les choix énergétiques dans leur diversité relèvent de décisions à des niveaux et des horizons temporels très différents.

Ainsi, à titre d'exemple, au niveau d'un éco-quartier ou d'une ville moyenne, les choix énergétiques concernant un réseau de chaleur, la mobilité dans la ville ou la valorisation des déchets... nécessitent des études technico-économiques et des choix d'investissement d'ordre microéconomique.

La complexité se crée quand les interactions entre les systèmes en jeu et les incertitudes concernant l'évolution, par exemple de variables économiques sur le prix futur des ressources, sont introduites dans les processus de décision. Des méthodes d'aide à la décision issues des sciences de l'ingénieur et du calcul économique sont alors utilisées et permettent de chercher un optimum qui est une démarche qui montre très vite ses limites du fait des incertitudes mentionnées précédemment et de la prise en compte du jeu des acteurs impliqués localement.

Un premier niveau de débat peut alors se développer entre experts, plus ou moins intense en fonction de la complexité du système étudié.

Un second niveau de débat peut apparaître parmi les parties prenantes des projets et les habitants, car tout choix d'une certaine ampleur dans une communauté avantage certains, défavorise d'autres et suscite donc des polémiques locales tout à fait classiques. L'exemple de la ville de Herten<sup>25</sup> en Allemagne, l'illustre bien. Dans un pays comme la France où le consensus sur la façon d'envisager l'avenir énergétique n'est pas aussi fort, des oppositions locales se font jour, avec un caractère politique qui n'est pas sans lien avec les débats nationaux.

À l'opposé, au niveau d'un pays, les choix énergétiques sont d'une tout autre complexité : complexité du système lui-même, impacts sur l'économie et les modes de vie, importances des risques de toute nature, incertitudes sur l'environnement géopolitique et les événements accidentels majeurs non prévisibles.

Les conséquences en termes de décisions publiques sont multiples. La globalité du système énergétique impose une politique qui ait une grande cohérence, une flexibilité compatible avec la nécessité d'investissements à moyen et long terme, notamment concernant la sécurité énergétique, le changement climatique, le système des prix, les risques sanitaires et environnementaux.

Le concept de transition énergétique doit se situer dans cette logique de prise en compte des risques et incertitudes. Mais agréger l'ensemble des risques encourus par le système de production énergétique en vue de chercher des solutions « optimum » suppose qu'ils soient de même nature et que l'on puisse pondérer l'importance de ceux que l'on juge comparables. Les débats en cours reflètent ce problème et soulignent toute la place de la décision politique.

Dans le cas de risques probabilisables et d'incertitudes, par exemple sur l'évolution du prix des ressources ou la variation du climat, il est d'usage de construire des scénarii plus ou moins « probables », puis d'analyser les vulnérabilités du système énergétique prenant en compte à la fois les risques et incertitudes et le niveau de gravité associé à des horizons temporels donnés.

L'attitude la plus rationnelle consiste alors, non pas à figer l'ensemble des décisions à un moment donné, mais à procéder par étapes en conservant le maximum possible économiquement d'options ouvertes. Le principe de base

25 cf. § 3 La mobilité urbaine, p.18

est de ménager une flexibilité pour pouvoir s'adapter à des changements majeurs. Cela suppose qu'à chaque étape de la prise de décision, les risques et les vulnérabilités du système soient à nouveau analysés.

Dans le cas de risques majeurs dont la probabilité calculée est extrêmement faible, mais dont les conséquences sont dévastatrices (tsunami japonais) ou dans le cas d'événements totalement inattendus (tels les attentats du 11 septembre 2001), l'analyse des vulnérabilités du système ne suffit plus. Il est nécessaire de réfléchir à sa résilience, c'est-à-dire sur sa capacité à rebondir après une catastrophe. Le Japon avait, dans le cadre de cette démarche, mis en place un ensemble de centrales à gaz de secours en cas de séisme majeur

En fonction de ces considérations il reste à tracer une feuille

de route sur 30 à 50 ans car les investissements dans ce domaine sont lourdement structurants.

Les décisions sont à prendre de façon étagée dans le temps en fonction d'objectifs multiples, quelquefois contradictoires et sous contraintes budgétaires. Tous les objectifs ne pourront être atteints simultanément au niveau souhaité par les différentes parties prenantes.

Cette hiérarchisation dans le temps de priorités qui ne font pas consensus et en fonction de critères de coût et d'efficacité, fait partie du débat et devra donner lieu à des décisions d'ordre politique...

Ces considérations, qui relèvent des sciences de la décision, peuvent paraître évidentes, mais sont peu mises en avant dans le débat actuel.

## 4 – En amont du débat sur la transition énergétique ?

Considérer la question « Quelle énergie pour quelle société ? » dans son sens le plus fondamental conduit à s'interroger sur la manière dont les mutations du système technique façonnent nos sociétés. Il est banal d'évoquer l'influence de l'avènement du transistor, de l'électricité, des antibiotiques et de la voiture sur la transformation rapide de nos modes de vie et de l'espace urbain, avec des conséquences bien connues en termes d'environnement et de santé.

Il apparaît à beaucoup que les transformations profondes du système technique énergétique et leurs impacts socio-économiques sont inéluctables. C'est justement cette fatalité qui est remise en cause par ceux qui veulent inscrire les choix énergétiques dans des choix de société. L'analyse des positions et des discours des différents acteurs du débat sur l'énergie montre, qu'au-delà des arguments technico-économiques avancés, des choix de société sont bel et bien en jeu.

La relation entre options technologiques et positions politiques sur le modèle de société a été mise en évidence plusieurs fois au cours des travaux du cercle. L'option favorable à la sobriété énergétique entre ainsi en résonance avec les réflexions de certains économistes et acteurs politiques qui contestent le modèle de croissance actuel basé sur une forte consommation énergétique. Les plus radicaux d'entre eux défendent le concept de décroissance. Ces oppositions se retrouvent au niveau européen.

De même, les positions de ceux qui plaident en faveur d'un développement massif des énergies renouvelables décentralisées s'articulent avec celles des tenants de la relocalisation des activités productives ou d'une régionalisation accrue intégrant les problématiques de l'emploi, de l'utilisation rationnelle des ressources locales, notamment énergétiques, d'aménagement de l'urbanisme et de la mobilité, ainsi que la mobilisation des acteurs locaux dans le cadre de stratégies régionales.

La volonté d'en finir avec le nucléaire est liée au refus d'une technologie qui prédispose à la centralisation des décisions. Elle reflète aussi l'interrogation de certains opposants qui s'interrogent sur le type de société qu'implique la surveillance et le contrôle des risques majeurs.

L'énergie conçue comme un bien commun au même titre que l'eau, l'alimentation mais aussi l'éducation, la culture est une autre façon de contester une société dans laquelle ces biens font l'objet d'une marchandisation en relation avec la mondialisation de l'économie.

Nombre de controverses actuelles traduisent également des ambiguïtés qui pourraient être le signe d'un changement dans la société, au sens où l'intérêt individuel fait barrage à tout intérêt collectif.

Ces questions de fond apparues au sein du cercle soulignent combien le débat est difficile, d'autant plus que nombre des décisions sur notre futur énergétique soulèvent des questions transverses à d'autres débats tels les formes de financement et de soutien à l'innovation ou encore le contexte géopolitique et la responsabilité respective de l'Union européenne, des états et des collectivités régionales, voire locales, dans la mise en place de la transition énergétique.

Devant la complexité de ce débat public, la question de la légitimité des experts et des institutions pour apporter des données incontestables devient centrale. Les exemples des rapports de la Cour des comptes<sup>26</sup> et de l'Autorité de sûreté nucléaire<sup>27</sup> sont là pour le rappeler.

L'avenir énergétique de notre pays nous engage donc plus généralement à conduire une réflexion sur l'évolution de notre modèle démocratique et de ses processus de discussion et de décision permettant d'élaborer des convergences, des consensus au-delà des débats.

Il nous incite aussi à réfléchir sur l'avenir énergétique dans l'Union européenne. Cette dimension européenne devient de

<sup>26</sup> Rapport de la Cour des comptes sur les coûts de la filière électronucléaire, mars 2012

<sup>27</sup> Rapport de l'Autorité de Sûreté nucléaire sur les évaluations complémentaires de sûreté (ECS) menées à la suite de l'accident de Fukushima, janvier 2012.

plus en plus prégnante. Au sein même de cette Europe de nombreux débats existent également, méconnus de la plupart de nos concitoyens. Citons celui qui oppose les tenants des lois du marché comme mécanisme optimal des choix et des usages et ceux des mécanismes de régulation au vu

des failles de ce marché. L'idée de créer une communauté européenne de l'énergie permettant à l'Europe de s'affirmer comme un leader mondial de la transition énergétique en permettant de garantir les intérêts communs du peuple d'Europe vient ainsi d'être relancée...

## ANNEXES

### **Bibliographie générale,**

en complément des références citées en note de bas de page dans le rapport

**NGÔ Christian**, *L'énergie : Ressources, technologies et environnement*, Dunod, Collection universcience, 2008

**HANSEN Jean-Pierre, PERCEBOIS Jacques**, *Énergie – Économie et politiques*, De Boeck, Collection Ouvertures économiques, 2010

**CHEVALIER Jean-Marie, DERDEVET Michel, GEOFFRON Patrice**, *L'avenir énergétique : Cartes sur table*, Folio, collection Folio actuel 2012

**DERDEVET Michel**, *L'Europe en panne d'énergie. Pour une politique énergétique commune*, Descartes et Cie, 2009

**De LESTRANGE Cédric, PAILLARD Christophe-Alexandre et ZELENKO Pierre**, *Géopolitique du pétrole*, Technip, 2005

**BOY Daniel, BRUGIDOU Mathieu**, *Le débat public, un risque démocratique ? - L'exemple de la mobilisation autour d'une ligne à très haute tension*, Tec et Doc Lavoisier, 2008

**BARTHE Yannick**, *Le pouvoir d'indécision ; la mise en politique des déchets nucléaires*, Editions Economica, 2006

**CHATELIER Michel, CRIQUI Patrick, HEUER Daniel, HUET Sylvestre**, *Nucléaire : quels scénarios pour le futur ? La Ville Brûle*, 2012

**CRIQUI Patrick, FARACO Benoît, GRANDJEAN Alain**, *Les États et le carbone*, PUF, 2009

**IACONA Estelle, TAINE Jean, TAMAIN Bernard**, *Les enjeux de l'énergie, après Fukushima*, collection Univer-Sciences, Dunod, 2012

**Association NégaWatt, Manifeste négaWatt – Réussir la transition énergétique**, Coédition Actes Sud/Colibris, Collection Domaine du possible, 2012

Rapport du Comité de prospective en énergie de l'Académie des sciences présidé par **CANDEL Sébastien et TISSOT Bernard**, Membres de l'Académie des sciences, *La recherche scientifique face aux défis de l'énergie*, Éditions EDP Sciences, 2012

### Liste des personnalités entendues en 2011-2012

**Christian N'GO**, ancien directeur scientifique auprès du Haut commissaire à l'énergie atomique – intervention devant le Cercle « *Energie et société : choisir entre ce dont on a envie et ce qui est possible* » du 10 mars 2011

**Patrick CRIQUI**, directeur du laboratoire d'économie du développement durable et de l'énergie (Lepii-EDEN, CNRS-université de Grenoble) – Paroles de Chercheurs « *Après Fukushima, retour sur la prospective énergétique mondiale* » du 5 avril 2011

**Arthur JOBERT**, chercheur au Groupe de recherches Energie Technologie et Société (GRETS) d'EDF-R&D – intervention devant le Cercle « *Comment appréhender les formes et les lieux des débats sur l'énergie ? Quelques éclairages des sciences sociales* » du 23 novembre 2011

**Mathieu BRUGIDOU**, chercheur senior au Groupe de recherches Energie Technologie et Société (GRETS) d'EDF-R&D – intervention devant le Cercle « *Comment appréhender les formes et les lieux des débats sur l'énergie ? Quelques éclairages des sciences sociales* » du 23 novembre 2011 ; atelier de réflexion « *Quelles stratégies énergétiques face aux risques et aux incertitudes ?* » du 15 mai 2012

**Michèle PAPPALARDO**, conseiller maître à la Cour des Comptes, rapporteure du rapport public thématique sur les coûts de la filière nucléaire – Paroles de Chercheurs « *Quelles énergies pour demain, quelle place pour le nucléaire ?* » du 16 février 2012

**Jacques PERCEBOIS**, professeur à l'université de Montpellier, directeur du Centre de recherche en économie et droit de l'énergie, président de la commission Energies 2050 - Paroles de Chercheurs « *Quelles énergies pour demain, quelle place pour le nucléaire ?* » du 16 février 2012

**Bernard BIGOT**, administrateur général du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) – atelier de réflexion « *Quelles stratégies énergétiques face aux risques et aux incertitudes ?* » du 15 mai 2012

**Michel DERDEVET**, directeur de la communication et des affaires publiques de RTE, maître de conférences à l'Institut d'Etudes Politiques de Paris, membre de l'association Culture Economie Défense (CED) et de sa Task force « Intelligence stratégique et défis énergétiques » – atelier de réflexion « *Quelles stratégies énergétiques face aux risques et aux incertitudes ?* » du 15 mai 2012

**Didier JULIENNE**, stratège des ressources naturelles – atelier de réflexion « *Quelles stratégies énergétiques face aux risques et aux incertitudes ?* » du 15 mai 2012

**François KALAYDJIAN**, directeur adjoint du Centre de résultats ressource, IFP Energies nouvelles (IFPEN) ; auditeur IHEST, promotion Claude Lévi-Strauss 2009-2010 - atelier

de réflexion « *Quelles stratégies énergétiques face aux risques et aux incertitudes ?* » du 15 mai 2012

**Jon LAMBE**, conseiller Climat et Energie à l'Ambassade de Grande-Bretagne en France – atelier de réflexion « *Quelles stratégies énergétiques face aux risques et aux incertitudes ?* » du 15 mai 2012

**Claude MANDIL**, ancien directeur général de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), vice-président de la commission Energies 2050 – atelier de réflexion « *Quelles stratégies énergétiques face aux risques et aux incertitudes ?* » du 15 mai 2012

**François MOISAN**, directeur scientifique et directeur exécutif stratégie recherche international à l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) – atelier de réflexion « *Quelles stratégies énergétiques face aux risques et aux incertitudes ?* » du 15 mai 2012

**Babette NIEDER**, conseillère en charge de l'énergie et de l'innovation de la ville d'Herten (Allemagne) – atelier de réflexion « *Quelles stratégies énergétiques face aux risques et aux incertitudes ?* » du 15 mai 2012

**Claude-Alexandre PAILLARD**, directeur de recherche à l'Institut Choiseul, administrateur de l'association Culture Economie Défense (CED) et responsable de sa Task force « Intelligence stratégique et défis énergétiques » – atelier de réflexion « *Quelles stratégies énergétiques face aux risques et aux incertitudes ?* » du 15 mai 2012

**Thomas WRIESSNIG**, ministre, directeur du service économique de l'Ambassade d'Allemagne en France – atelier de réflexion « *Quelles stratégies énergétiques face aux risques et aux incertitudes ?* » du 15 mai 2012

**Yannick BARTHE**, chercheur au Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Centre de sociologie de l'innovation, Ecole des mines de Paris (Mines-ParisTech) - session 11 « *Défense, énergie, santé : Enjeux et débats pour la filière nucléaire* » des 23-25 mai 2012, cycle national 2011/2012

**Sylvain DAVID**, chercheur au Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Institut de Physique nucléaire d'Orsay - session 11 « *Défense, énergie, santé : Enjeux et débats pour la filière nucléaire* » des 23-25 mai 2012, cycle national 2011/2012

**Romain GARCIER**, maître de conférences à l'Ecole normale supérieure de Lyon - session 11 « *Défense, énergie, santé : Enjeux et débats pour la filière nucléaire* » des 23-25 mai 2012, cycle national 2011/2012

**Martial JOREL**, directeur du management des connaissances, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) - session 11 « *Défense, énergie, santé : Enjeux et débats pour la filière nucléaire* » des 23-25 mai 2012, cycle national 2011/2012

### **Les cercles de l'Institut des hautes études pour la science et la technologie (IHEST)**

Créés officiellement en septembre 2010, les cercles de l'IHEST sont des collectifs de réflexion et d'action missionnés par l'IHEST.

À la fois laboratoires d'idées et plateformes d'échanges d'expertise dans le domaine des relations science-société, ils contribuent à dégager une meilleure intelligence de ces relations et des débats qui les accompagnent. Ils en clarifient les termes techniques et symboliques et en apportent une pédagogie lisible.

Leur activité relève de la réflexion partagée et de sa promotion ; de la facilitation des échanges et de la mise en réseau des acteurs ; de la création de ressources et de projets. Ils le font dans l'esprit de l'IHEST en croisant les regards de représentants issus de multiples secteurs de la société.

Ils s'inscrivent dans une démarche d'animation du vivier des anciens auditeurs et de valorisation de leur expertise. Ils alimentent leurs réflexions ainsi que celles de l'IHEST et de ses partenaires, en particulier les décideurs publics et privés d'aujourd'hui et de demain, les collectivités et élus, les enseignants et médiateurs. Ils suscitent la création de ressources partagées pour l'IHEST et ses diverses activités.

#### **Les membres du cercle « Quelle énergie pour quelle société ? »**

##### **Le comité de pilotage :**

La directrice de l'IHEST : **Marie-Françoise Chevallier-Le Guyader** ;

Anciens auditeurs : **Jean-Marie Bouchereau** (ADEME),

**Christian Guyard** (journaliste),

**Elisabeth Robert-Gnansia** (GDF Suez) ;

Personnalités extérieures : **Etienne Beeker** (Centre d'analyse stratégique),

**Didier Hoffschir** (MESR),

**Claire Kerboul** (CNE<sup>2</sup>),

**Jacques Varet** (BRGM).

Les membres :

**Bernard Bonin** (CEA),

**Frédéric Bordry** (CERN),

**Marie-Claire Cailleteud** (EDF),

**Pascal Chaix** (CEA),

**Johann Collot** (Université de Grenoble),

**Oscar d'Almeida** (SAGEM Défense Sécurité),

**Laurent Denys** (Eurotunnel),

**Dominique Fernier** (IFSTTAR),

**Nathalie Girault** (TOTAL),

**François Houllier** (INRA),

**François Kalaydjian** (IFP Energies nouvelles),

**Denis Limouzin** (CEA),

**Hervé Moulinier** (Thales),

**André Pény** (RATP),

**Philippe Rouault** (Air Liquide),

**Marie-Hélène Tusseau-Vuillemin** (Ifremer),

**Eric Vindimian** (Irstea).

Animateurs :

**Paul Maitre**, INSTN, conseiller de l'IHEST

**Catherine Véglio-Boileau**, IHEST