

RAPPORT

au nom de

L'OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES

Sur

LE TOURNANT ÉNERGÉTIQUE ALLEMAND : QUELS ENSEIGNEMENTS POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE FRANÇAISE ?

PAR

M. Jean-Yves LE DÉAUT, député, et M. Bruno SIDO, sénateur

Tome I : Compte rendu de l'audition publique du 25 septembre 2014

TOME I

Déposé sur le Bureau de l'Assemblée nationale

par M. Jean-Yves LE DÉAUT,

Président de l'Office

Déposé sur le Bureau du Sénat

par M. Bruno SIDO,

Premier Vice-président de l'Office

Composition de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Président

M. Jean-Yves LE DÉAUT, député

Premier Vice-président

M. Bruno SIDO, sénateur

Vice-présidents

M. Christian BATAILLE, député

Mme Anne-Yvonne LE DAIN, députée

M. Jean-Sébastien VIALATTE, député

M. Roland COURTEAU, sénateur

M. Christian NAMY, sénateur

Mme Catherine PROCACCIA, sénatrice

DÉPUTÉS

M. Gérard BAPT
M. Denis BAUPIN
M. Alain CLAEYS
M. Claude de GANAY
Mme Anne GROMMERCH
Mme Françoise GUÉGOT
M. Patrick HETZEL
M. Laurent KALINOWSKI
M. Alain MARTY
M. Philippe NAUCHE
Mme Maud OLIVIER
Mme Dominique ORLIAC
M. Bertrand PANCHER
M. Jean-Louis TOURAINE

SÉNATEURS

M. Gilbert BARBIER
Mme Delphine BATAILLE
M. Michel BERSON
Mme Marie-Christine BLANDIN
M. François COMMEINHES
Mme Dominique GILLOT
Mme Brigitte GONTHIER-MAURIN
M. Alain HOUPERT
Mme Fabienne KELLER
M. Jean-Pierre LELEUX
M. Gérard LONGUET
M. Jean-Pierre MASSERET
M. Pierre MÉDEVIELLE
M. Daniel RAOUL

SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
INTRODUCTION	9
M. Bruno Sido, sénateur, président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST)	9
PREMIÈRE TABLE RONDE - LE TOURNANT ÉNERGÉTIQUE ALLEMAND : OBJECTIFS, DIFFICULTÉS, RÉFORMES	13
M. Graham Weale, économiste en chef, RWE	13
M. Volker Stehmann, conseiller aux politiques énergétiques, RWE.....	16
M. Michel Cruciani, chargé de mission au centre de géopolitique de l'énergie et des matières premières (cgemp), université paris-dauphine - <i>Le développement rapide des énergies éolienne et photovoltaïque</i>	21
Mme Mélanie Persem, directrice de l'office franco-allemand pour les énergies renouvelables - <i>L'évolution réglementaire des systèmes de soutien aux énergies renouvelables en Allemagne</i>	24
M. Dimitri Pescia, associé senior, Institut Agora Energiewende - <i>Les défis à moyen terme de la décarbonisation du système électrique</i>	28
M. Etienne Beeker, Département développement durable, France Stratégie - « <i>Energiewende</i> » : <i>le cavalier seul ?</i>	33
M. Christophe Schramm, expert du pôle énergie, Terra Nova - <i>La transition énergétique allemande est-elle soutenable ?</i>	36
M. Corentin Sivy, expert du pôle énergie, Terra Nova.....	39
M. Jean-Claude Perraudin, conseiller à l'énergie atomique et aux énergies alternatives à l'Ambassade de France à Berlin, CEA - <i>Retour d'expérience de l'energiewende : l'importance de l'innovation technologique dans la programmation des stratégies énergétiques futures</i>	40
Mme Célia Gautier, responsable des politiques européennes, Réseau Action Climat France (RAC-F) - <i>Les idées reçues sur l'energiewende</i>	43
SECONDE TABLE RONDE - QUELS ENSEIGNEMENTS POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE FRANÇAISE ?	51
M. Jean-Paul Bouttes, directeur de la stratégie et de la prospective, EDF	51
M. Édouard Sauvage, directeur de la stratégie, GDF SUEZ.....	55

M. Hervé Mignon, directeur économie, prospective et transparence, RTE - <i>Les enseignements du tournant énergétique allemand : le point de vue de rte</i>	58
M. Jacques Gérard, directeur des affaires publiques d'AREVA - <i>L'impératif de prendre en compte les aspects socio-économiques dans la transition énergétique française</i>	62
M. François Moisan, directeur exécutif stratégie, recherche et international de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) - <i>Les objectifs de maîtrise des consommations et de production d'énergies renouvelables de la transition énergétique en France au regard de l'expérience allemande</i>	64
Mme Emmanuelle Carpentier, directeur des affaires publiques et des affaires réglementaires d'E.ON France - <i>La soutenabilité de la transition énergétique pour la collectivité</i>	66
M. Jacques Percebois, professeur à l'Université de Montpellier 1 - <i>L'expérience allemande : deux idées, l'une à conserver, l'autre à rejeter</i>	69
M. François Lévêque, professeur d'économie (Mines Paristech) - <i>Calendrier et pilotage de la durée de vie des centrales nucléaires</i>	71
M. Olivier Baud, président de l'entreprise Energy Pool - <i>La modulation électrique des gros consommateurs comme outil de compétitivité au service de la transition énergétique</i>	72
Mme Maryse Arditi, pilote du réseau énergie de France Nature Environnement (FNE) - <i>La volonté, l'efficacité et les citoyens</i>	74
CONTRIBUTION	81
M. Jean-Yves Le Déaut, député, premier vice-président de l'OPECST	81
ANNEXE - PROGRAMME DE L'AUDITION PUBLIQUE	85

NB : Les soulignements et les caractères en gras sont le fait du secrétariat de l'Office ; les premiers marquent le début d'un développement relatif à un thème particulier tandis que les seconds mettent en valeur un propos particulièrement remarqué.

Les comptes rendus des interventions ont été validés par leurs auteurs.

L'Office parlementaire a organisé, à mon initiative, une audition publique, ouverte à la presse, sur le tournant énergétique allemand et ses enseignements pour la transition énergétique française.

Cette audition s'est déroulée au Sénat, en salle Médicis, quelques jours avant le renouvellement sénatorial. Cet inconvénient de calendrier fut partiellement compensé par la diffusion de l'audition le jour même de sa tenue sur la chaîne Public Sénat et sur le site Internet du Sénat.

J'avais souhaité, en effet, réunir rapidement, avant la discussion du **projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte** à l'Assemblée nationale au mois d'octobre et qui doit intervenir au début de l'année 2015 au Sénat, un certain nombre de personnalités, acteurs et experts, français et allemands, susceptibles de nous éclairer sur les enseignements à tirer de l'expérience allemande.

Pourquoi diriger les projecteurs spécifiquement sur l'Allemagne ? Parce que la comparaison avec ce pays est souvent invoquée lorsqu'il est question de transition énergétique. L'Allemagne fait figure tantôt de modèle, tantôt d'épouvantail, mais le chemin suivi par ce pays est rarement l'objet d'une analyse détaillée, au-delà de l'invocation de principe.

De ce point de vue, l'audition de ce jour a permis d'éclaircir un certain nombre de points. Les intervenants réunis, de grande qualité, nous ont communiqué **des éléments factuels et nuancés, provenant de sources diversifiées**. Ces éléments sont retranscrits dans le présent document, y compris les schémas et graphiques projetés sur écran qui figurent dans le second tome.

Les auditions publiques de l'OPECST constituent, à mon sens, un outil à disposition de tous, destiné à enrichir les futurs travaux.

C'est pourquoi il n'est pas question de tirer aujourd'hui de conclusions définitives sur le tournant énergétique allemand, mais simplement **d'ouvrir le débat, en attirant l'attention sur quelques points** particulièrement remarquables, évoqués au cours de l'audition.

En premier lieu, tous les intervenants se sont accordés pour constater que la décision de fermeture des centrales nucléaires allemandes, prise en 2011, s'est accompagnée d'une **croissance considérable de la production d'énergies renouvelables, en particulier éolienne et solaire photovoltaïque.**

25 % de l'énergie produite en Allemagne l'est aujourd'hui à partir de sources renouvelables. L'objectif de 35 % en 2020 sera probablement dépassé. L'essor de ces énergies a permis, dans un premier temps, de créer près de **400 000 emplois**, chiffre qui ne tient toutefois pas compte des destructions et délocalisations concomitantes, puisque, par exemple, à l'heure actuelle, **80 % des panneaux photovoltaïques installés en Allemagne proviennent de Chine.**

Par ailleurs, les **efforts réalisés pour réduire la consommation d'énergie** sont très importants, même si ces efforts concernent davantage le secteur du bâtiment que celui des transports, qui reste à la traîne dans ce tournant énergétique.

Quelles sont les conséquences de ces évolutions ?

Le tournant énergétique a eu des effets importants, et bien connus, sur **les prix de l'électricité. Les prix de gros ont diminué**, en raison de l'arrivée massive sur le réseau d'une électricité subventionnée, de coût marginal quasi nul, disposant d'un accès prioritaire. **Ces prix de détail ont fortement augmenté, pour les ménages et les petites entreprises**, du fait de la hausse du prélèvement sur les énergies renouvelables prévu par la loi allemande. Le coût de ce prélèvement pour le consommateur est aujourd'hui

supérieur à celui de l'électricité produite, entraînant un **accroissement de la précarité énergétique**.

Par ailleurs, le tournant énergétique implique de gérer de fortes fluctuations de la production, dans un contexte défavorable au nucléaire et au gaz. **En effet, le charbon est devenu plus compétitif que le gaz**, d'autant que l'Allemagne dispose de réserves importantes de lignite et que le prix du carbone est bas. Une partie des centrales électriques ferment, en particulier des centrales à cycle combiné gaz de haute technologie, tandis que la production d'électricité à partir de charbon demeure stable.

En conséquence, **les émissions de CO₂ du parc électrique allemand n'ont pas diminué** mais se sont stabilisées, et l'objectif que l'Allemagne s'est fixé pour 2020 dans ce domaine semble avoir peu de chances d'être atteint.

La fermeture de capacités thermiques crée **un risque pour la sécurité d'approvisionnement**, qui se matérialise, dès à présent, par des fluctuations de tension ou de fréquence, qui peuvent être dommageables aux industriels.

Enfin, les évolutions du parc électrique allemand nécessitent une **coûteuse modification de la répartition des réseaux et une densification de ceux-ci**, notamment pour gérer les pics de production, dont les effets s'étendent aux pays voisins de l'Allemagne. Dans les dix ans qui viennent, l'Allemagne devra investir soixante milliards d'euros dans ses réseaux.

Quels enseignements tirer de ces constats ?

La question des modalités de soutien aux énergies renouvelables est cruciale. D'ailleurs, la loi allemande sur les énergies renouvelables a été récemment modifiée sur ce point. Un système de vente directe (avec prime) de ces énergies sur le marché est progressivement introduit. Le mécanisme de l'appel d'offres est privilégié pour la détermination des niveaux de soutien. Des marchés de capacité pourraient être introduits.

Par ailleurs, **une loi de 2011 est venue accélérer les procédures d'extension des réseaux**. Son objectif est de parvenir à une réduction des délais administratifs de construction de ceux-ci de dix ans à quatre ans. C'est une question clef, si l'on veut parvenir à faire évoluer les réseaux aussi rapidement que la production électrique.

D'autres réponses aux évolutions du système électrique doivent être encouragées, notamment une **gestion active de la demande** et la conception de dispositifs de **stockage de l'électricité**. Au-delà des enjeux financiers, la transition énergétique est d'abord un **défi d'ordre scientifique et technologique**, à relever en soutenant la recherche dans les domaines de la production d'énergie et de la gestion de l'offre et de la demande.

Enfin, **l'aspect financier de la transition énergétique** ne doit pas être négligé. L'Allemagne dispose d'une banque publique, la KfW, qui joue un rôle clef, en finançant de nombreux projets à des taux très bas, notamment dans le bâtiment, très au-delà ce que fait, en France, la Banque publique d'investissement (BPI).

En conclusion, **la France et l'Allemagne ont en commun de vouloir réaliser une transition énergétique, tout en comptant sur leurs atouts naturels et historiques respectifs : le charbon pour l'Allemagne, le nucléaire pour la France**. Cette situation peut paraître **paradoxe**, puisque l'on parle de « transition », mais elle paraît **difficilement évitable**, tant que la recherche scientifique n'apporte pas d'autres réponses durables et financièrement abordables.

Bruno SIDO

Président de l'Office Parlementaire
d'Évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques

**AUDITION PUBLIQUE, OUVERTE À LA PRESSE, SUR
« LE TOURNANT ÉNERGÉTIQUE ALLEMAND :
QUELS ENSEIGNEMENTS POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE
FRANÇAISE ? »**

Compte rendu de l'audition publique du 25 septembre 2014

INTRODUCTION

M. Bruno Sido, sénateur, président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST)

Le Gouvernement a déposé, le 30 juillet 2014, un projet de loi « *relatif à la transition énergétique pour la croissance verte* », dont les objectifs ont récemment été qualifiés par le Président de la République de « *grande cause nationale* ».

Actuellement examiné à l'Assemblée nationale par une commission spéciale, dotée de cinq rapporteurs, ce projet de loi doit être très prochainement débattu en séance plénière par les députés. Puis il sera examiné au Sénat, après le renouvellement de la moitié des sénateurs à la suite des élections de dimanche prochain.

Dans ce contexte, **j'ai souhaité que l'Office parlementaire, qui est constitué de dix-huit députés et de dix-huit sénateurs, puisse apporter sa contribution à la réflexion, en analysant les enseignements à tirer de l'expérience récente de l'Allemagne en matière de transition énergétique.**

Ce faisant, l'Office poursuit un travail engagé par lui de longue date sur les thèmes en lien avec la transition énergétique.

Il y a un an, je présentais, en effet, avec le Premier vice-président de l'Office, le député Jean-Yves Le Déaut, un rapport de synthèse sur ce sujet, destiné à alimenter le débat national sur la transition énergétique. Ce rapport, intitulé « *La transition énergétique à l'aune de l'innovation et de la décentralisation* », a rappelé **la priorité accordée par l'Office parlementaire à la lutte contre les changements climatiques et à la réalisation d'économies d'énergie dans le secteur du bâtiment**. Par ailleurs, il a appelé l'attention sur la difficulté de réussir la transition énergétique sans que soit accompli un effort majeur dans le domaine de l'innovation technologique, invitant à envisager un calendrier suffisamment réaliste pour tenir compte de cette nécessité.

Sur ces sujets, quelles sont les leçons à tirer de l'expérience allemande ?

L'Allemagne a adopté, en 2011, une nouvelle stratégie énergétique, qualifiée de « tournant », en décidant d'abandonner rapidement la production d'électricité d'origine nucléaire, tout en maintenant des objectifs ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre, grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique et au développement des énergies renouvelables.

Aujourd'hui, **la comparaison avec l'Allemagne est souvent invoquée en France**, dans un sens ou l'autre, lorsqu'il est question de la transition énergétique, mais, en réalité, elle est **très rarement analysée** dans le détail, à partir de faits et chiffres vérifiables.

C'est pour cette raison que j'ai souhaité réunir ce matin un certain nombre d'experts et d'acteurs de haut niveau du secteur énergétique, qui soient en mesure de nous informer des progrès réalisés et des difficultés rencontrées dans les faits.

Cet éclairage sera d'autant plus utile que **la coopération énergétique entre la France et l'Allemagne est aujourd'hui jugée insuffisante**. D'ailleurs, une représentante de la Commission européenne l'a souligné la semaine dernière lors d'une audition à l'Assemblée nationale, regrettant que les deux pays se soient insuffisamment concertés sur les réformes respectives de leurs stratégies énergétiques.

Vous l'avez compris, **cette audition publique est conçue comme un outil à disposition des parlementaires, destiné à enrichir les futurs débats**.

Un grand nombre de nos collègues n'ont pu se rendre disponibles aujourd'hui : les députés, car l'examen du projet de loi sur la transition énergétique par la commission spéciale est en cours ce matin même ; et les sénateurs, car beaucoup sont mobilisés dans leur département par la très prochaine échéance électorale de dimanche.

Néanmoins, les interventions et débats de ce matin seront portés à la connaissance de tous dans les plus brefs délais. **En effet, l'intégralité des débats sera consultable en vidéo sur le site Internet du Sénat à la page de l'OPECST**. Par ailleurs, **l'audition sera diffusée aujourd'hui et demain sur la chaîne Public Sénat**. Enfin, **cette audition sera publiée sous la forme d'un rapport de l'Office parlementaire** incluant les schémas et graphiques illustrant vos présentations.

Je tiens à remercier très vivement tous les intervenants qui ont répondu présent ce matin. Ils sont nombreux et certains viennent de loin pour nous prodiguer cet éclairage indispensable à notre propre réflexion.

Je vais dès maintenant leur laisser la parole, car le programme de notre matinée est dense.

Je rappellerai rapidement les règles du jeu des deux tables rondes, qui ont déjà été indiquées à chacune et chacun d'entre vous : après avoir entendu ceux que nous avons appelé les « grands témoins », le temps de parole sera limité à **huit minutes par intervention**, afin de préserver **un temps de débat à l'issue des tables rondes**.

Pour chaque table ronde, les deux « grands témoins » qui s'exprimeront en premier sont des acteurs du secteur énergétique, qui poseront ensuite éventuellement aux autres intervenants les questions que suscite leur expérience du sujet. Je les remercie tout particulièrement pour le rôle essentiel qu'ils ont accepté de jouer ce matin.

**PREMIÈRE TABLE RONDE -
LE TOURNANT ÉNERGÉTIQUE ALLEMAND : OBJECTIFS,
DIFFICULTÉS, RÉFORMES**

M. Bruno Sido

M. Graham Weale, M. Volker Stehmann, vous représentez l'entreprise RWE, l'un des principaux producteurs d'électricité en Allemagne. Quelles ont été les principales étapes du tournant énergétique allemand, et quels en sont les résultats à ce jour ? Je vous remercie de nous exposer très librement le regard critique que vous portez sur cette évolution.

M. Graham Weale, économiste en chef, RWE

M. Volker Stehmann et moi-même sommes très honorés d'intervenir en qualité de grands témoins à cette table ronde et vous en remercions très sincèrement.

Cette semaine semble propice aux échanges entre Français et Allemands. Votre Premier ministre a passé deux jours à Berlin pour évoquer les questions économiques et budgétaires avec la Chancelière allemande et ses ministres. Aujourd'hui, nous dialoguons sur le tournant énergétique allemand. Nous souhaiterions que de tels échanges soient plus fréquents, ce qui contribuerait certainement à une politique de l'énergie plus efficace en Europe.

Nous sommes à votre disposition pour vous aider à mieux comprendre les faits et les résultats de ce tournant énergétique, ou *Energiewende*, comme nous l'appelons, en allemand.

Au préalable, une clarification est nécessaire :

- En premier lieu, il n'est pas dans nos intentions de juger du succès ou de l'échec de ce programme. **Les gros électriciens, comme RWE, ont beaucoup souffert et ont, par conséquent, un point de vue critique.** Les partisans d'une politique de l'énergie plus « verte » le considèrent, en revanche, comme un grand succès, puisque plus de **25 % de l'électricité produite l'est aujourd'hui à partir de sources renouvelables.**
- En second lieu, le tournant ne s'est pas déroulé dans un laboratoire isolé. Pendant la transition, qui a commencé en 2000, le monde entier, et en particulier l'Europe, a souffert de la plus grande récession subie depuis presque un siècle. Dès lors, certains effets du tournant énergétique sont difficiles à distinguer

de ceux de l'environnement économique. Sans celle-ci, les électriciens auraient moins souffert, mais les défis de la transition auraient été plus difficiles à surmonter, à cause d'une marge de capacité de production plus étroite. En outre, **la fermeture de huit centrales nucléaires, décidée en 2011, n'a été possible que parce que l'Allemagne appartenait au marché commun de l'électricité** et parce que les autres membres de ce marché, notamment la France, n'ont pas pris de décisions similaires.

Notre présentation sera divisée en quatre parties :

- les principales décisions prises dans le cadre du tournant énergétique au cours des années récentes ;
- les résultats de ce tournant, que nous présenterons de la façon la plus objective possible ;
- les réformes annoncées récemment ;
- enfin, les choix inhérents à une telle transition et ses conséquences vraisemblables.

Les principaux caps politiques franchis dans le cadre du tournant énergétique

Bien que **l'expression « tournant énergétique » soit utilisée beaucoup plus souvent depuis 2011, elle trouve ses origines dans les années 1970**, lorsqu'il a été envisagé, pour la première fois, aux États-Unis, de remplacer les combustibles fossiles et l'uranium par des sources renouvelables.

Sur notre premier tableau (planche n° 3 en annexe), nous voyons que les décisions de construction des centrales nucléaires ont été prises dans les années 1970, par un gouvernement de centre-gauche. Toutefois, la société allemande n'a jamais été à l'aise avec cette technologie, ce qui a conduit, notamment, à la formation du parti Vert.

Quelques années plus tard, en 1991, la coalition de centre-droit a introduit une première loi pour subventionner la production d'électricité renouvelable, répondant ainsi au désir de remplacer l'énergie conventionnelle « pas à pas ».

Le parti Vert a continué à progresser. En 1998, pour la première fois, l'Allemagne était gouvernée par une coalition nationale Rouge-Vert. L'une des priorités de cette coalition fut de fermer les centrales nucléaires et d'accélérer l'essor des énergies renouvelables. Le subventionnement de la production d'électricité renouvelable a été renforcé par une nouvelle loi en 2000. À l'époque, les députés allemands estimaient que ces énergies ne coûteraient pas plus de 600 millions d'euros par an. Or leur coût s'élève, à l'heure actuelle, à presque 24 milliards d'euros par an.

Un accord a été conclu en 2000 avec les électriciens pour limiter la production de chaque centrale à une valeur particulière, correspondant à une durée de vie des centrales de trente-deux ans.

Le tournant énergétique a donc commencé en 2000-2001.

Ce plan n'incluait pas d'instrument spécifique en vue de la réduction des émissions de CO₂.

En 2009, en application de la directive européenne sur les énergies renouvelables, le Gouvernement a relevé son objectif, en fixant à 35 % la part de la consommation finale d'électricité devant provenir de sources renouvelables en 2020.

En 2010, le plan de limitation de la production nucléaire adopté en 2000 a été interrompu pour une courte période par la décision de prolonger de quatre à huit ans la durée de vie des centrales nucléaires.

À la suite de la catastrophe de Fukushima, en mars 2011, l'énergie nucléaire a perdu soudainement et complètement le consentement de la population. Le Gouvernement n'est alors pas simplement revenu à son plan original de fermeture des centrales nucléaires. Il a ordonné la fermeture immédiate de huit centrales disposant d'une capacité de huit gigawatts.

La plupart des résultats observables aujourd'hui trouvent leur origine dans les années 2000-2001 et non pas en 2011.

Après l'accident de Fukushima, le Gouvernement a introduit des objectifs additionnels dont les plus importants apparaissent dans le tableau figurant dans notre présentation (planche n° 4).

Ces objectifs peuvent être répartis en sept groupes :

- **Réduction des émissions de CO₂ de 40 % entre 1990 et 2020 :** aucun instrument spécifique n'a été mis en place pour atteindre cet **objectif qui est très difficile à réaliser**, en raison des fermetures de centrales nucléaires et du prix bas du charbon par rapport au gaz.
- **Augmentation de la part des énergies renouvelables :** c'est la partie du plan de 2011 qui fonctionne le mieux, sauf pour l'éolien *offshore*. La part des énergies renouvelables dans la production d'électricité a beaucoup augmenté. **L'objectif de 35 % en 2020 sera dépassé.** Toutefois, l'éolien *offshore* se heurte à des difficultés car, pour des raisons environnementales, les unités sont installées à distance des côtes, à des emplacements où la mer est très profonde.
- **Réduction de la consommation d'énergie primaire et de la consommation d'électricité :** l'objectif fixé est très ambitieux, même pour l'Allemagne qui poursuit depuis longtemps une **politique d'efficacité énergétique sophistiquée.** Toutefois, on

peut se demander si la réduction de la consommation d'électricité est vraiment justifiée puisque l'électricité doit jouer un rôle clef dans le tournant énergétique.

- **Réduction de la consommation d'énergie dans les transports :** deux mesures ont été prises à cette fin. **Les progrès sont faibles**, ce qui peut être expliqué par le manque d'incitations.
- **Extension du réseau de haute tension :** cet aspect, essentiel à la réalisation du tournant énergétique, est l'un des plus problématiques, faute de consentement de la population. Le Gouvernement a procédé à des modifications législatives. Il est maintenant plus optimiste quant à la réalisation de son programme dans les délais prévus.
- **Maintien de la sécurité d'approvisionnement :** si la sécurité est satisfaisante du point de vue du nombre de minutes de non disponibilité par an, elle s'est un peu dégradée en termes de fluctuations de tension ou de fréquence. De plus, les opérateurs des systèmes de transmission doivent intervenir beaucoup plus souvent qu'avant la fermeture des huit centrales nucléaires, pour maintenir la stabilité du système.
- **Le prélèvement en faveur du développement des énergies renouvelables s'élève presque au double du montant fixé** comme objectif il y a trois ans.

M. Volker Stehmann, conseiller aux politiques énergétiques, RWE

Les impacts économiques et commerciaux du tournant énergétique allemand

Nous constatons une **croissance considérable des énergies renouvelables au sein de la production électrique** depuis le début du siècle. Cette croissance fut d'abord lente, puis, à partir de 2006, plus rapide. La décision de fermer les centrales nucléaires en 2011 a provoqué une nouvelle accélération de cette évolution.

Cette augmentation de la production d'énergies renouvelables compense, en premier lieu, la baisse de la production nucléaire.

À la suite de la baisse des prix sur le marché de gros (planche n° 6), la production électrique à partir de gaz a également diminué, contrairement aux attentes du marché.

En revanche, la production d'électricité à partir de charbon demeure stable en volume.

Les émissions de CO₂ du parc électrique allemand se sont stabilisées.

Depuis 2008, **les prix de gros sur le marché électrique ont considérablement baissé en Europe continentale.** Cette évolution n'est pas limitée aux frontières allemandes mais touche également les pays voisins, notamment la France. D'où provient cette baisse ? Nous pensons que l'augmentation de la part des énergies renouvelables est l'une des raisons majeures de cette évolution. Cette augmentation a largement dépassé les attentes du marché, au moment où la récession faisait baisser la demande. **La faiblesse du prix du CO₂ en Europe et du prix du charbon au niveau mondial** a également contribué à cette baisse. Dans l'attente d'une perspective de marché plus positive, il y a dix ans, les groupes électriques ont beaucoup investi dans de nouvelles centrales, ce qui a conduit à une **surcapacité** qui, elle aussi, pèse sur les prix.

La forte **croissance de l'énergie photovoltaïque** n'a pas seulement un impact sur les prix de gros mais aussi, et plus fortement encore, sur les prix de pointe. Ceci pose un problème supplémentaire aux centrales à gaz. Aujourd'hui, **l'électricité en Allemagne se vend entre 30 € et 40 € par mégawattheure, ce qui ne représente que la moitié de ses coûts marginaux à long terme**, c'est-à-dire du prix qui permettrait la construction de nouvelles centrales électriques.

Du fait de cette baisse de prix, les électriciens sont contraints de fermer un certain nombre de centrales électriques. S'agissant du parc de production de RWE : une partie de nos centrales gagne de l'argent, une autre partie gagne son coût variable ; en revanche, en produisant de l'électricité, le reste « brûle » de l'argent, ce qu'aucune entreprise ne peut se permettre. RWE a décidé de fermer plusieurs gigawatts de capacité à titre transitoire ou définitif. Les centrales fermées se trouvent en Allemagne mais aussi aux Pays-Bas. Ce sont tant des centrales à charbon que des centrales à gaz.

RWE n'étant pas la seule entreprise dans cette situation, **la sécurité d'approvisionnement en souffrira à moyen terme.**

Voilà une des raisons pour lesquelles l'Allemagne envisage, elle aussi, l'introduction de marchés de capacité. Le secteur électrique allemand, par l'intermédiaire de son association BDEW¹, soutient la mise en place d'un marché de capacité similaire à celui en projet en France, car nous considérons que ce type de marché peut garantir la sécurité d'approvisionnement au meilleur coût.

En février 2014, les gouvernements français et allemand ont décidé de coopérer plus étroitement dans le domaine énergétique. Par la suite, avec nos collègues de l'Union française de l'électricité (UFE), nous, les

¹ *Bundesverband der Energie - und Wasserwirtschaft (fédération des industries de l'énergie et de l'eau).*

électriciens allemands, sommes en train d'examiner les possibilités de mieux coordonner nos approches dans la perspective de l'introduction d'un nouveau cadre de marché pour l'électricité.

J'ai participé, hier, à une conférence organisée par les électriciens allemands et français, à l'invitation de l'ambassade de France à Berlin, sur cette question.

Outre les conséquences « physiques » du tournant énergétique, nous constatons aussi un **phénomène de destruction de valeur pour les compagnies électriques**. La valeur des trois grandes sociétés anonymes sur le marché allemand a baissé de 70 % entre 2007 et 2013.

La baisse des prix de gros, malgré les problèmes qui en résultent pour les électriciens, devrait être une bonne nouvelle pour les consommateurs. Pourtant, **cette baisse est compensée par une augmentation du prélèvement prévu par la loi sur les énergies renouvelables EEG¹**.

Ce prélèvement est passé de 1,5 centime d'euro par kilowattheure en 2009 à plus de 6 centimes d'euro par kilowattheure en 2014. Il représente aujourd'hui, pour le consommateur, un coût supérieur à celui de l'électricité produite.

La surtaxe s'élève à plus de vingt milliards d'euros par an, dont la moitié pour l'énergie photovoltaïque, 20 % pour l'éolien terrestre et environ 25 % pour la biomasse.

Le prélèvement EEG est payé par tous les consommateurs, à l'exception des consommateurs industriels électro-intensifs. La plupart des industriels le paient. L'industrie paie 31 % de cette surtaxe, les commerces, 19 %, les services publics, 12 % et les ménages, 35 %.

En dépit de prix de gros à la baisse, les ménages sont donc confrontés à une augmentation considérable du prix de l'électricité, qui atteint aujourd'hui un niveau de presque 30 centimes par kilowattheure toutes taxes comprises. Cet effet est comparable, bien que moindre, pour les consommateurs industriels non exemptés.

L'augmentation des coûts pour les consommateurs est le motif primordial de la réforme récente de la loi EEG.

L'impact du développement des énergies renouvelables sur l'emploi en Allemagne

L'ancienne coalition Rouge-Vert espérait la création de 500 000 emplois dans ce secteur à l'horizon 2020. L'Allemagne n'a raté cet objectif que de justesse. **En 2011, le secteur embauchait plus**

¹ *Erneuerbare Energien Gesetz (loi sur les énergies renouvelables de 2000, dont la dernière modification est entrée en vigueur le 1^{er} août 2014).*

de 400 000 personnes surtout dans les secteurs éolien, photovoltaïque et de la biomasse.

Ce chiffre ne représente toutefois que la création brute d'emplois. La destruction d'emplois dans d'autres secteurs devrait être déduite pour déterminer l'incidence nette du développement des énergies renouvelables sur l'emploi.

En 2010, les fabricants allemands de panneaux solaires détenaient 20 % du marché mondial. Depuis, cette part a fortement baissé au profit des producteurs asiatiques.

Pour l'éolien, le résultat est beaucoup plus positif. Quatre fabricants allemands détiennent conjointement plus d'un quart du marché mondial.

L'objectif de la réforme récente de la loi sur les énergies renouvelables est de **garantir le caractère abordable de l'électricité** pour le consommateur et de **maintenir la sécurité d'approvisionnement, sans pour autant freiner le développement des énergies renouvelables**.

Concrètement, l'objectif en volume reste presque inchangé. La part des énergies renouvelables devra se situer entre 40 % et 45 % de la consommation électrique en 2025 puis entre 55 % et 60 % de la consommation électrique en 2035.

Ce parcours devra se faire à un coût limité. L'objectif est donc de réduire le coût moyen du kilowattheure renouvelable de 17 à 12 centimes avant 2020.

Chaque technologie est dotée d'objectifs d'expansion particuliers : l'éolien terrestre et le photovoltaïque devraient augmenter de 2,5 gigawatts par an. La biomasse est plafonnée à 100 mégawatts par an, ce qui est relativement bas.

En ce qui concerne l'énergie photovoltaïque, le Gouvernement a confirmé le plafond de 52 gigawatts au-delà duquel de nouvelles installations ne devront plus recevoir de tarif de rachat. Un premier pilote d'appel d'offre pour une installation photovoltaïque à grande échelle sera lancé en 2016, pour mieux comprendre les défis liés à cette forme de soutien.

Enfin, les objectifs pour l'éolien *offshore* se voient réduits. Dorénavant, les projets portent sur une capacité de 6,5 gigawatts jusqu'en 2020, 15 gigawatts jusqu'en 2030, ce qui représente la création de deux parcs éoliens par an.

L'expansion est pilotée par ce que nous appelons un « *plafond qui respire* », ce qui signifie que, si une technologie est développée au-delà des limites de son corridor d'expansion, les tarifs d'achats seront ajustés en conséquence.

Pour permettre une meilleure intégration des énergies renouvelables au marché électrique, la loi prévoit une obligation pour les nouvelles

installations, excédant une certaine taille, de vendre l'électricité directement sur le marché. Cette loi, adoptée en juillet, a pris effet le 1^{er} août 2014.

Plutôt que de terminer par un résumé de notre présentation, permettez-moi de décrire, à partir de l'expérience allemande, un certain nombre de choix auxquels un pays réalisant un tournant énergétique est confronté.

La question se pose tout d'abord du **nombre d'objectifs et d'instruments à mettre en œuvre**. Faut-il se concentrer sur le rôle des énergies renouvelables, sur les émissions de CO₂, sur l'efficacité énergétique ou sur ces trois aspects – voire davantage – simultanément ?

Le deuxième choix porte sur les **modalités de soutien aux énergies renouvelables**. Faut-il mettre l'accent sur la capacité (exprimée en mégawatts) ou sur le rendement (exprimé en mégawattheures) ? Comment faire pour promouvoir l'intégration des énergies renouvelables (EnR) dans le marché existant ?

Quel est le **poids de l'économie dans les décisions politiques** ? Par exemple, la composante fixe du prix final doit-elle refléter tous les coûts fixes sur la chaîne d'approvisionnement, ce qui n'est pas le cas actuellement ?

Que peut-on attendre **du marché dit *energy only*** ? Son rôle se limite-t-il à mettre en œuvre une utilisation efficace des installations (*dispatching*) ou introduit-il aussi un prix de la rareté, pour encourager l'investissement et assurer la sécurité d'approvisionnement ?

Les différentes filières ont des réputations différentes d'un pays à l'autre. Blaise Pascal disait : « *Vérité en deçà des Pyrénées, erreur au-delà* ». Aujourd'hui, nous pourrions dire : « *Vérité en deçà du Rhin, erreur au-delà* ».

Comment la volonté de restreindre une source d'énergie, qu'il s'agisse du nucléaire ou du charbon, affectera-t-elle l'utilisation des autres sources nationales d'énergie et les importations ? Comment cette restriction affectera-t-elle les prix, la sécurité d'approvisionnement et l'environnement ? Enfin, quel sera l'impact des objectifs nationaux dans un contexte d'objectifs européens et mondiaux ? Comment les décisions politiques nationales influenceront-elles sur les politiques des autres États membres et de l'Union européenne ?

M. Bruno Sido

Je vous remercie. La parole est maintenant à M. Michel Cruciani.

M. Michel Cruciani, chargé de mission au Centre de géopolitique de l'énergie et des matières premières (CGEMP), Université Paris-Dauphine

Le développement rapide des énergies éolienne et photovoltaïque

Je vous remercie de me donner la possibilité de présenter les travaux réalisés conjointement à l'Université et dans le cadre de l'Institut français des relations internationales (IFRI).

Je reviendrai tout d'abord sur **les objectifs généraux de la politique énergétique allemande**, sans trop m'attarder car ils ont déjà été évoqués.

Le premier groupe d'objectifs concerne l'efficacité énergétique. **Ces objectifs ne semblent pas pouvoir être atteints avant 2020**. De même, le prolongement des tendances actuelles laisse peu d'espoir d'atteindre le second groupe d'objectifs, relatifs aux émissions de CO₂.

En revanche, concernant les énergies renouvelables, **tant l'objectif général, relatif à toutes les consommations, que l'objectif spécifique à la consommation d'électricité, devraient être atteints**.

Ces objectifs relèvent d'une **politique strictement nationale**. Ils ne répondent à aucune contrainte extérieure.

Les objectifs se rapportant à un engagement international, par exemple ceux du protocole de Kyoto s'agissant des émissions de CO₂, ont été atteints et même dépassés. De même, l'objectif de l'Union européenne pour 2020, à savoir une part de 18 % d'énergie d'origine renouvelable dans la consommation, sera atteint. Cet objectif a été repris par le gouvernement allemand.

Ces objectifs ont été fixés en 2010 en contrepartie d'une prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires.

Le véritable virage énergétique consiste à conserver ces objectifs tout en renonçant à l'énergie nucléaire, ce qui a des incidences financières et techniques majeures.

La structure du parc de production (planche n° 3) montre que, si l'on veut progresser en matière d'énergies renouvelables, le recours aux ressources naturelles que sont la géothermie, l'hydraulique et la biomasse, est insuffisant. Ce recours se heurtera rapidement à un plafond, même si l'on accepte d'importer de la biomasse, ce qui est déjà le cas puisque l'objectif, dans ce domaine, est relatif à la consommation plutôt qu'à la production. Politiquement, cette possibilité d'importer est toutefois réduite car elle signifie faire appel à la biomasse en provenance de Russie.

L'essentiel de l'électricité d'origine renouvelable doit être produit à partir des seules sources non limitées que sont les sources éolienne et photovoltaïque. C'est ce qui s'est produit jusqu'en 2013 et ce qui devrait continuer à se produire si les tendances se prolongent, avec deux

conséquences majeures, en lien avec le fait que ces énergies ne sont pas programmables mais intermittentes.

En premier lieu, **il est nécessaire de conserver des sources d'appoint (*backup*), disponibles en permanence, pour les périodes où il n'y a ni vent ni soleil.** En second lieu, **il faut pouvoir assurer l'évacuation de la production lorsqu'elle dépasse les besoins.**

Pour atteindre les objectifs fixés en matière d'électricité d'origine renouvelable, **il faut une surcapacité considérable.** Le facteur de charge, c'est-à-dire le nombre d'heures pendant lesquelles ces unités tournent pendant l'année est très réduit : moins de 10 % de production à pleine puissance pour le photovoltaïque, moins de 25 % pour l'éolien. Cela signifie que pour obtenir une quantité importante d'énergie, il faut une capacité très importante d'équipements fixes, et donc une surcapacité considérable à certains moments.

Comment combler le manque pendant les périodes d'insuffisance de vent ou de soleil ?

Il est nécessaire **de disposer de centrales capables de démarrer rapidement**, car les fluctuations du soleil et du vent sont très rapides, **et de fournir des quantités considérables.** Jusqu'à présent, ce rôle a été joué par les centrales thermiques, surtout au charbon (houille et lignite) et au gaz, et marginalement par les centrales à biomasse.

Du fait des surcapacités de production installées, ce phénomène se répercute sur les pays voisins. L'Allemagne n'est pas seule à devoir gérer une production intermittente. Comme elle n'est pas capable de l'absorber en totalité ou de pourvoir en totalité aux besoins, ne serait-ce que parce que les lignes de transport intérieures sont insuffisantes, **l'intermittence est exportée vers les pays voisins**, qui doivent également gérer des fluctuations de charge considérables.

La part des énergies thermiques, qui jouent ce rôle de complément, ne peut donc pas beaucoup baisser, pour des raisons de sécurité d'approvisionnement.

Jusqu'en 2007, la production renouvelable a répondu à la croissance de la consommation. Depuis la crise économique, la consommation progresse beaucoup moins. Les énergies renouvelables viennent se substituer à l'énergie nucléaire, et seulement de façon très marginale aux énergies d'origine thermique émettrices de CO₂.

Il est peu probable que ce phénomène puisse diminuer de façon importante au cours des années à venir, en l'état actuel des technologies, d'autant que l'Allemagne possède des réserves considérables de lignite, qui est un combustible bon marché, assurant une certaine indépendance, à laquelle on n'imagine guère que ce pays puisse renoncer.

Le graphique de ma planche n° 6 montre que le parc photovoltaïque et éolien doit doubler avant 2020, pour atteindre les objectifs fixés, ce qui accroîtra les phénomènes que j'ai précédemment décrits.

À l'inverse, **lorsqu'il y a trop de vent et de soleil, par rapport aux besoins nationaux, cette capacité peut être absorbée, tout d'abord, en densifiant les réseaux**, ce qui permet d'augmenter le nombre de clients potentiels susceptibles de consommer au moment où il y a production. Cela signifie qu'il est aussi nécessaire d'augmenter la densité des réseaux dans les pays voisins, puisque l'Allemagne ne pourra, en aucun cas, absorber l'excédent de production au pic éolien et solaire, compte tenu de son équipement prévisible. La charge de densification des réseaux incombe donc aussi aux pays voisins.

La surcapacité peut également être gérée par une **gestion active de la demande**, ce qui consiste à inciter les consommateurs à consommer de préférence au moment où l'électricité est produite. **Cela suppose d'équiper les consommateurs de dispositifs communicants**, leur permettant de savoir à quel moment l'électricité est abondante, donc éventuellement bon marché. Pour le moment, en Allemagne, ces dispositifs communicants sont réservés aux entreprises, et non aux particuliers.

La troisième piste à explorer est celle du **stockage de l'électricité**. Pour le moment, les techniques disponibles sont des techniques de stockage par des batteries, par des stations de pompage, ou par voie thermique (c'est-à-dire grâce à de l'eau chauffée dans un cumulus individuel ou dans un réservoir alimentant un réseau de chaleur). Ces solutions ne sont pas toutes rentables. Par exemple, le stockage par batteries n'est pas du tout rentable à l'heure actuelle. Deux autres modes de stockage sont étudiés, mais demeurent très loin de l'équilibre économique : le stockage sous forme d'hydrogène et la méthanation (production de méthane artificiel).

Pour que ces trois solutions – renforcement des réseaux, gestion active de la demande et développement du stockage – progressent, **des évolutions considérables de la réglementation seront nécessaires**, notamment pour rémunérer les capacités, créer un arbitrage entre le stockage sous forme individuelle et le stockage sous forme collective, et créer les conditions pour que les installations puissent concourir à l'équilibre des réseaux.

En conclusion, parmi l'ensemble des objectifs de la politique énergétique allemande, la composante relative aux énergies renouvelables a été clairement prioritaire grâce à la mise en place d'un système de rémunération extrêmement avantageux, ce qui a créé des difficultés car les réseaux ne pouvaient pas progresser à la même vitesse que les installations éoliennes et photovoltaïques. **Les difficultés engendrées par ce décalage de rythme ont été répercutées sur les pays voisins, l'Allemagne leur imposant les conséquences de ses choix.**

La loi du 11 juillet 2014 va infléchir les évolutions. Elle contingente la rémunération et pourrait donc ralentir très fortement le rythme de pénétration de l'électricité d'origine renouvelable. Cela permettra à l'Allemagne de disposer d'un temps supplémentaire pour développer des réponses à l'intermittence.

M. Bruno Sido

Je vous remercie et je donne la parole à Mme Mélanie Persem, qui est directrice de l'Office franco-allemand pour les énergies renouvelables, créé en 2013 à l'occasion du cinquantième anniversaire du traité de l'Élysée.

Madame, votre office est chargé de mettre en réseau les différents acteurs de la filière des énergies renouvelables en France et en Allemagne. Pourriez-vous évoquer l'évolution réglementaire des systèmes de soutien aux énergies renouvelables en Allemagne ?

Mme Mélanie Persem, directrice de l'Office franco-allemand pour les énergies renouvelables

L'évolution réglementaire des systèmes de soutien aux énergies renouvelables en Allemagne

L'Office franco-allemand pour les énergies renouvelables existe depuis 2006, bien qu'il ait changé de nom à plusieurs reprises. Il a été créé par les gouvernements français et allemand et par les entreprises de la filière afin de permettre **un échange d'expériences et d'informations entre les deux pays**. Il est implanté directement au sein du ministère de l'économie en Allemagne et du ministère de l'écologie en France.

Je vais vous présenter l'évolution actuellement en cours des modèles de soutien aux énergies renouvelables, mentionnée par M. Michel Cruciani dans sa conclusion.

Dans le cadre du contrat de coalition adopté fin 2013, le gouvernement allemand a défini ses **objectifs de politique énergétique pour la période législative 2014-2017**. Ces objectifs forment le cadre de l'importante modification de la loi sur les énergies renouvelables qui est entrée en vigueur au 1^{er} août 2014.

Le gouvernement allemand a confirmé, fin 2013, ses **objectifs ambitieux de sortie du nucléaire à l'horizon 2022**. Il a aussi confirmé sa volonté de développer de manière très importante les énergies renouvelables, se fixant un objectif de **80 % d'énergies renouvelables dans la consommation électrique à l'horizon 2050**, tout en encadrant de manière

plus stricte ce développement, par la définition d'objectifs intermédiaires, à savoir 40 % à 45 % d'énergies renouvelables dans la consommation électrique en 2025 et 55 % à 60 % d'énergies renouvelables dans la consommation électrique en 2035.

De manière générale, le Gouvernement a, dans son contrat de coalition, souligné **l'importance des centrales conventionnelles dans le bouquet électrique allemand**. Celles-ci sont nécessaires à l'approvisionnement électrique du pays. Des mécanismes devront être développés avant 2017 afin de maintenir ces capacités conventionnelles sur le marché.

Dans son contrat de coalition, le gouvernement allemand a défini des éléments clefs pour la réussite de la transition énergétique allemande.

Le Gouvernement souhaite limiter les coûts. Il souligne la nécessité de considérer le développement des énergies renouvelables de manière systématique et d'assurer la viabilité du système énergétique allemand. Il met l'accent sur l'importance d'intégrer le marché de l'électricité allemand au contexte européen, ainsi que sur l'importance de l'implication du citoyen dans le développement des énergies renouvelables et la mise en œuvre de la transition énergétique.

Le gouvernement allemand souhaite par ailleurs installer un climat de confiance pour les investisseurs. C'est la raison pour laquelle aucune mesure rétroactive n'est prévue dans le cadre des dispositions législatives entrées en vigueur au 1^{er} août 2014. Il souligne, par ailleurs, l'importance de la flexibilisation de l'offre et de la demande.

Le gouvernement allemand souhaite accompagner les énergies renouvelables vers le marché. En 2000, lors de la mise en place de la loi sur les énergies renouvelables, celles-ci ont été, en quelque sorte, sorties du marché. En 2014, le gouvernement souhaite continuer à accompagner leur réintroduction sur ce marché.

À cette fin, une possibilité de **vente directe des énergies renouvelables sur le marché** a été mise en place en 2012. Cela signifie que, parallèlement aux tarifs d'achat mis en place en 2000, qui sont similaires à ceux du système français, a été mis en place **un système de prime de marché** qui permet aux producteurs de vendre leur électricité tout en percevant une prime qui vient s'ajouter à la rémunération issue de cette vente. Ce système, mis en place en 2012, était alors fondé sur le volontariat.

À compter du 1^{er} août 2014, ce système est devenu obligatoire pour les installations d'une capacité supérieure à 500 kilowatts. Il sera, à partir du 1^{er} janvier 2016, obligatoire pour toutes les installations d'une capacité supérieure à 100 kilowatts.

Pourquoi intégrer les énergies renouvelables au marché de l'électricité ?

Il s'agit de **faire du producteur d'énergies renouvelables, qui devient responsable de la vente et de la distribution de son électricité, un acteur du marché**. Les producteurs sont incités à fournir des prévisions de production à j-1. Ils participent au coût d'ajustement de l'offre et de la demande sur le marché. Cette évolution permet d'améliorer la précision des prévisions de production et la commandabilité de la production renouvelable, l'objectif étant de flexibiliser cette production.

Le choix du système de vente directe de l'électricité avec prime était facultatif entre 2012 et mi-2014. Chaque mois, le producteur avait la possibilité d'opter soit pour le système de tarif d'achat, soit pour le système de vente directe avec prime.

Ce système de vente directe sur le marché a très bien fonctionné. En 2013, les installations qui y ont fait appel représentaient plus de 84 % de la puissance éolienne installée en Allemagne. L'ensemble de l'éolien *offshore* a été commercialisé dans ce cadre. Dans le domaine du photovoltaïque, 11 % des capacités ont fait appel à ce système. De manière générale, ce sont plus de 45 % des installations renouvelables qui faisaient déjà appel à la vente directe avec prime en 2013.

L'intégration des énergies renouvelables au marché s'est donc faite en douceur. L'obligation récemment instituée par la loi ne devrait pas poser de problème aux producteurs.

Comment fonctionne le système de vente directe avec prime de marché ?

La prime de marché compense un manque à gagner. Le gain de référence est calculé sur la base d'un tarif d'achat de référence défini dans la loi sur les énergies renouvelables, auquel on ajoute une prime de gestion, prévue pour compenser les risques et les coûts administratifs liés à la vente directe de l'électricité par le producteur sur le marché EPEX¹ Spot. Sur la base de cette valeur de référence, le montant de la prime est calculé chaque mois en fonction du prix moyen mensuel de l'électricité sur le marché EPEX Spot. Il existe des opportunités et des risques : le producteur, s'il vend son électricité à un prix inférieur au prix moyen mensuel de l'électricité à la bourse, percevra un gain inférieur au gain de référence. A l'inverse, si l'électricité est vendue à un prix supérieur au prix moyen mensuel, le producteur maximisera son profit. De manière générale, il est possible de changer à tout moment d'opérateur de vente directe. Si le producteur d'électricité était confronté, de manière exceptionnelle, à une défaillance de son opérateur de vente directe, il aurait la possibilité de demander le versement d'une somme représentant 80 % du tarif d'achat de référence.

La réglementation de l'autoconsommation a été modifiée par la loi entrée en vigueur le 1^{er} août 2014. **10 % de l'électricité consommée**

¹ European power exchange (EPEX).

en Allemagne est aujourd'hui autoconsommée. L'autoconsommation industrielle représente 95 % de l'autoconsommation totale. L'autoconsommation photovoltaïque représente 5 % de l'électricité autoconsommée.

En 2009, l'Allemagne a introduit un tarif d'achat à l'autoconsommation pour **créer une valeur de l'électricité autoconsommée supérieure à la valeur de l'électricité produite et injectée sur le réseau.** Avec l'arrivée de la parité réseau pour certains secteurs en 2012, le gouvernement a décidé de supprimer le tarif d'achat à l'autoconsommation, estimant qu'il existait une incitation naturelle à auto-consommer, résidant dans les prix élevés de l'électricité en Allemagne et dans une exonération de l'auto-consommateur de l'ensemble des charges et prélèvements sur le prix de l'électricité (qui correspondent à 50 % de ce prix). L'auto-consommateur ne paie pas non plus les tarifs d'utilisation du réseau, qui correspondent à 20 % du prix de l'électricité en Allemagne.

L'autoconsommation connaît une croissance importante actuellement en Allemagne, notamment dans le secteur des énergies renouvelables. L'autoconsommation du photovoltaïque devrait être multipliée par cinq entre 2012 et 2018.

Le législateur a estimé qu'il existait aujourd'hui un risque de désolidarisation de l'auto-consommateur par rapport à l'ensemble du système électrique. En effet, par exemple, l'auto-consommateur d'électricité photovoltaïque profite des investissements réalisés par le gouvernement allemand.

C'est pourquoi un système de participation de l'auto-consommateur aux taxes et prélèvements liés au développement des énergies renouvelables a été mis en place.

Les petites installations, de capacité inférieure à 10 kilowatts, continuent à être intégralement exonérées de la contribution EEG. La consommation d'énergie propre au fonctionnement des centrales continue également à être exonérée à 100 %. Les installations non raccordées au réseau continuent également à être exonérées à 100 %, tout comme les producteurs s'auto-provisionnant intégralement et ne recevant pour leur production aucun soutien financier.

Pour les autres installations de production d'énergies renouvelables auto-consommatrices, il est prévu qu'il n'y ait qu'un paiement à hauteur de 30 % de la contribution au développement des énergies renouvelables. D'ici le 1^{er} janvier 2017, cette contribution devrait être augmentée à 40 % de la contribution au développement des énergies renouvelables. Les industriels électro-intensifs qui auto-consomment bénéficient également d'un régime favorable. Ils contribuent à hauteur de 15 % de la contribution EEG.

Par ailleurs, depuis le 1^{er} août 2014, il est prévu que **les niveaux de soutien aux énergies renouvelables seront définis à travers des appels**

d'offres. Cette modification réglementaire s'inscrit dans le cadre des lignes directrices de la Commission européenne sur les aides d'État dans le domaine de l'énergie adoptées en avril 2014. À partir du 1^{er} janvier 2017 au plus tard, l'Allemagne développera ses énergies renouvelables dans le cadre d'appels d'offres. Comme cela a été mentionné précédemment, un système d'appels d'offres pilote sera lancé l'année prochaine pour les installations photovoltaïques pour une puissance de 600 mégawatts.

Il est prévu que **les appels d'offres seront ouverts aux installations développées dans d'autres pays de l'Union européenne.** Il serait donc possible, à l'avenir, qu'un projet développé en France, participe aux appels d'offres allemands et soit financé dans le cadre du soutien aux énergies renouvelables en Allemagne. Il est prévu qu'au moins 5 % du volume annuel soit ouvert aux installations présentes dans d'autres pays de l'Union européenne, à des conditions définies, notamment la **mise en place d'un accord international prévoyant une réciprocité.** Pour que l'Allemagne ouvre ses appels d'offres aux développeurs français, il faudrait donc que la France fasse de même vis-à-vis de l'Allemagne. Il doit être également prouvé que l'électricité produite dans l'autre pays de l'Union européenne est exportée physiquement vers l'Allemagne.

Les gouvernements français et allemands ont décidé, en début d'année, de renforcer leur coopération dans le domaine des énergies renouvelables en mettant en place un groupe de travail de haut niveau. Ce groupe de travail prévoit des échanges réguliers entre ministères français et allemand en charge de la transition énergétique. La question des systèmes de soutien aux énergies renouvelables est l'une des principales questions examinées par ce groupe de travail, tout comme la question des marchés de l'électricité français et allemand.

M. Bruno Sido

Je vous remercie et je donne maintenant la parole à M. Dimitri Pescia, associé chez Agora, institut allemand de réflexion sur le tournant énergétique, après avoir occupé des fonctions à l'ambassade de France à Berlin. Vous allez nous parler des défis de la décarbonisation du système électrique allemand et de la façon dont ces défis sont perçus en Allemagne.

M. Dimitri Pescia, associé senior, Institut Agora Energiewende

Les défis à moyen terme de la décarbonisation du système électrique

J'évoquerai la décarbonisation ainsi que le coût, et la dimension européenne du tournant énergétique allemand.

Agora *Energiewende* est un *think-tank* indépendant berlinois, fondé après le consensus politique et social post-Fukushima en faveur de la transition énergétique en Allemagne. Nous réalisons des **études et analyses afin de servir la transition énergétique allemande de manière indépendante**. Notre ancien directeur est l'actuel secrétaire d'État en charge de l'énergie au ministère fédéral de l'économie.

J'évoquerai tout d'abord les coûts du tournant énergétique.

C'est un fait connu : **les prix de l'électricité pour les ménages allemands ont augmenté significativement depuis dix ans**, puisqu'ils ont doublé, ce qui résulte, en grande partie, de la hausse de la contribution au soutien des énergies renouvelables, c'est-à-dire l'équivalent en Allemagne de la contribution au service public de l'électricité (CSPE) existant en France.

Toutefois, aujourd'hui, cette hausse ralentit. Il est fort probable qu'à partir de 2014-2015, le prix de l'électricité n'augmentera pas aussi significativement que dans le passé, notamment en raison d'une baisse des prix de fourniture, liée à la baisse des prix de gros.

Pourquoi l'électricité est-elle si coûteuse pour le consommateur allemand ?

Cette situation est notamment la conséquence des **années dites « solaires » (2009-2012), pendant lesquelles l'Allemagne a installé la moitié des capacités photovoltaïques mondiale**, soit 25 gigawatts, en quatre ans alors que les tarifs d'achat garantis étaient encore très élevés. Une course s'est produite entre le régulateur et le marché, le premier n'ayant pas été capable de fixer les tarifs au niveau des coûts de production réels, ce qui a fait naître une marge pour les producteurs photovoltaïques, au détriment des consommateurs allemands. Ceux-ci paieront 180 milliards d'euros pour les capacités photovoltaïques installées entre 2000 et 2013.

Aujourd'hui, étant donné la baisse des coûts, les consommateurs allemands ne paieraient que 60 à 80 milliards d'euros pour installer la même capacité.

L'effet d'apprentissage a été majeur, les prix des panneaux solaires ayant baissé d'environ 80 % depuis 2006.

Quant à la **puissance des installations éoliennes, elle a été multipliée par quarante en vingt ans**.

L'éolien terrestre et le photovoltaïque ont aujourd'hui des coûts de production (LCOE) compétitifs avec ceux des technologies fossiles pour les nouveaux investissements, comme le montre le graphique (*en annexe au présent rapport*), qui compare les coûts de génération de l'électricité en fonction de la technologie de production employée.

Les coûts des technologies éolienne et photovoltaïque seront amenés à baisser encore à l'avenir, comme le montre une étude à paraître d'Agora *Energiewende*. À l'horizon 2050, il est fort probable que le

photovoltaïque atteint des coûts de génération de l'ordre de 20 € à 45 € le mégawattheure.

L'effet d'apprentissage est donc très important pour ces deux technologies.

L'intégration des énergies renouvelables variables dans les systèmes électriques induit par ailleurs des coûts d'intégration complémentaires. Ces coûts doivent être pris en compte, mais ils ne doivent pas être surestimés car il existe de nombreuses **options de flexibilité à moindre coût**. Le graphique de la planche n° 14 résulte d'une modélisation que nous avons effectuée du système électrique à l'horizon 2022. Le bouquet résiduel doit s'adapter pour répondre aux fluctuations des sources renouvelables. Les options de flexibilité évoquées, notamment les réseaux et les réseaux dits intelligents permettront de mieux gérer la variabilité. Les centrales fossiles flexibles resteront présentes, notamment pour répondre à la pointe hivernale. Des mesures de gestion de la demande sont envisageables, ainsi que des mesures de limitation (*curtailment*) du photovoltaïque et de l'éolien, certes renchérissant le coût de ces technologies mais permettant, par ailleurs, de réduire les coûts du renforcement des réseaux de distribution. Par ailleurs, les secteurs de la chaleur, des transports et de l'électricité devraient être davantage intégrés.

En ce qui concerne le stockage, nous considérons **qu'il n'est pas nécessaire de le développer massivement aujourd'hui en Allemagne**.

Le stockage ne deviendrait rentable, à long terme, qu'au-delà d'un taux d'incorporation d'énergies renouvelables important (de l'ordre de 60 %). Il est donc possible de continuer à développer les énergies renouvelables sans attendre la mise en place du stockage.

En considérant l'ensemble des coûts, **un système fondé sur l'éolien et le photovoltaïque pourrait n'être que 10 % à 15 % plus cher qu'un système fondé sur les énergies fossiles**.

Ce résultat découle d'une étude récente de l'Agence internationale de l'énergie (AIE). Ces coûts globaux dépendent de la flexibilité de l'ensemble du système. Certains systèmes sont physiquement peu flexibles, par exemple avec le système électrique japonais, où l'énergie nucléaire représentait une part importante du bouquet énergétique avec très peu d'interconnexions. En Allemagne, en revanche, il est fort probable que l'intégration des énergies renouvelables puisse intervenir à moindre coût.

Le deuxième enjeu que je souhaite évoquer est celui de la décarbonisation.

Une hausse des émissions de CO₂ a été observée depuis 2010, après la baisse liée notamment à la crise économique. Cette hausse est le véritable paradoxe de la transition énergétique. Elle n'a rien à voir avec la sortie du nucléaire. L'énergie nucléaire est remplacée par des sources renouvelables,

mais **le gaz est remplacé par le charbon** en raison de conditions économiques très favorables à cette technologie.

Le coût du CO₂ n'est pas internalisé puisque le marché EU ETS¹ est pour ainsi dire moribond. Possédant du charbon et notamment du lignite très bon marché, **l'Allemagne dispose aujourd'hui d'un mix électrique très compétitif, exporte beaucoup d'électricité, notamment vers les Pays-Bas et l'Autriche, et exporte ainsi d'une certaine manière ses émissions.**

Malgré un recours accru à court terme au charbon, cette ressource fossile n'a, à long terme, aucun avenir en Allemagne.

En effet, les investissements ont été amorcés en 2007. Les centrales viennent d'être connectées au réseau. Mais, aujourd'hui, les conditions d'investissement sont très défavorables pour de nouveaux investissements, avec un prix de l'électricité sur le marché de l'ordre de 30 € le mégawattheure. Par ailleurs, la priorité accordée aux énergies renouvelables entraînera, par elle-même, une diminution de la part du bouquet résiduel.

Une politique plus volontariste est néanmoins nécessaire pour traiter cette question du charbon. *Agora Energiewende* appelle à un consensus en ce sens et à la mise en place d'une politique plus offensive, afin de parvenir, à court terme, à une diminution des émissions.

Enfin, je souhaiterais aborder l'enjeu de l'intégration européenne.

L'Allemagne ne constitue pas une exception en Europe, comme on le dit parfois. **Les différents scénarios de la Commission européenne à l'horizon 2050 montrent tous une progression de l'éolien et du photovoltaïque.** Ces sources d'énergie devraient représenter 31 % à 65 % de la production électrique de l'UE en 2050. La situation allemande, que l'on retrouve également en Espagne, au Portugal et dans d'autres États, est aujourd'hui un aperçu de ce qui se produira à moyen terme dans de nombreux autres États membres. L'enjeu de flexibilisation est donc devenu un véritable défi européen.

Or les instruments européens de politique énergétique sont aujourd'hui très fragmentés. Les mécanismes de soutien aux énergies renouvelables, ainsi que les mécanismes de garanties de la sécurité d'approvisionnement ne sont pas coordonnés. Ils sont donc plus coûteux que s'ils s'inscrivaient dans le cadre d'une vraie vision européenne. Cette situation peut par ailleurs mener à des distorsions entre les États membres. Une approche coordonnée serait beaucoup plus efficace économiquement. Néanmoins, cette réponse coordonnée risque d'être lente. C'est pourquoi nous appelons à avancer sur le plan des initiatives régionales, notamment au

¹ *Système communautaire d'échange de quotas d'émission (European Union Emission Trading System).*

niveau du Forum Pentalatéral de l'Énergie¹, susceptible d'apporter des réponses rapides et pragmatiques.

Comme cela a été dit, la transition énergétique est un processus de long terme, qui a débuté dans les années 1990. C'est un processus de transformation industrielle et sociétale complexe, dont les objectifs sont clairement définis et qui repose sur un pari technologique consistant à s'appuyer sur le photovoltaïque et l'éolien, qui en sont les piliers. Cela implique une seconde révolution technologique, celle de la flexibilisation du système électrique.

Les défis de cette transformation sont nombreux. Certains, notamment la question du coût de la production des énergies renouvelables sont sur le point d'être résolus. Une réforme globale des marchés de l'électricité est néanmoins nécessaire afin de permettre des investissements dans des moyens de production flexibles et à bas carbone.

Enfin, **la transition énergétique allemande n'est pas une exception en Europe mais son ampleur est unique, ce qui peut entraîner des répercussions sur les pays voisins.** Ces effets sont résolus de façon bilatérale, comme cela fut le cas avec l'implantation de déphaseurs sur la frontière germano-polonaise. Une intégration européenne accrue est souhaitable.

La question climatique est la plus complexe. Les objectifs de décarbonisation ne seront pas atteints à moyen terme. Un nouveau consensus est nécessaire sur la question du charbon.

Aujourd'hui encore, **la transition énergétique bénéficie d'un soutien important au sein de la population allemande.** Par nature, c'est un processus de transformation dont certains sortent gagnants et d'autres, perdants. Le grand enjeu consiste aujourd'hui à se situer du côté des gagnants.

M. Bruno Sido

Je vous remercie. Je passe maintenant la parole à M. Etienne Beeker, spécialiste des questions énergétiques à France Stratégie, nouveau nom de l'ancien centre d'analyse stratégique, placé auprès du Premier ministre.

¹ Le Forum Pentalatéral de l'Énergie a été créé en 2005 par les Ministres de l'Énergie du Benelux, de l'Allemagne et de la France.

M. Etienne Beeker, département développement durable, France Stratégie

« **Energiewende** » : le cavalier seul ?

Je m'exprime à titre personnel, même si mes propos s'inscrivent dans la continuité d'une note que j'ai rédigée pour France Stratégie.

Les origines de l'*Energiewende* ont été longuement abordées. L'une des caractéristiques de ce modèle est qu'il se veut universel. D'après l'expression de M. Klaus Töpfer, qui a présidé le comité d'éthique qui a décidé de la transition énergétique après l'accident de Fukushima – c'est, en effet, un tel comité qui a décidé de l'arrêt du nucléaire et de ses modalités techniques, et non un comité technique ou industriel – le tournant énergétique constitue une nouvelle révolution industrielle créatrice d'emplois et de richesse, fondée sur les énergies renouvelables (EnR) qui sont les « *énergies de la paix* ».

Le tournant énergétique permettrait l'avènement d'un modèle énergétique décentralisé, grâce aux énergies renouvelables. L'enthousiasme de la population allemande a déjà été évoqué. Il faut toutefois souligner que cet enthousiasme porte davantage sur le développement des énergies renouvelables que sur la réduction des émissions de CO₂ ou sur l'accroissement de l'efficacité énergétique.

L'*Energiewende* a été accueillie avec circonspection dans le monde car elle repose sur un pari technique, celui de développer les technologies non matures que sont le stockage et la capture-séquestration du carbone. Ce développement a été rejeté, au moins pour ce qui est du stockage, par les *Länder*.

La concomitance de l'*Energiewende* avec la mise en service du gazoduc *Nord Stream*, qui relie l'Allemagne et la Russie par la mer Baltique, doit être remarquée. Ce gazoduc est le résultat d'un rapprochement, tissé de longue date, entre l'Allemagne et la Russie.

Trois grands défis sont lancés :

Le défi technique

Ce défi est relatif à l'intégration de quantités massives d'énergies renouvelables dans le réseau. Pour ce faire, l'Allemagne doit s'appuyer sur ses voisins. En ce sens, et pour reprendre une expression de M. Claude Mandil, cette révolution est « *non kantienne* » car c'est une révolution que l'Allemagne peut s'appliquer à elle-même mais qui ne peut pas s'appliquer aux autres pays, du moins pour le moment.

L'*Energiewende* a montré que l'autonomie énergétique régionale ne fonctionnait pas. Le rejet de la production nucléaire par la population allemande est en lien avec le caractère centralisé de cette production. Il témoigne d'une volonté de récupération régionale.

Le ratio puissance/énergie produite des EnR est élevé, ce qui requiert la construction de lignes électriques. La dépendance des régions est donc grande. La régulation est repassée au niveau fédéral. Une régulation européenne est évoquée.

Malgré la volonté initiale d'une décentralisation de l'énergie, on observe donc un déplacement du pouvoir de régulation vers l'échelon européen.

Les « gagnants » de la régionalisation sont la Bavière et, dans une moindre mesure, la Basse-Saxe. Les « perdants » sont les États rhénans et les *Länder* de l'est.

Le marché de l'énergie européen est en ruine. France Stratégie a publié un rapport, il y a six mois, qui reprend ce qui a été dit par les représentants de RWE et par M. Dimitri Pesca. L'Allemagne n'est pas entièrement responsable de l'état de délabrement du marché européen mais elle y a fortement contribué.

Le défi financier

La couverture du magazine *Der Spiegel* (planche n° 4) est explicite : son titre, « *Luxus Strom* », signifie que **le courant électrique serait devenu un produit de luxe en Allemagne.**

Le coût total du tournant énergétique a été estimé par M. Peter Altmaier, ancien ministre fédéral de l'environnement, à **1 000 milliards d'euros, ce qui représente un coût équivalent à celui de la Réunification allemande.** Le terme « *Wende* » (tournant) avait d'ailleurs aussi été employé pour évoquer la Réunification.

Les prix du kilowattheure, qui ont explosé, sont devenus un enjeu politique majeur. L'industrie allemande est très inquiète du niveau de prix de l'électricité à laquelle elle a accès. Aujourd'hui, **le coût de l'Energiewende est entièrement supporté par les clients domestiques et la petite industrie ainsi que les commerces. Le gouvernement allemand protège la grande industrie,** qui est toutefois sous le coup d'enquêtes communautaires à répétition de la part de la Commission européenne. La population accepte de plus en plus difficilement de supporter seule le coût de l'*Energiewende*.

La question de la protection accordée à l'industrie allemande est aujourd'hui au cœur du problème. Elle est d'autant plus préoccupante que les États-Unis d'Amérique disposent d'un prix de l'énergie très bas, du fait du développement du gaz dit de schiste.

Le défi climatique

Le tableau que j'ai fait figurer dans ma présentation (planche n° 5) a presque deux siècles. Il montre à quel point le charbon est important dans l'histoire énergétique et industrielle allemande, ce qui a fait dire à M. Sigmar Gabriel, vice-chancelier, que **l'Allemagne ne pourrait pas sortir à la fois du charbon et du nucléaire en même temps.**

Le charbon allemand a deux composantes, dont **le lignite**, qui est un charbon de moindre qualité, **quasi-inépuisable et ne servant qu'à produire de l'électricité**, donc tout indiqué pour remplacer le nucléaire. L'Allemagne rouvre d'ailleurs des mines de lignite. RWE l'a récemment fait en Rhénanie. D'autres mines ont été rouvertes dans l'ancienne Prusse.

Du charbon est aussi importé, en conséquence de la révolution du gaz de schiste américain.

La diminution des émissions de CO₂ ne remonte pas à 2008, comme cela a été dit par un précédent intervenant, mais à 1990. La Réunification a conduit à une remise à niveau industrielle de l'Allemagne de l'est, qui a eu pour effet de réduire les émissions de CO₂ de 20 %.

M. Sigmar Gabriel, à qui Mme Angela Merkel a laissé le soin de gérer le dossier de l'*Energiewende*, a déclaré : « *Le temps de la complexité est arrivé* ».

Trois ans après les débuts du tournant énergétique, le gouvernement allemand reconnaît qu'une transformation d'une telle ampleur est plus complexe que ce qui avait été prévu au départ. Dans l'urgence, la nouvelle loi EEG 2 fixe des corridors, limite les quantités et les coûts. Toutefois, cette loi est d'ores et déjà considérée comme transitoire. Une autre loi devrait venir affiner la réglementation en 2016 ou 2017.

L'adhésion de la population reste forte mais les buts de l'*Energiewende* ont tendance à se diluer, au-delà de la seule question du bouquet électrique.

Une inconnue réside dans l'évolution des coûts de l'électricité, avec trois risques. Comme cela a été mentionné précédemment, le prix des panneaux solaires a baissé. Toutefois, celui de l'énergie éolienne est stable. **Si les Allemands doivent développer l'éolien *offshore*, il est fort possible que les coûts explosent de nouveau.**

Le deuxième risque est relatif à l'autoconsommation. Une autoconsommation incontrôlée correspondrait à une « *évasion* » de ceux qui peuvent se permettre d'avoir des panneaux solaires, qui échapperaient ainsi à la taxe EEG, faisant diminuer son assiette, ce qui provoquerait une augmentation du prix de l'électricité.

Le troisième risque est relatif aux coûts de réseau et d'équilibrage. Une étude récente a évalué les coûts prévisibles du réseau de distribution, au cours des années qui viennent. Ces coûts représenteraient entre 20 et 40 milliards d'euros. Bien qu'imputables aux réseaux, et non aux énergies renouvelables, ils sont pris en compte dans le coût total du Kwh.

En conclusion, j'ai longtemps pensé, à titre personnel, que l'*Energiewende* se heurterait en premier lieu à des problèmes techniques. Mais les capacités financières de l'Allemagne sont très importantes. Comme le disait un représentant du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies

alternatives (CEA), « avec de l'argent, les ingénieurs résolvent beaucoup de problèmes... ». En particulier, en cas de surproduction, il est possible de couper les éoliennes, voire de couper les panneaux solaires, c'est-à-dire de gérer le réseau par *curtailment*.

L'*Energiewende* est donc moins susceptible d'être freinée en raison de considérations techniques qu'en raison de considérations financières.

Cette remarque permet aussi de répondre à la question de l'exportabilité de cette transition : **pour pouvoir agir comme les Allemands, il faut disposer de ressources financières très importantes.**

M. Bruno Sido

Je vous remercie. C'est effectivement une solution...

La parole est maintenant à M. Christophe Schramm et à M. Corentin Sivy, experts de l'institut de réflexion Terra Nova. M. Christophe Schramm, vous avez été conseiller technique de Mme Delphine Batho, lorsqu'elle était ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. Vous êtes coauteur d'une note de Terra Nova sur la transition énergétique allemande et vous allez nous parler, avec M. Corentin Sivy, de la soutenabilité de cette transition.

M. Christophe Schramm, expert du pôle énergie, Terra Nova

La transition énergétique allemande est-elle soutenable ?

Plutôt que d'évoquer à nouveau les objectifs et les mesures prises dans le cadre du tournant énergétique, qui ont déjà été largement décrits par les orateurs précédents, je souhaiterais insister sur la question de la soutenabilité, que nous avons étudiée dans une note consacrée à la transition énergétique allemande, disponible sur le site Internet de Terra Nova.

Nous examinerons la soutenabilité de la transition énergétique allemande sous quatre angles : économique, environnemental, social et politique.

Auparavant, je souhaiterais souligner que nous avons surtout parlé, jusqu'à maintenant, de la transition électrique, plutôt que de la transition énergétique. Or, au cours des années récentes, si l'Allemagne a investi environ 15 milliards d'euros par an en faveur des énergies renouvelables, elle a aussi investi 10 milliards d'euros par an en faveur de l'efficacité énergétique.

Si l'Allemagne veut atteindre ses objectifs, il faudra encore investir annuellement, jusqu'à 2020, environ trente à quarante milliards d'euros, dont

« seulement » dix milliards d'euros en faveur des EnR, et vingt à trente milliards d'euros en faveur de l'efficacité énergétique et, à une moindre mesure, des réseaux. Le rapport entre les montants de ces deux catégories d'investissement va donc s'inverser. **Ce sujet de l'efficacité énergétique est peut-être le plus important pour les années à venir.**

Concernant **la soutenabilité économique de la transition énergétique**, on a beaucoup insisté sur la question de la compétitivité. Or **les exportations allemandes n'ont pas souffert de la transition énergétique, au cours des années récentes, en raison du choix effectué de protéger la grande industrie** et de faire payer les ménages et les petites et moyennes entreprises, ainsi que les entreprises intermédiaires non électro-intensives.

La compétitivité du prix du gaz en Europe, qui est très importante pour certains industriels, est beaucoup moins affectée par la conversion aux énergies renouvelables que par le développement du gaz de schiste américain.

La question du transfert opéré des ménages vers l'industrie, et au sein de celle-ci, des industriels non énérgo-intensifs vers les industriels gros consommateurs d'énergie, est une question clef.

Un autre transfert a été effectué, de l'Allemagne vers le reste du monde. En effet, l'Allemagne a financé en grande partie la formidable accélération du progrès technologique, notamment dans le secteur photovoltaïque, dont les coûts sont aujourd'hui beaucoup plus bas au niveau mondial que ce qu'ils seraient si l'Allemagne n'avait pas procédé à des investissements massifs. Cette accélération permet à des pays en Europe et ailleurs, de bénéficier de coûts nettement moindres, dans des conditions climatiques favorables à l'efficacité de ces technologies.

S'agissant de **la soutenabilité environnementale**, je ne peux que souligner aussi la contradiction majeure de la transition énergétique allemande, qui résulte de **l'impossibilité de sortir à la fois du nucléaire et du charbon**, source historique d'énergie en Allemagne. On peut néanmoins nuancer ce constat, en se fondant sur les premiers chiffres publiés pour l'année 2014. Au cours des derniers mois, en effet, la production d'électricité à partir de charbon a baissé. Cette baisse ne devrait toutefois pas suffire – du moins à court terme – à inverser la tendance à l'augmentation des émissions de CO₂ de la production électrique, ce qui affaiblit la position de l'Allemagne dans les négociations climatiques internationales.

Un autre aspect, que nous avons peu évoqué, concerne la mobilité. **L'Allemagne a jusqu'à présent surtout protégé son industrie automobile, qui produit des véhicules fortement émetteurs.** Toutefois, des acteurs évoluent, comme BMW qui développe des technologies électriques, ou Mercedes qui développe l'usage d'hydrogène. Ces entreprises sont dans le peloton de tête dans ces domaines, ce qui pourrait, à terme, faire évoluer le

secteur automobile allemand. Celui-ci n'est toutefois pas exemplaire, pour le moment, en matière de bilan CO₂.

Concernant **la soutenabilité sociale**, il n'y a pas eu de rejet de masse de la transition, d'une part car **la hausse des prix de l'électricité influe peu sur la facture de chauffage des ménages allemands, et, d'autre part, parce que cette augmentation a été en partie compensée par un accroissement de l'efficacité énergétique.**

Néanmoins, **la précarité énergétique connaît une augmentation.** Sur la période 2008-2011, la part des ménages consacrant plus de 10 % de leur budget aux dépenses énergétiques est passée de 13,8 % à 17 %.

La transition est toutefois un formidable projet de transformation économique et sociale. **Près de 50 % de la capacité en énergies renouvelables installée l'a été par des particuliers et par des agriculteurs.** C'est ce qui fait dire à certains que les grands énergéticiens sont les perdants de ce mouvement.

Par ailleurs, la transition a permis d'importantes innovations, par exemple dans le domaine du financement tant des énergies renouvelables que de l'efficacité énergétique. Ces innovations ont modifié le rapport de la population aux questions énergétiques en général.

Enfin, s'agissant de **la soutenabilité politique**, nous pensons que le tournant engagé est irréversible. Il n'y a aucune raison de penser que l'Allemagne pourrait procéder à un revirement, malgré les difficultés qu'elle rencontre. Certes, elle est entrée dans une « *zone de turbulence* », c'est-à-dire dans une phase de complexité. Cette complexité est liée à la question de la répartition des coûts entre ménages et industrie, à celle des émissions de CO₂, et à la nécessité de développer les réseaux.

Aujourd'hui, seul le parti populiste *Alternative für Deutschland* a conservé un discours pro-nucléaire.

En conclusion, **l'Allemagne ne peut pas réaliser sa transition énergétique seule. Elle a besoin de ses partenaires européens.** Les effets positifs comme négatifs de la transition sont trop importants. C'est pourquoi **l'idée d'une union énergétique nous paraît essentielle.**

Nous avons effectué différentes propositions dans le sens d'une coopération accrue entre l'Allemagne et la France, susceptible de préfigurer une coopération plus large au niveau européen, que ce soit dans le domaine de la prospective des systèmes énergétiques, de la recherche et développement, de la coopération entre les agences de l'énergie, de la politique de rénovation énergétique ou, enfin, de l'organisation du marché des émissions de CO₂.

Nous plaidons, enfin, pour **l'instauration d'un prix-plancher du CO₂**, susceptible de constituer une réponse au développement de la production électrique à partir de charbon.

M. Corentin Sivy, expert du pôle énergie, Terra Nova

Je souhaiterais évoquer l'aspect bancaire du tournant énergétique allemand.

L'Allemagne dispose d'une véritable arme à l'exportation, la banque publique KfW¹, banque qui a servi à accueillir le plan Marshall, puis à financer la Réunification.

Aujourd'hui, l'activité de cette banque est entièrement consacrée à la transition énergétique. Elle permet de financer de nombreux projets en empruntant à des taux extrêmement bas auprès de la Banque centrale européenne (BCE) et en prêtant à des taux très bas aux ménages et aux entreprises.

Cette banque permet aussi de travailler à l'étranger. Avec la KfW, une entreprise peut contracter des emprunts à des taux très bas dans n'importe quel pays du monde, à partir du moment où elle possède un établissement situé en Allemagne. Les grandes entreprises industrielles allemandes utilisent cette arme pour se positionner avec des taux bancaires inférieurs à ceux pratiqués partout ailleurs dans le monde, ce qui leur permet de remporter des marchés et de placer leurs produits industriels.

Les financements de la KfW représentent plusieurs dizaines de milliards d'euros par an.

En France, la Banque publique d'investissement (BPI) ne joue pas ce rôle, car son bilan entre dans la dette au sens maastrichtien.

Pour l'Allemagne, la KfW constitue une vraie arme à l'export et lui permet d'avoir un secteur industriel florissant.

Enfin, je terminerai en soulignant que **la situation française est très différente de la situation allemande**. Notre niveau d'ensoleillement est bien plus élevé que celui de l'Allemagne. Notre niveau de vent est aussi supérieur. Nous disposons de trois régimes de vent, contre un seul pour l'Allemagne. Nous possédons davantage de côtes, une surface agricole et une forêt bien plus vaste, une population moins nombreuse, des départements et territoires d'outre-mer et des secteurs industriel, bancaire et de recherche solides. Enfin, nous bénéficions du fait que **les Allemands ont payé une grande partie de la facture de la transition énergétique**, ce qui a permis de réduire les coûts de la plupart des technologies.

¹ Kreditanstalt für Wiederaufbau (établissement de crédit pour la reconstruction).

M. Bruno Sido

Je vous remercie pour ce souffle d'optimisme, et je donne la parole à M. Jean-Claude Perraudin, conseiller à l'énergie atomique et aux énergies alternatives à l'Ambassade de France à Berlin, qui va évoquer l'importance de l'innovation technologique dans la programmation des stratégies énergétiques.

Ce thème est cher à l'Office ; nous l'avions abordé, avec M. Jean-Yves Le Déaut, Premier vice-président, dans notre rapport de synthèse sur la transition énergétique, publié il y a un an, que j'ai évoqué en introduction.

M. Jean-Claude Perraudin, conseiller à l'énergie atomique et aux énergies alternatives à l'Ambassade de France à Berlin, CEA

Retour d'expérience de l'Energiewende : l'importance de l'innovation technologique dans la programmation des stratégies énergétiques futures

La France a entamé une transition énergétique dans un contexte économique qui doit inciter à éviter de prendre tout risque insupportable. Il faut donc tirer tous les enseignements de l'expérience débutée en Allemagne dans les années 2000, puis accélérée en 2011 après l'accident de Fukushima.

Le bilan de l'expérience allemande est très contrasté, avec une multitude d'aspects, certains positifs et d'autres négatifs.

Nous avons beaucoup parlé d'avenir, mais peu de bilan. Où l'Allemagne en est-elle aujourd'hui ? La réponse à cette question nous donnera des indications sur les orientations à assigner à la recherche technologique.

Nous nous demandons souvent, en France, si l'*Energiewende* sera un succès ou un échec. Il n'est pas possible de répondre à cette question sans définir les critères d'un bilan.

Les marqueurs de succès de l'*Energiewende* sont relativement faciles à établir, dans la mesure où le gouvernement allemand les a lui-même annoncés.

Il s'agit, tout d'abord, de la **disparition totale de la nécessité de faire appel à l'énergie nucléaire**. L'*Energiewende* ne peut pas être dissociée de la question nucléaire. En effet, d'une part, l'agenda de fermeture des centrales aura un impact direct sur l'approvisionnement en électricité. D'autre part, **la gestion de l'après-nucléaire, notamment les questions des déchets et des démantèlements auront un impact financier majeur sur l'économie du pays**. On ne peut donc pas dire que l'*Energiewende* a éliminé la problématique du nucléaire en Allemagne.

Un autre marqueur de succès serait de **parvenir à assurer presque exclusivement par des énergies renouvelables la sécurité d'approvisionnement** en énergie, en temps et en lieux voulus.

La réalisation des objectifs annoncés en matière **climatique et environnementale** constitue un autre indicateur de succès.

Enfin, obtenir la **baisse des prix de l'électricité** serait aussi le signe d'un succès.

Pour évaluer les perspectives dans le domaine de l'innovation technologique, il est intéressant de définir aussi les critères d'un échec potentiel. En effet, c'est au vu des résultats fondés sur ces critères que l'on pourra réellement agir.

Le premier critère d'échec résiderait dans **l'obligation de faire massivement appel au charbon et notamment au lignite**, avec pour conséquence une augmentation importante et durable des émissions de CO₂.

L'occurrence de blackouts électriques, qui constituent une crainte majeure, serait un deuxième signe d'échec. Des **microcoupures** seraient également très préjudiciables aux industriels, car elles viendraient dégrader leur outil de production. Récemment, un constructeur automobile m'a fait part de cette préoccupation.

Des **délocalisations ou faillites d'entreprises** témoigneraient également d'un échec.

Le Gouvernement est sensible à ces questions et pour y répondre a mis en application la loi EEG 2.0. . Elle va dans le bon sens mais ses mesures sont essentiellement d'ordre financier. Une loi EEG 3 devrait être adoptée en 2016-2017, afin de traiter tous les sujets omis par la loi de 2014, notamment les marchés de capacité, la rémunération du traitement de l'intermittence, le développement des lignes à haute tension, le statut du stockage.

Les réponses législatives et réglementaires ne seront toutefois pas suffisantes pour faire face aux difficultés.

À terme, les véritables solutions sont d'ordre technologique.

Les sauts technologiques à réaliser sont les mêmes, que ce soit en France ou en Allemagne. Les deux pays peuvent donc se retrouver dans le domaine scientifique. Nous savons tous que les bouquets énergétiques envisagés pour nos deux pays ne sont pas les mêmes, mais nous nous retrouvons sur l'absolue nécessité de progresser rapidement et de façon importante dans les trois domaines de la chaîne énergétique.

Le premier de ces domaines est relatif à la production d'énergie. **Des progrès techniques sont encore possibles** en matière de solaire photovoltaïque et de carburants de deuxième et troisième génération. Les progrès potentiels sont probablement moindres dans les domaines de l'éolien et de la biomasse.

Le deuxième secteur énergétique sur lequel doit porter la recherche est celui de la gestion de l'énergie. Le **stockage** (batteries, hydrogène) n'est aujourd'hui pas rentable mais, à terme, c'est une solution à l'intermittence des énergies renouvelables. **L'arrivée sur les réseaux de sources de plus en plus multiples et dispersées**, ne présentant pas de garantie de disponibilité, doit être une autre préoccupation pour la recherche, de même que le développement des **piles à combustible**, qui doivent permettre de restituer sous forme électrique cette énergie stockée.

Le dernier maillon de la chaîne énergétique dont l'étude doit être approfondie est celui de l'adaptation de la demande : **efficacité énergétique, synergie habitat-transport, électro-mobilité, matériaux énergétiques**.

La France et l'Allemagne disposent depuis très longtemps de compétences poussées dans la plupart de ces domaines. Les deux pays ont décidé de renforcer leur coopération sur plusieurs aspects au début de l'année 2013. L'objectif est de partager les compétences et d'ouvrir de nouveaux champs de recherche pour accélérer l'acquisition des connaissances indispensables. Des pistes très prometteuses ont déjà été identifiées et suscitent beaucoup d'attentes.

Les instituts de recherche français et allemands coopèrent depuis de nombreuses années en la matière. Le CEA est un des acteurs de cette coopération. Ses actions ont pris plusieurs formes : accords-cadres avec les instituts de recherche, collaborations thématiques, réponses concertées aux appels d'offres de la Commission européenne, ce qui a permis d'obtenir de bons résultats et de mettre en place un management optimisé des projets.

Enfin, un **sommet annuel franco-allemand**, qui se déroule alternativement à Paris et à Berlin, a été mis en place à l'initiative conjointe de l'administrateur général du CEA et du président de l'association Helmholtz. Ce sommet rassemble les plus hauts responsables de la recherche des deux pays.

En conclusion, *l'Energiewende* connaît des difficultés importantes, susceptibles de remettre en cause son issue. Les solutions pour faire face à ces difficultés seront, en tout état de cause, très coûteuses, quelle que soit cette issue.

L'ampleur des conséquences d'une transition énergétique impose une planification à long terme. La précipitation et le manque de préparation iraient inéluctablement à l'encontre de ses objectifs. Un signe d'échec patent pour nous serait l'obligation d'un recours massif et durable à des combustibles fossiles importés ou à des sources locales fortement polluantes.

Il est acquis que l'innovation sera un contributeur majeur aux stratégies énergétiques futures. Il faut en permanence identifier et approfondir les secteurs pour lesquels des sauts technologiques seront déterminants, notamment dans les domaines du stockage de l'énergie, de l'efficacité énergétique, des réseaux intelligents, de la mobilité et de l'habitat.

Un intérêt partagé par la France et l'Allemagne conduit naturellement à exploiter les complémentarités de leurs secteurs de recherche respectifs. Ce rapprochement est l'une des clefs d'une évolution réussie vers les bouquets énergétiques que chaque pays choisira pour son avenir.

M. Bruno Sido

Je vous remercie. Pour terminer ce tour de table, nous allons entendre Mme Célia Gautier, chargée de mission au Réseau Action Climat France.

Madame, vous allez tout d'abord analyser ce que vous jugez être des idées reçues ou des mythes, concernant la transition énergétique en Allemagne.

Par ailleurs, un récent rapport publié par deux organisations de protection de l'environnement (*WWF* et *Climate Action Network*) a dénoncé l'utilisation intensive du charbon dans l'Union européenne, notamment en Allemagne. Ce rapport est intitulé « *Europe's dirty thirty* », ce qui a été traduit dans la presse par : « *Les trente crasseuses* ». L'Allemagne a-t-elle davantage recours au charbon depuis qu'elle a décidé de sortir du nucléaire ?

Mme Célia Gautier, responsable des politiques européennes, Réseau Action Climat France (RAC-F)

Les idées reçues sur l'Energiewende

Je m'appuierai, en effet, sur ces deux publications d'organisations non gouvernementales (ONG). Je représente un réseau d'ONG ; plus particulièrement, notre réseau européen regroupe environ 150 ONG. Ces ONG ont publié, notamment avec les ONG allemandes, un rapport sur les trente plus grandes centrales au charbon en Europe, dont neuf se situent en Allemagne.

Par ailleurs, le RAC-F a publié une plaquette expliquant, à l'intention du grand public, la réalité de la transition énergétique en Allemagne. Dans le débat public et dans la presse, on entend beaucoup de choses erronées et d'idées reçues. Dans le cadre de la discussion sur la transition énergétique française, il nous paraît pertinent de travailler auprès des médias, de l'opinion publique et des élus, pour que la transition énergétique allemande soit mieux comprise, que le gouvernement et l'opinion publique allemands comprennent mieux la transition énergétique française et qu'un dialogue s'opère.

Dans le cadre du débat français, il est, certes, important de comprendre les paradoxes et les limites de la transition mais il est aussi important d'en comprendre les bénéfices.

La transition énergétique allemande constitue, dans ce pays, un vrai projet de société complet, concernant non seulement la sortie du nucléaire et l'augmentation de la part des énergies renouvelables mais aussi une politique industrielle, d'économies d'énergie, de création d'emplois, une politique sociale etc.

Cette perspective globale a suscité l'adhésion de la société civile, ce qui n'est pas le cas encore en France, où l'on a du mal à avoir une telle perception de la transition énergétique qui, pourtant, permettrait l'adhésion des citoyens.

S'agissant du développement des énergies renouvelables en Allemagne, il en est résulté des bénéfices importants en termes de **réduction de la facture des importations d'énergie fossiles** (5 milliards d'euros économisés depuis le début du processus).

Comme cela a déjà été dit, **en misant sur certaines énergies renouvelables, l'Allemagne a fait baisser leur coût et développé des compétences très importantes sur des marchés en pleine croissance** au niveau mondial.

Certes, la production des installations photovoltaïques provient massivement des pays émergents, notamment la Chine, mais **l'Allemagne possède une part de marché importante concernant les panneaux et les machines-outils** servant à fabriquer ces panneaux. Ces machines-outils sont exportées vers la Chine pour la fabrication des panneaux. **Quatre cinquième de la valeur ajoutée de l'installation des panneaux photovoltaïques reste sur le territoire allemand** puisque ces panneaux requièrent installation, maintenance etc. Ces différentes phases correspondent à de la richesse restant sur le territoire allemand ou européen. La part de l'importation du panneau dans la valeur ajoutée est assez limitée.

Le tournant énergétique est **un projet politique, citoyen et sociétal. 400 000 emplois ont été créés dans les EnR à ce jour en Allemagne, 848 000 dans l'efficacité énergétique**, avec une croissance de 15 % entre 2011 et 2013. En comparaison, d'après un rapport d'Areva, **la filière électronucléaire emploie 125 000 personnes en France**. La différence est donc massive. Comme l'ont souligné les représentants de Terra Nova, **les investisseurs citoyens dans les énergies renouvelables représentent 50 % des investisseurs**, ce qui favorise l'acceptabilité sociale de ces technologies. C'est un aspect que nous souhaiterions voir développer en France.

Sur la question des prix, **il est nécessaire de prendre en considération non seulement les prix de l'électricité mais aussi la facture énergétique globale**.

En Allemagne, les prix du kilowattheure électrique ont très fortement augmenté. Ils sont bien supérieurs à ceux que nous connaissons en France, en conséquence du **choix politique effectué par le gouvernement allemand de faire peser majoritairement la contribution destinée aux énergies renouvelables sur les petits consommateurs domestiques et sur les PME**. Ce choix politique est discutable en termes d'équité et de durabilité. Agora *Energiewende* a publié un rapport établissant que **l'on pourrait baisser de 20 % la charge qui pèse sur les petits consommateurs** et la faire porter sur les consommateurs commerciaux. Cette question devra être traitée car la précarité énergétique en Allemagne a très fortement augmenté. Elle concerne aujourd'hui sept millions de ménages, ce qui est à peu près équivalent à la situation française.

Par ailleurs, les industriels électro-intensifs n'ont pas répercuté la baisse des prix de gros sur les petits consommateurs. Aujourd'hui pourtant, les prix de gros en Allemagne sont inférieurs à ceux de la France. Cet aspect est souvent omis dans les médias.

Encore une fois, au-delà du prix de l'électricité, c'est la facture énergétique dans son ensemble qui doit être considérée. **La transition n'est pas qu'électrique mais énergétique.** Or, la facture énergétique représente une part similaire de la consommation totale des ménages français et allemand. En 2010, l'énergie représentait 4,74 % de la consommation des ménages allemands contre 5,33% de la consommation des ménages français. **Les ménages allemands sont plus efficaces dans leur consommation d'électricité** spécifique, car leurs équipements sont plus efficaces, leurs logements sont mieux isolés et ils ne se chauffent pas à l'électricité mais plutôt au gaz.

Le gaz a connu un doublement récent de son prix au niveau européen, sans lien avec la transition énergétique, mais ce prix a moins augmenté en Allemagne que dans le reste des pays européens, ce qui équilibre la facture.

Le volet « efficacité énergétique » de l'Energiewende est, certes, insuffisant mais néanmoins considérable puisque la banque publique KfW a investi plus de huit milliards d'euros entre 2010 et 2012, avec 1,2 milliard d'euros provenant de l'État pour la **rénovation en profondeur de 100 000 à 150 000 logements par an, ce qui est sans commune mesure avec les résultats français**, notamment les 14 000 labellisations « *bâtiment basse consommation énergétique rénovation* » (BBC rénovation) attribuées en France en quatre ans, qui concernent à 95 % le logement social.

À plus long terme, les investissements dans les EnR sont un moyen certain de faire, demain, des économies. L'Allemagne a payé cher pour cela, puisqu'elle a fait baisser le coût de ces énergies. Toutefois, cet investissement est intéressant sur le long terme puisque le prix des énergies augmentera probablement demain, notamment par le biais de la tarification souhaitable du carbone.

S'agissant de la question du charbon, traitée dans un rapport récent disponible sur les sites Internet du *WWF*, du *Climate Action Network Europe* et du RAC-F, elle est effectivement paradoxale. Cette question est évoquée dans la presse sous l'angle d'une remise en question par l'Allemagne de ses objectifs climatiques. **La hausse de la consommation de charbon est perçue comme la conséquence directe de la sortie du nucléaire. Cette vision est erronée. Les énergies renouvelables ont plus que compensé la sortie du nucléaire. En revanche, l'utilisation des capacités existantes de charbon s'est accrue (+9 % entre 2010 et 2013).** De nouvelles centrales ont été construites, notamment par RWE, mais d'autres ont été fermées. Ce qui est en cause, c'est plutôt une utilisation accrue des capacités existantes qu'une augmentation de ces capacités.

L'utilisation accrue des centrales au charbon est un phénomène européen, qui ne concerne pas que l'Allemagne, même si cet effet est important en Allemagne car le charbon y occupait déjà une part importante du bouquet électrique.

Les médias évoquent souvent une renaissance du charbon en Europe. Ce constat doit être relativisé. En effet, alors qu'une vague de 112 nouveaux projets d'installations utilisant le charbon avait été annoncée, 67 % de ces projets ont été annulés et seulement trois ont été construits. On est donc loin d'un retour massif du charbon en Europe.

Ce n'est pas la sortie du nucléaire qui a accru l'utilisation du charbon en Allemagne mais **l'effet conjugué de deux facteurs** :

- **la baisse du prix du charbon**, de 40 % entre 2011 et 2013, alors même que le prix du gaz doublait en Europe, en lien avec le développement du gaz de schiste et la baisse de la consommation de charbon aux États-Unis d'Amérique et en Chine, ainsi que l'augmentation de la production de charbon au niveau mondial ;
- **la quasi inexistence d'un prix du CO₂** sur le marché du carbone européen : un rapport de l'Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI) sortira prochainement sur ce point. Pour substituer du gaz au charbon, il faudrait que la tonne de CO₂ atteigne un prix de 40 €/la tonne sur le marché du carbone. On en est très loin et pour encore longtemps, probablement jusqu'en 2030. Il serait illusoire d'espérer sortir du charbon avant 2030, uniquement grâce au marché carbone européen (EU ETS¹). Nous aurons besoin, tant en Allemagne qu'en Europe, d'une politique complémentaire à l'EU ETS.

Les ONG reconnaissent que la question du charbon en Allemagne constitue un vrai problème de long terme. À court terme, la tendance se

¹ *Système communautaire d'échange de quotas d'émission (European Union Emission Trading System).*

stabilise. Toutefois, **la diminution de la part du lignite nécessitera des efforts conséquents du gouvernement allemand.**

Des politiques ciblées devront être mises en place :

- **Réformer le plus rapidement possible le marché du carbone européen en profondeur pour éliminer définitivement le surplus historique de quotas sur le marché.** Aujourd'hui, 2,2 milliards de tonnes de CO₂ ne trouvent pas preneurs. La moitié de ces quotas en surplus ne sont pas dus à la crise mais à l'introduction de crédits de compensation internationaux. À partir de 2021, la compensation devra être interdite. L'Allemagne pousse, au niveau européen, pour une réforme du marché du carbone tandis que la France est beaucoup plus frileuse. S'agissant de ce marché, il faut, par ailleurs, **accélérer la réduction du plafond de quotas**, pour faire monter le prix du CO₂ et atteindre nos objectifs pour 2050.
- **Des objectifs pour 2030 doivent être rapidement fixés**, s'agissant des énergies renouvelables, de l'efficacité énergétique et de la réduction des émissions au niveau européen. Un conseil européen sera consacré à ces sujets en octobre 2014. Plus ces objectifs seront ambitieux, plus on pourra envisager une sortie du charbon en Allemagne.
- **Pour éliminer le charbon en Allemagne et en Europe, il est nécessaire d'introduire une norme de performance en termes d'émissions de CO₂ du secteur électrique**, qui s'appliquerait tant aux centrales nouvelles qu'aux centrales existantes.
- **La législation européenne sur la pollution de l'air et sur les émissions industrielles doit être renforcée.**

Toutes nos recommandations figurent dans le rapport précité.

En conclusion, l'Allemagne doit s'atteler à faire diminuer les émissions causées par l'utilisation du charbon et à celles provenant des secteurs diffus (transport, bâtiment, industrie) pour espérer respecter ses objectifs. **Dans le secteur des transports, notamment automobiles, aucune réduction des émissions n'a été observée, de même que, depuis quatre ans, dans l'industrie.** Nous appelons donc le gouvernement allemand à prendre des mesures complémentaires tendant à réduire les émissions de CO₂.

M. Bruno Sido

Je vous remercie. L'Allemagne a décidé de fermer ses centrales nucléaires. Qui paie cette fermeture ?

M. Graham Weale

Vous posez une question très sensible qui doit être résolue dans le cadre de procédures légales, qui sont en cours. Si une société privée doit fermer une installation, cela entraîne une perte de valeur préjudiciable. Je ne suis pas en position de juger les résultats possibles de ces procédures qui seront très longues.

Cette fermeture constitue une perte pour le pays entier. En effet, nous possédions un actif que nous n'utilisons plus. Mais c'est une question avant tout politique. Comme je l'ai dit tout à l'heure, en mars 2011, l'énergie nucléaire a perdu soudainement et complètement le consentement de la population allemande. Dans ces conditions, il n'était pas possible de continuer à faire fonctionner les centrales.

Comme il était impossible de les fermer immédiatement, le Gouvernement a décidé de les fermer au cours d'une période de dix ans.

D'un point de vue économique, cette décision constitue évidemment une perte.

M. Bruno Sido

Avant de passer à la seconde table ronde, je m'adresse à nouveau aux grands témoins de cette première table ronde : avez-vous des observations ou des questions à formuler ?

M. Graham Weale

Nous nous étions préparés à des critiques de ce qui se passe en Allemagne, concernant notamment le prix du tournant énergétique, l'utilisation du charbon...

La transition a déjà montré qu'il était possible d'avancer concernant notamment la réduction des coûts et l'intégration des énergies renouvelables, bien que cette question demeure problématique.

L'Allemagne est un laboratoire. Elle ne peut espérer réaliser simultanément tous les objectifs qu'elle poursuit. Elle a déjà atteint une grande partie de ses buts. Demeure la question des émissions de CO₂, ainsi que deux autres aspects que nous avons peu évoqués, relatifs aux instruments européens.

Les instruments européens que sont, d'une part, le marché de l'électricité et, d'autre part, l'EU ETS, sont très importants pour garantir :

- que le prix de l'électricité est aussi bas que possible ;

- et, qu'une diminution de l'utilisation du charbon sera observée avant 2020.

Nous devons mettre l'accent sur ces instruments sans attendre que chaque pays réduise individuellement ses émissions. Il faut veiller aux objectifs poursuivis aux niveaux européen et mondial et se demander si ce que nous faisons y contribue efficacement. L'Allemagne y a contribué de façon très importante. S'agissant d'un laboratoire, des leçons restent à tirer. Mais des progrès importants ont été accomplis.

SECONDE TABLE RONDE - QUELS ENSEIGNEMENTS POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE FRANÇAISE ?

M. Bruno Sido

Je remercie encore une fois les intervenants de la première table ronde. Notre seconde table ronde sera consacrée aux enseignements à tirer du tournant énergétique allemand pour la transition énergétique française. Nous entendrons d'abord les représentants de deux acteurs incontournables du paysage énergétique français que sont nos deux grands témoins, M. Jean-Paul Bouttes, directeur de la stratégie et de la prospective d'EDF et M. Édouard Sauvage, directeur de la stratégie de GDF SUEZ. Je donnerai d'abord la parole au premier d'entre eux, pour lui demander quelles leçons nous pouvons tirer de l'expérience de ces dernières années en Allemagne.

M. Jean-Paul Bouttes, directeur de la stratégie et de la prospective, EDF

Je vous remercie, pour cette invitation à intervenir sur le sujet primordial de la transition énergétique et de la coopération entre la France et l'Allemagne. Je vous propose de le traiter au travers de cinq points principaux.

Le premier point concerne la compétitivité et le pouvoir d'achat. Il s'agit évidemment d'un enjeu clef, le gaz étant aujourd'hui trois fois plus cher en Europe qu'aux États-Unis d'Amérique et l'électricité deux fois plus, alors qu'il y a dix ans les prix étaient à peu près équivalents. C'est un enjeu particulier en Allemagne : **pour les ménages allemands, le prix de l'électricité a doublé depuis l'an 2000. Ce prix est maintenant le double de celui payé par les Français.** Cette hausse résulte pour une bonne part de celle du prélèvement *EEG-Umlage*, qui a triplé depuis 2010, en particulier – comme cela a été dit – du fait d'un développement très rapide du photovoltaïque sur la dernière période. Cela entraîne à présent un **surcoût annuel de 24 milliards d'euros**.

Au fond, l'Allemagne a elle-même tiré deux leçons majeures de cette situation, au travers de la dernière loi sur les renouvelables dite « EEG 2.0 ». La première leçon, c'est qu'il faut essayer de **faire levier sur les renouvelables les plus compétitives**. C'est aussi la conclusion d'un récent rapport de la Cour des comptes. Ainsi, sur les trois dernières années, l'hydraulique et l'éolien représentent environ la moitié de la production des énergies renouvelables et seulement 20 % des surcoûts, alors que le photovoltaïque et la biomasse, pour une production équivalente, induisent

75 % de ces surcoûts. Ces données évoluent, mais il faut les suivre attentivement, comme le gouvernement allemand a décidé de le faire dans les prochaines années.

La seconde leçon tirée par nos voisins concerne la nécessité de **maîtriser les volumes de développement des énergies renouvelables**, pour s'assurer qu'ils répondent à de véritables besoins énergétiques. Du fait de la crise économique, nous avons été confrontés à de réelles difficultés sur ce plan. Même des technologies subventionnées doivent s'inscrire dans une vision des équilibres entre offre et demande, permettant d'assurer que les kilowattheures générés par les nouveaux moyens de production soient effectivement utiles pour le système. En particulier, le recours aux appels d'offres représente l'un des moyens pour mieux prendre en compte cette dimension à l'avenir.

Le second point, commun à la France et à l'Allemagne, porte sur l'emploi, notamment industriel. Dans le secteur des renouvelables, l'ambition industrielle allemande des années 2000 est mise à rude épreuve par la concurrence asiatique. Ainsi, **80 % des panneaux photovoltaïques installés en Allemagne proviennent à présent de Chine. Des fleurons industriels du secteur ont fait faillite**, comme *Q-Cells*, sortent du secteur, comme *Siemens* et *Bosch*, ou sont en difficulté, comme l'entreprise *SMA solar technology* dans le domaine des onduleurs. **Plus de 40 000 emplois ont été perdus en 2013 dans le secteur du photovoltaïque allemand.** C'est une situation difficile qui pourrait être redressée en accompagnant les politiques de déploiement et de recherche et développement par un volet industriel, afin de pérenniser des filières importantes pour la France et pour l'Europe. Ces stratégies industrielles sont à considérer de façon holistique pour nous permettre de faire face à la concurrence internationale en prenant en compte les industriels dans leur totalité. C'est aussi **un enjeu majeur pour la coopération franco-allemande** dans les prochaines années.

Troisième point, l'importance des enjeux de l'intermittence, en particulier du photovoltaïque et des éoliennes. L'Europe, en premier lieu l'Allemagne, se trouve avant d'autres confrontée à ce défi majeur. Aujourd'hui, **8 % de l'électricité européenne est déjà produite par des moyens intermittents**, soit deux fois plus qu'aux États-Unis d'Amérique et trois fois plus qu'en Chine. D'après les prévisions de l'Agence internationale de l'énergie, ces deux pays n'arriveraient à 10 % d'énergies intermittentes – à peine plus que l'Europe aujourd'hui – qu'à l'horizon 2030.

Il est donc particulièrement intéressant d'observer la situation en Allemagne et son évolution dans les dix ans qui viennent. **En 2013, les énergies renouvelables ont produit 24 % de l'électricité allemande.** Mais hors biomasse et hydraulique, les énergies intermittentes représentent 13 % du bouquet électrique, pour une puissance installée de 70 GW. Nos voisins prévoient d'atteindre le double à l'horizon 2023. Avec une puissance électrique de pointe en Allemagne de l'ordre de 80 GW, et une puissance

moyenne appelée de 55 GW, les besoins en renforcement du réseau pour évacuer ses excédents de puissance sont significatifs.

Les études menées en Allemagne, en particulier par la DENA *Deutsche Energie-Agentur* – équivalent allemand de l'ADEME – s'avèrent très instructives. Trois types de développements ont été étudiés et chiffrés : un premier pour la création d'un corridor destiné à transporter l'énergie éolienne produite au nord vers les centres de consommation au sud, avec des investissements estimés à 22 milliards d'euros à l'horizon 2023 ; un deuxième pour le raccordement des éoliennes *offshore*, avec un coût équivalent sur les prochaines années ; et, enfin, le développement et le renforcement des réseaux de distribution résultant du raccordement de la plus grande part des panneaux photovoltaïques et des éoliennes, d'un coût situé dans une fourchette de 20 à 35 milliards d'euros. **Dans les dix ans qui viennent, un peu plus de 60 milliards d'euros d'investissements dans les réseaux seront donc nécessaires pour environ 150 TWh de production intermittente.** Le surcoût par mégawattheure étant par conséquent de l'ordre de 40 euros, il apparaît pertinent de gérer ce sujet de façon rigoureuse, en tirant les leçons de l'expérience.

Le gouvernement allemand se mobilise fortement pour progresser dans ce domaine, en particulier avec une nouvelle loi en 2011 visant à accélérer la construction de nouvelles lignes de transport d'électricité. Ce programme rencontre cependant des oppositions locales assez fortes comme en témoigne l'exemple récent de l'abandon du projet de ligne Halle-Augsbourg et l'opposition du ministre-président de Bavière à un certain nombre de lignes. Il s'agit donc d'un enjeu important. Cette situation pousse l'Allemagne à étudier de nouvelles solutions : l'enfouissement des lignes électriques, la coexistence de lignes en courant alternatif et continu, la gestion des réseaux, et surtout le stockage d'électricité, avec les batteries ou l'hydrogène. Ce dernier axe est essentiel : nous sommes nous-mêmes très impliqués dans la recherche et développement dans ce domaine puisque l'un de nos principaux centres de recherche se situe à Karlsruhe. Ceci pourrait être un axe de coopération important entre la France et l'Allemagne.

Un quatrième point concerne les émissions de CO₂ et la lutte contre le changement climatique. L'Allemagne, comme le Danemark, émet aujourd'hui un peu plus de neuf tonnes de CO₂ par habitant et par an, contre environ cinq tonnes en France et en Suède. Cet écart résulte évidemment pour l'essentiel d'**un bouquet électrique à 60 % fossile en Allemagne**, avec notamment 20 % de charbon et 25-27 % de lignite, les plus émetteurs de CO₂. Si certaines centrales à charbon ont été déclassées, depuis 2000, 13 à 14 GW de nouvelles centrales à charbon ont été mises en service, pour une part en anticipant l'arrêt des centrales nucléaires programmé depuis 2000. De ce fait, le contenu carbone du kilowattheure allemand remonte ces dernières années à des niveaux proches de celui des années 2000, autour de 610 g/kWh dans un contexte de prix du carbone sur le marché européen déprimé. Dans ces

conditions, la plupart des experts et le gouvernement allemand lui-même considèrent que l'objectif fixé d'une baisse de 40 % des émissions en 2020 par rapport à 1990 ne sera pas atteint. Cela nécessiterait en effet des efforts deux fois plus importants que ceux faits depuis 1990, sans l'atout des gains résultant de la restructuration industrielle consécutive à la réunification avec l'Allemagne de l'Est.

Parmi les enseignements, deux principaux :

- L'importance, au plan européen, de remettre le prix du CO₂ et le marché des permis d'émission au centre de la politique climatique de l'Union. Pourquoi pas, en pratique, avec un prix-plancher du carbone, comme le suggère Terra Nova dans sa note sur la transition énergétique allemande ?
- Relancer la R&D sur la capture et le stockage du carbone (CCS) : pour continuer à utiliser le charbon en limitant les émissions de CO₂. Des collaborations France-Allemagne sur ce thème, pourraient être un élément utile, avec des perspectives vers l'exportation.

Le dernier point concerne le transport et les bâtiments. *L'Energiewende* ne concerne pas que l'électricité. Les bâtiments et le transport sont aussi des sujets majeurs, en Allemagne comme en France où à eux seuls, ils représentent 70 % de notre consommation d'énergie. Pour agir dans ces deux secteurs, la France a, par rapport à l'Allemagne, l'avantage d'avoir une électricité déjà décarbonée, ce qui permet d'envisager de substituer aux énergies fossiles des usages performants de l'électricité, en développant, par exemple et dès aujourd'hui les pompes à chaleur dans le bâtiment ou, demain, le véhicule électrique. D'autres leviers sont à exploiter, comme la valorisation de la biomasse, au travers du Fond chaleur de l'ADEME - un outil vraiment intéressant -, ou le développement du biogaz. Sur ces aspects l'expérience allemande est intéressante. L'Allemagne a beaucoup investi dans la biomasse, pour la production d'électricité mais aussi de chaleur et de biocarburants. Elle est confrontée à des questions importantes qu'il conviendrait de prendre en compte, en particulier la compétition entre alimentation et énergie dans l'utilisation des sols, ainsi que le recours aux importations, dont il faudrait faire le bilan CO₂.

Si on regarde plus précisément l'efficacité énergétique dans les bâtiments, nos deux pays sont en fait assez comparables. Selon les chiffres de l'Agence internationale de l'énergie, la consommation d'énergie dans le bâtiment est de 8,7 MWh par habitant et par an en Allemagne, contre 7,9 MWh en France. L'Allemagne utilise davantage d'énergies fossiles pour le chauffage, du gaz ou du fioul, alors qu'en France nous nous chauffons plus à l'électricité décarbonée ou au bois. Au sujet des factures d'électricité et de gaz, il convient de noter que compte-tenu du fait que les prix de l'électricité sont deux fois plus élevés en Allemagne et de l'usage plus important de 30 % du gaz avec un prix équivalent de ce dernier dans nos

deux pays, la facture d'électricité et de gaz des allemands est en moyenne de 40 % plus élevée que chez nous. C'est donc globalement positif pour la France, raison de plus pour parler des économies d'énergie.

Comme le pointe M. Benjamin Dessus, nos voisins disposent d'une avance sur la pénétration des lampes basse consommation et des produits blancs efficaces- avec les normes AAA-. Ce pourrait être un des enseignements pour la France avec pour conséquence une consommation annuelle inférieure de 10 TWh. Nous devons progresser dans ce domaine. Sur la question essentielle de la rénovation des logements, je retiens trois points de l'expérience intéressante de la KfW¹ : l'importance d'un diagnostic fiabilisé, pour cibler les logements les plus énergivores et les gestes les plus efficaces ; l'efficacité des incitations liées aux gains de performance énergétique et non à l'usage d'une technologie spécifique ; et, enfin, une filière et des artisans particulièrement bien formés.

Enfin, sur le transport, sujet sur lequel il y a une opportunité à engager une coopération entre les acteurs des deux côtés du Rhin, nous disposons d'une industrie électrotechnique forte et d'une industrie automobile motivée pour préparer le véhicule à basse émission de CO₂ de demain. En France : une électricité décarbonée. En Allemagne : un intérêt à trouver des solutions de stockage efficaces pour gérer l'intermittence.

La course industrielle sur les batteries est engagée aux Etats-Unis, au Japon, en Chine et en Europe. Autant de raisons pour ne pas manquer cette opportunité de coopération.

M. Bruno Sido

Je vous remercie et donne immédiatement la parole à M. Édouard Sauvage, pour terminer l'introduction de cette seconde table ronde.

M. Édouard Sauvage, directeur de la stratégie, GDF SUEZ

Je vous remercie de m'avoir invité au sein de ce groupe, dont la très grande richesse fait qu'il est difficile d'apporter une vision complémentaire. En particulier, je rejoins mon collègue Jean-Paul Bouttes sur l'ensemble de ses constats.

Pour tirer les leçons d'une politique, il faut d'abord en connaître les objectifs et vérifier qu'ils concordent avec les résultats. On s'est interrogé sur les buts de l'*Energiewende*. S'agit-il de sortir du nucléaire ou d'atteindre les grands objectifs fixés par les chefs d'État européens, à savoir : faire en sorte

¹ *Kreditanstalt für Wiederaufbau, en français Établissement de crédit pour la reconstruction*

que l'énergie soit abordable pour tous, réduire les émissions de CO₂ et garantir la sécurité d'approvisionnement énergétique ?

À l'aune de ces trois critères, **les politiques européennes aussi bien l'Energiewende sont un échec**, comme M. Gérard Mestrallet, PDG de GDF SUEZ, l'a récemment souligné avec ses collègues énergéticiens européens au sein du Groupe Magritte. Ces derniers représentent plus de 600 000 salariés à travers l'Europe et le quart de la production d'énergie renouvelable, ce qui démontre que l'idée selon laquelle les énergéticiens seraient hostiles aux énergies renouvelables n'est pas tout à fait exacte. S'il est très positif que beaucoup d'installations aient été mises en place par des particuliers, de petites entreprises et des agriculteurs, les énergéticiens, dans leur grande majorité, s'inscrivent aussi dans cette évolution technologique.

Le plus paradoxal, c'est que, d'après les derniers sondages, **plus de 70 % des Allemands sont toujours favorables à l'Energiewende**. Un quart d'entre eux sont même prêts à payer plus cher pour la poursuivre, alors que le prix de l'électricité a déjà doublé. Le premier constat majeur porte sur l'adhésion nationale à cette politique. Il ne revient pas à des industriels de dire comment y parvenir, mais, **au regard de l'expérience allemande, la priorité du gouvernement français devrait être de créer une telle adhésion**, compte tenu des enjeux, rappelés au dernier sommet de l'ONU, au niveau national comme mondial et de la conférence climatique prévue l'année prochaine. Pourquoi la transition énergétique est-elle réalisable en Allemagne ? Ainsi que cela a été dit, du fait d'une vision à long terme partagée par la société. Je crois qu'il est très important de s'assurer que l'ensemble de la société française partagera aussi une telle vision à long terme.

En Allemagne, les secteurs les plus concurrentiels ont été préservés des surcoûts. Par ailleurs, on n'a pas assez souligné l'efficacité allemande. **Aujourd'hui il faut trois fois plus de temps en France qu'en Allemagne pour installer une éolienne ou un méthaniseur**. C'est un élément majeur, y compris pour les lignes électriques. Comment accélérer et comment réduire les coûts de mise en place de ces nouvelles installations ? Beaucoup de ces coûts sont simplement d'ordre administratif ou découlent d'une insécurité juridique. Il est possible de travailler sur cette question. Quels enseignements pouvons-nous tirer de ce constat ? Vous l'avez dit à juste titre, **regardons déjà les enseignements que les Allemands en ont tirés eux-mêmes, au travers de la nouvelle loi votée en août** qui reprend toutes les nouvelles prescriptions européennes, permettant ainsi une très grande sécurité juridique. Ils ont déjà négocié et mis en place les nouvelles règles permettant à certains secteurs industriels d'être exonérés, sans risque de recours devant la Commission européenne. La sécurité juridique est un élément majeur pour nos réflexions.

Cela a été dit, **la sécurité à long terme implique l'absence de remise en cause de ce qui a pu être accordé aux industriels**. Ce qui se passe

aujourd'hui en Espagne représente un élément majeur d'insécurité pour les investisseurs. En Allemagne, la parole est garantie. Les Allemands ont clairement annoncé qu'ils ne reviendraient pas sur les mesures déjà mises en place. Face à des industriels qui évaluent les investissements dans les différents pays en mesurant les risques, le respect de la parole donnée par un gouvernement est un élément fondamental. Il est vrai qu'il faut pouvoir être très transparent, dans un monde où les révolutions technologiques vont très vite, pour annoncer que le système sera revu. Cela existe d'ailleurs déjà en France, au travers de systèmes de modulation des incitations au fur et à mesure de la réduction des coûts, mais de manière transparente et connue, avec des règles lisibles, ce qui fait qu'on peut les modifier sans donner l'impression d'une instabilité juridique. Je crois que, pour le législateur comme pour le gouvernement, c'est aussi une leçon majeure à retenir.

Enfin, il me semble souhaitable d'intégrer le plus complètement possible au marché les solutions mises en place, de sorte que les coûts soient connus et les coûts cachés évités. Il s'agit de faire des choix éclairés, par exemple de décider d'autoriser le raccordement d'un type donné d'installation en faisant payer le coût réel, quitte à le subventionner.

Quelles conclusions tirer face à la véritable révolution énergétique qui se met en place ? La première est que, si l'ambition de la transition énergétique est de réduire les émissions de CO₂, il ne faut pas se limiter à l'électricité. Elle ne représente en France que 25 % de la consommation finale. Il y a énormément de choses à faire et les innovations qu'on a pu voir dans la production d'électricité renouvelable peuvent apparaître dans d'autres secteurs.

Les innovations ne sont pas uniquement technologiques, elles peuvent aussi porter sur les usages. On voit bien que la mise en place de véhicules en autopartage ouvre de nombreuses possibilités quant à la manière dont le transport peut être totalement repensé. Si l'on souhaite une transition énergétique majeure, il faut faire attention à bien mesurer les conséquences de ces bouleversements et à repenser complètement le système, faute de quoi nous mettrons rustine sur rustine. La deuxième règle consiste donc à fixer des objectifs et à en tirer toutes les conséquences, en termes d'action dans la durée, en s'assurant de la soutenabilité de ce qui est envisagé. De ce point de vue, ce que vous faites, monsieur le président, est tout à fait important. **Il faut préparer en amont la législation en mesurant les conséquences des évolutions technologiques en cours et à venir**, afin de ne pas avoir à improviser une fois qu'elles se seront déjà produites.

Il faut tirer toutes les conséquences de la décentralisation de la production d'énergie en termes de dialogue. Où doit se faire la politique énergétique de demain ? On l'a dit, tous les États européens sont interdépendants, mais prennent de plus en plus de place les réalités locales, les volontés de territoires à énergie positive. Le grand défi pour les dirigeants politiques sera de réussir à établir un dialogue du niveau

territorial le plus bas jusqu'au niveau européen, et même mondial s'agissant des changements climatiques. Je pense que, sur cet aspect, les Allemands, de par leur organisation fédérale en *Länder*, ont certainement un temps d'avance sur nous. C'est un point important s'agissant des éléments de dialogue à mettre en place dans la loi.

Nous le savons, tout cela sera possible grâce à la numérisation, qui induit un bouleversement énorme : on parle de réseaux intelligents. Aujourd'hui, quasiment tout le monde peut avoir un téléphone intelligent susceptible d'interagir en temps réel avec les installations domestiques ou d'entreprise. **Cela pose d'ailleurs question en termes de confidentialité des données. Si ce problème n'est pas traité, il risque de conduire à un rejet par les populations.** Des solutions technologiques extrêmement efficaces risqueraient alors de ne pas être mises en place.

En conclusion, je voudrais rappeler les principaux points qui me semblent importants : **donner la priorité aux subventions à la recherche et à l'innovation ; privilégier évidemment les énergies renouvelables les plus compétitives** grâce à des mécanismes de marché.

Il faut souligner que les Allemands sont allés jusqu'à proposer des primes pour que ceux qui bénéficient des tarifs de rachat puissent basculer plus rapidement vers des mécanismes de marché plus efficaces ; **garder comme finalité majeure la réduction des émissions de CO₂** car c'est bien à cette aune que toutes les politiques doivent être jugées ; et, enfin, **garantir la sécurité d'approvisionnement** par des systèmes de marchés de capacité qu'il faudra généraliser au niveau européen.

M. Bruno Sido

Je vous remercie. Nous allons commencer ce tour de table en entendant M. Hervé Mignon, directeur économie, prospective et transparence de Réseau de transport d'électricité (RTE), à propos des enseignements du tournant énergétique allemand.

M. Hervé Mignon, directeur économie, prospective et transparence, RTE

Les enseignements du tournant énergétique allemand : le point de vue de RTE

Beaucoup d'éléments ont déjà été évoqués concernant les aspects énergétiques, économiques et sociaux : je ciblerai mon propos, d'une part, sur des questions spécifiques à l'électricité et plus particulièrement aux infrastructures de réseau, d'autre part, sur la sécurité d'approvisionnement. Cette sécurité est un enjeu fort auquel nous souscrivons pleinement, compte

tenu des attentes sociétales et de la dépendance de plus en plus forte de notre société à la qualité de la fourniture d'électricité.

Les grandes leçons à tirer de ce qui se passe en Allemagne répondent à trois défis.

Le premier défi est géographique. Il résulte de changements dans la localisation des moyens de production, des impacts directs sur les infrastructures de réseau, en Allemagne et, de manière plus globale, dans l'ensemble du territoire européen, y compris en France.

Le deuxième défi, c'est celui de la temporalité. On peut effectivement afficher des objectifs : l'Allemagne l'a fait avec l'*Energiewende*, la France le fait dans le cadre du projet de loi relatif à la transition énergétique. Mais, derrière les objectifs, il convient aussi d'examiner le calendrier de mise en œuvre, les étapes et les jalons qui sont fixés, afin de s'assurer qu'il y ait bien une cohérence d'ensemble entre les différents secteurs concernés que sont la production, les infrastructures de réseau et la consommation.

Le troisième défi est celui de la transparence sur ces évolutions. Dans les débats précédents, de nombreux intervenants ont pu évoquer les chiffres, les considérations, les échos... Mais il importe aussi, indépendamment des choix effectués, de **disposer d'indicateurs transparents et neutres** permettant de vérifier la bonne application des politiques engagées et, par là-même, de juger du bien-fondé de celles-ci, d'analyser leurs bénéfices et leurs éventuelles contraintes.

Je vous propose d'examiner d'abord la question géographique avec quelques considérations que l'on pourrait considérer comme triviales en termes de raisonnement, mais qu'il convient de rappeler. Que s'est-il passé en Allemagne durant les dix dernières années dans le domaine des énergies renouvelables ? En une dizaine d'années, à peu près 30 GW de production éolienne sont apparus au nord de l'Allemagne, dans les zones proches du littoral. Pour le photovoltaïque, 40 GW de capacités de production ont été installés dans le sud de l'Allemagne, en Bavière, compte tenu des modes de régulation et d'incitation mis en place.

À l'instar des autres pays européens, c'est toujours dans le sud – de la France, de la Belgique ou de l'Allemagne – que se développe ce type de production, ne serait-ce que par héliotropisme. Où se trouve la consommation principale en Allemagne ? Elle est et elle demeurera certainement dans les régions du sud, à la fois pour des raisons de démographie – c'est là que la population est la plus nombreuse – et parce que les grandes entreprises industrielles sont historiquement implantées sur place, si bien que cette région demeure une zone de forte consommation. De ce simple rappel géographique découle la nécessité de réfléchir, dès lors qu'on modifie la répartition des moyens de production, à la nouvelle répartition géographique des infrastructures de réseau permettant de mettre

en relation ces nouvelles zones de production avec les zones de consommation. C'est ce qui a conduit nos homologues, les quatre gestionnaires de réseau de transport allemands, à développer des plans importants d'investissement pour la construction ou le renforcement d'ouvrages, afin de pouvoir continuer à assurer de façon sûre et efficace l'acheminement de l'électricité entre le nord et le sud du pays.

Une nouvelle répartition géographique des moyens de production implique donc *de facto* une nouvelle répartition géographique des infrastructures de réseau de transport d'électricité. Une des conclusions évidentes que nous pouvons en tirer est que si **nous nous engageons dans une nouvelle répartition géographique des moyens de production, pour mettre à profit les gisements éolien ou solaire, à l'évidence cela conduira, comme outre-Rhin, à modifier la répartition géographique des infrastructures de réseau de transport.**

Deuxième défi, la temporalité : quel délai peut-on constater entre la conception et la mise en œuvre des installations de production ? En France, comme en Allemagne, il s'agit de quelques années pour **le photovoltaïque**, un peu plus pour **l'éolien**, l'ordre de grandeur étant de **quatre à cinq années**. Quel délai constate-t-on en Allemagne entre le moment où une **ligne à haute tension** nécessaire pour évacuer cette production est conçue et le moment où elle est autorisée et mise en service ? Ce délai est d'une décennie. Ces dix années correspondent-elles au temps nécessaire aux travaux, à la construction des pylônes et à la pose des câbles ? Il n'en est rien. La construction d'une ligne de deux ou trois cents kilomètres nécessite une année à une année et demie de travaux.

D'où vient cette différence entre ces dix-huit mois et ces dix ans ? Elle résulte tout simplement d'une accumulation, constatée dans beaucoup de pays européens, de procédures administratives préalables visant à vérifier l'opportunité, l'utilité, le respect d'un certain nombre de normes, etc. Ces procédures conduisent à solliciter, sur huit ans, parfois à trois reprises et dans trois configurations différentes, les mêmes acteurs publics, les mêmes collectivités et les mêmes populations.

Force est de constater que, quels que soient les efforts que peuvent déployer les gestionnaires de réseau, la superposition de ces procédures conduit à une situation de blocage. Le législateur allemand a fait ce constat, puisque ce n'est pas une mais trois lois qui ont été adoptées pour passer de dix à quatre années de procédure administrative.

Même si ses effets ne sont pas encore complètement déclinés aujourd'hui, la loi dite « NABEG »¹ relative à l'accélération de l'extension du réseau de transport d'électricité, constitue une réponse opérationnelle rationalisant les différents textes encadrant l'autorisation des infrastructures,

¹ *Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz, loi sur l'accélération du renforcement des réseaux de transport du 28 juillet 2011.*

afin de parvenir à une équivalence temporelle pour le réseau, la production et la consommation. Il ne sert à rien de développer de manière sectorielle une filière si le lien substantiel constitué par le réseau de transport n'est pas assuré. Par son maillage, par la mise à disposition d'information, de réserves de moyens de transit, mais aussi de sécurité, le réseau est indispensable pour pouvoir continuer à acheminer la capacité produite vers les zones de consommation de façon sûre et efficace.

La Suisse aussi développe des réglementations adaptées sur les ouvrages, l'Italie, l'Espagne et le Royaume-Uni les ont déjà mises en place. C'est un mouvement européen reconnu par la Commission européenne qui met en exergue la nécessité d'avoir une vision cohérente, en termes de délais, entre ces différents types de travaux. Il ne s'agit pas de consentir une dérogation ou une exception au droit commun, mais de **rationaliser les procédures de concertation et d'explication vis-à-vis des riverains**, en respectant à la fois la convention d'Aarhus et, plus que jamais, le souci d'objectivité qui nous semble essentiel à l'acceptation locale des projets.

Le dernier défi concerne la transparence. Dans une société qui s'interroge, notamment sur les coûts ou les aspects techniques, il convient évidemment de mettre à profit tous les outils existant, à l'instar de ce qui se fait en Allemagne sur les réseaux électriques intelligents. Le président du directoire de RTE, M. Dominique Maillard, est chef de file du chantier « Nouvelle France industrielle » sur les réseaux électriques intelligents. Dans ce cadre, nous avons bien sûr des échanges avec nos homologues allemands et d'autres pays.

Il est important d'examiner l'information nécessaire au public, aux collectivités locales, aux acteurs locaux, nationaux et de marché. Plus que jamais, il nous apparaît essentiel de bien **veiller à ce qu'il y ait une neutralité de l'information, qu'elle soit mise à disposition de tous les acteurs**.

Demain, un certain nombre d'outils seront mis en œuvre, par exemple la réglementation REMIT au niveau européen. Le règlement (CE) n° 1227/2011 du 8 décembre 2011 concernant l'intégrité et la transparence du marché de l'énergie (REMIT) vise en effet à **renforcer la surveillance des marchés de l'énergie**. Des instruments transparents font partie intégrante de l'acceptation et de la compréhension des enjeux sur ce sujet à l'instar de l'application ECO₂ MIX développée par RTE.

Voilà, en quelques mots, les enjeux clefs des leçons tirés de *l'Energiewende*.

M. Bruno Sido

Je vous remercie et je me tourne maintenant vers M. Jacques Gérard, directeur des Affaires publiques d'AREVA, qui va nous

exposer le point de vue de cette entreprise, en insistant sur l'impératif de prise en compte du contexte socio-économique pour réaliser la transition énergétique.

M. Jacques Gérault, directeur des Affaires publiques d'AREVA

L'impératif de prendre en compte les aspects socio-économiques dans la transition énergétique française

Merci infiniment monsieur le Président. Permettez-moi d'abord d'excuser M. Philippe Knoche, directeur général adjoint d'Areva, qui est à l'étranger, ce qui me vaut le plaisir d'être parmi vous et de le représenter aujourd'hui.

Du point de vue d'Areva, il semble essentiel de constater que les propos tenus précédemment ne l'auraient peut-être pas été il y a seulement une année. Voici un an, il était de bon ton de critiquer d'une manière violente ce « *modèle allemand qui va dans le mur* ». Aujourd'hui, je constate que les propos sont beaucoup plus modérés. Ce qui en ressort, c'est que l'Allemagne a fait un choix politique irréversible de long terme. À cet égard, il me semble que les récentes lois de 2011 et 2014, évoquées précédemment, permettent des ajustements très pragmatiques qui vont dans le bon sens. Ce qui ressort aussi nettement des propos tenus, c'est que ***l'Energiewende est acceptée par la société allemande dans son ensemble, de la CDU au SPD en passant par les Verts. Un dernier point à souligner, c'est que ce modèle allemand s'inscrit dans le cadre non d'une politique européenne, mais nationale***, prenant en compte les atouts et vulnérabilités propres à l'Allemagne. Si l'Allemagne possède du lignite, nous avons l'énergie nucléaire.

S'agissant du projet de loi relatif à la transition énergétique, Areva constate qu'il est tout à fait équilibré, d'abord parce qu'il ne prend pas seulement en compte la variable électricité, mais aussi toute la panoplie des différentes énergies. Il y aurait peut-être quelques modifications à lui apporter, d'abord sur le problème du rôle de l'État dans un monde de grandes incertitudes. Quelles sont ces incertitudes ? Tout d'abord on peut fixer tous les plafonds que l'on voudra, les faits sont têtus, les réalités économiques et sociales sont ce qu'elles sont. Il nous semble qu'il faudrait davantage prendre en compte ce que sera, à l'horizon 2030, l'évolution de la demande d'énergie. Cette demande est fonction de variables par définition mal connues à ce jour, notamment la démographie et la croissance économique. Il faut aussi veiller à ne pas avoir une vue malthusienne de la consommation d'énergie. Aujourd'hui, l'exclusion sociale, ce n'est plus l'exclusion par la nourriture, mais par l'absence de toit et par la précarité énergétique. Je crois que nous devons avoir, dans ce domaine, une ambition

en termes de qualité au profit des populations les plus précarisées dans notre société.

Le second facteur d'incertitude est relatif à une question énergétique qui devient incontournable, alors qu'elle ne l'était pas voici deux ou trois ans, celle du gaz dit de schiste. Il a été très justement dit, tout à l'heure, que le gaz de schiste nord-américain bouleversait complètement la compétitivité de nos économies, de part et d'autre de l'océan Atlantique, avec des conséquences très importantes. Les États-Unis d'Amérique ont amélioré leurs performances en termes d'émissions de CO₂ et exportent simultanément leur charbon à des prix devenant dérisoires. Il faut tenir compte de cette évolution.

Un autre facteur de vulnérabilité découle des inquiétudes de la société vis-à-vis de certaines énergies. Dans une vie antérieure, en tant que préfet, j'ai constaté qu'il y a de plus en plus de résistances au déploiement des éoliennes sur le territoire. Il en va de même pour les fermes solaires, ces réalités doivent être prises en compte.

Se pose aussi la question des ruptures technologiques. Nos priorités énergétiques sont l'indépendance énergétique et la lutte contre les changements climatiques, ce qui nous ramène à la question du nucléaire. **N'acceptons pas l'idée que le nucléaire devrait être effacé au prétexte que le modèle allemand l'aurait fait. Il est un atout majeur pour notre pays. Il faut savoir le préserver, y compris pour les générations futures :** je pense à la quatrième génération de réacteurs. Le nucléaire n'est pas une filière industrielle du passé, mais d'avenir, utilisatrice de formations de très haut niveau et génératrice d'exportations. Le coût de son électricité, pour les ménages comme les entreprises, nous met au premier rang en termes d'exemplarité pour la lutte contre les changements climatiques, mais aussi en termes de compétitivité.

En tant que représentant d'Areva, je tiens à revenir sur un point déjà abordé mais de façon un peu cursive : la question des milliards d'euros investis dans les panneaux photovoltaïques au profit de l'industrie chinoise, un peu comme si le consommateur français avait subventionné l'économie chinoise.

Dans nos futurs choix, prenons garde qu'il n'en soit pas de même pour d'autres filières. C'est la raison pour laquelle nous avons fait le choix de l'éolien en mer ; il nous semble, aussi bien pour l'éolien posé que flottant – pour les pays ne disposant pas de plateau continental –, que ce secteur est à même de créer une véritable filière d'excellence, gage d'emploi, d'activité économique et d'aménagement du territoire bien pensé. Si l'on combine ces critères, on aboutit à des schémas tout à fait acceptables en France, mais aussi dans un cadre européen.

Cela nous amène à faire quelques propositions et je vais vous présenter certaines d'entre elles. **La simplification des normes juridiques**

est absolument cruciale. Pour l'éolien, les préfets et présidents de conseils régionaux de Bretagne et de Normandie ont élaboré une série de propositions de modifications législatives et réglementaires qui nous paraît extrêmement intéressante. **Elle vise à raccourcir les délais de dix ans** évoqués, bien souvent supérieurs lorsque les chemins critiques réglementaires et de purge de délais ne sont pas bien combinés. En outre, il nous paraît intéressant que le projet de loi relatif à la transition énergétique favorise **la création de démonstrateurs**, tels que celui de notre filiale Wind au large de la côte d'Albâtre, qui permettraient aux diverses technologies françaises de progresser sur le plan de la maintenance et de la formation professionnelle.

Dans le domaine du stockage de l'électricité, tout reste à faire en termes de recherche et développement. Pourquoi ne pas engager dans ce cadre une coopération franco-allemande ?

L'intégration des réseaux est absolument nécessaire. J'en arrive au dernier point qui me paraît être la première priorité. Nous nous trouvons à la veille de la prochaine conférence des parties de la convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (« COP21/CMP11 »), qui se tiendra à Paris du 30 novembre au 11 décembre 2015. Cette négociation mondiale bouleversera fondamentalement le marché du carbone. Cela nous paraît être la première étape pour s'engager dans une politique vertueuse.

M. Bruno Sido

Je vous remercie. La parole est maintenant à M. François Moisan, directeur exécutif Stratégie, recherche et international de l'ADEME, qui va évoquer les objectifs de maîtrise des consommations et de production d'énergies renouvelables de la transition énergétique en France au regard de l'expérience allemande.

M. François Moisan, directeur exécutif Stratégie, recherche et international de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)

Les objectifs de maîtrise des consommations et de production d'énergies renouvelables de la transition énergétique en France au regard de l'expérience allemande

Je vais centrer mon intervention sur la comparaison des objectifs et des enjeux de la transition énergétique en Allemagne et en France en matière de maîtrise des consommations et d'énergies renouvelables. Pour illustrer les différences, j'ai pris les données statistiques françaises figurant dans le projet

de loi relatif à la transition énergétique ou, à défaut, dans les scénarios « efficacité énergétique » de l'ADEME.

En termes de maîtrise des consommations, les trajectoires des deux pays sont très semblables. Dans les deux cas, pour arriver au « facteur 4 » à horizon 2050, il faut diviser par deux la consommation d'énergie en valeur absolue, avec des rythmes d'évolution de l'intensité énergétique qui sont à peu près du même ordre : - 2,1 % par an en Allemagne et - 2,5 % par an en France avant 2030. **Cette décroissance de la consommation absolue d'énergie peut s'accompagner de la croissance économique.** L'Allemagne, le Royaume-Uni et les États-Unis d'Amérique en témoignent ; en 2012, ces trois pays ont eu une consommation primaire d'énergie inférieure à ce qu'elle avait été en 2000, alors que globalement leur PIB a progressé, malgré les années de crise économique.

S'agissant de l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments, on voit que **l'ambition de la transition énergétique en Allemagne dans les secteurs résidentiel et tertiaire est plus ambitieuse**, puisque, entre 2008 et 2050, la décroissance est plus importante que ce que nous estimons réalisable en France, avec, dans les deux cas, l'objectif de la division par quatre des émissions de CO₂. Si on regarde plus précisément la performance des bâtiments, je suis d'accord avec ce qu'a dit M. Jean-Paul Bouttes sur le niveau équivalent des factures dans les deux pays. En revanche, si on regarde la performance énergétique des bâtiments corrigée des degrés jours en Allemagne, où règne un climat plus continental, on voit que ce coefficient est actuellement de 131 kWh en énergie finale par mètre carré par an dans ce pays, alors qu'il est de 202 kWh en France. La perspective à 2050 pour l'Allemagne est de descendre à 26,4 kWh (- 80 %), contre 40 kWh en France. On voit bien que l'Allemagne part d'un niveau de performance plus élevé et qu'elle est beaucoup plus ambitieuse. Les consommations unitaires d'énergie utile par mètre carré et par degré jour pour le chauffage sont plus faibles en Allemagne qu'en France, même si *in fine*, le climat étant plus continental, les consommations en valeur absolue sont plus importantes en Allemagne. Le dispositif allemand de soutien public à la rénovation des logements est très puissant : intervention de la banque *Kreditanstalt für Wiederaufbau* - KfW (Établissement de crédit pour la reconstruction), qui emprunte à des taux très bas garantis par le gouvernement, ainsi que des banques locales ; accompagnement des travaux (audit et certification *ex post* des résultats).

La situation inverse prévaut dans les transports. La consommation d'énergie finale dans les transports diminuerait plus en France qu'en Allemagne entre 2010 et 2050. La consommation unitaire (en litres aux 100 km) des véhicules particuliers allemands est supérieure d'environ 13 % à celle des véhicules français.

S'agissant des marges de manœuvre, nous avons prévu en France des gains technologiques sur les véhicules : hybridation croissante,

électrification du parc, etc. Mais ce que nous envisageons en France porte surtout sur les services de mobilité : les véhicules partagés ont un taux de remplissage de 2,8 contre 1,2 pour un véhicule en propriété individuelle, notamment en zone urbaine ; un véhicule conçu pour ces services de mobilité, comme la *Bluecar* de *Bolloré*, a une consommation électrique de 7 kWh / 100 km, alors qu'une berline électrifiée comme la *Fluence* de *Renault* a une consommation de 30 kWh / 100 km. L'Allemagne a une vision qui porte essentiellement sur les aspects technologique : électricité et surtout hydrogène.

Les objectifs en matière de part d'énergies renouvelables dans le bouquet énergétique final sont comparables dans les deux pays : en 2050, 60 % en Allemagne et plus de 55 % en France. En revanche, l'Allemagne est beaucoup plus ambitieuse en matière de part d'énergies renouvelables dans le bouquet électrique, avec, au même horizon, plus de 80 % dans ce pays et entre 49 % et 79 % en France.

Comme le montre la dernière planche de ma présentation, le besoin de financement additionnel nécessaire pour les investissements de la transition énergétique en France (énergies renouvelables, réhabilitation des bâtiments...), au cours de la période 2014-2050, calculé par rapport à un scénario de référence à partir d'un modèle macroéconomique que nous avons développé, reste faible par rapport à celui devant couvrir les investissements qui seront réalisés en dehors du secteur de l'énergie.

Avec notre homologue allemand, la *Dena (Deutsche Energie-Agentur GmbH)*, nous avons signé un accord pour développer la coopération sur les technologies et les projets industriels franco-allemands, notamment sur les réseaux électriques intelligents et le stockage de l'électricité.

M. Bruno Sido

Je vous remercie. Je donne maintenant la parole à Mme Emmanuelle Carpentier, directeur des affaires publiques et des affaires règlementaires d'E.ON France. Quel est votre point de vue en tant qu'énergéticien français, intégré à un grand énergéticien européen et notamment allemand ?

Mme Emmanuelle Carpentier, directeur des affaires publiques et des affaires règlementaires d'E.ON France

La soutenabilité de la transition énergétique pour la collectivité

Je souhaiterais m'exprimer en vous donnant notre vision d'énergéticien français, puisque nous produisons de l'électricité en France et que nous fournissons du gaz et de l'électricité en France, bien qu'intégrés à

un grand énergéticien européen fortement implanté en Allemagne. J'articulerai mon propos autour de l'enjeu majeur de la soutenabilité. Si on veut que cette transition, qui est souhaitable pour le pays, soit une réussite et qu'elle emporte l'adhésion de l'ensemble de la société, il faut qu'elle soit soutenable pour nos entreprises et pour la collectivité. Je souhaiterais évoquer trois facteurs-clés essentiels à cette transition.

Le premier point est la question du rythme. Quel est le bon rythme, sachant que cela peut entraîner un problème de coût et donc de soutenabilité ? Il devrait correspondre à l'optimum économique en tenant compte de l'âge de nos centrales nucléaires et de l'évolution de la demande – dont on sait qu'elle représente un facteur d'incertitude. Nos objectifs sont-ils cohérents entre eux, cohérents avec ce que sera la réalité de demain ?

Développer de nouveaux moyens de production, s'ils ne répondent à aucune demande, serait facteur de surcoût pour la collectivité. Si l'on regarde aujourd'hui le coût de l'équivalent de la CSPE en Allemagne pour le subventionnement des énergies renouvelables, on est passé de 11,1 €/MWh en 2008 à 62,4 €/MWh en 2014. Cela représente 24 milliards d'euros par an à financer, six fois plus qu'en France.

Le deuxième point qui nous semble important est la question de la gestion de l'intermittence des énergies renouvelables. Le développement de cette production renouvelable entraîne d'importantes productions fatales, difficilement contrôlables. La quatrième planche de ma présentation illustre les pics de production en Allemagne, liés au fait qu'une part significative des énergies renouvelables est maintenant intégrée au système électrique. Il faut gérer ces pics de production, faute de quoi on courrait des risques d'extinction (*blackout*) ou de défaut d'approvisionnement. Il est possible d'envisager des moyens de production flexibles pour résoudre ce problème. Quel est le bouquet énergétique idéal de demain, sachant que les moyens de production répartissables que sont le thermique et certaines énergies renouvelables doivent avoir leur place ? Sans réponse à cette question, nous ne saurons pas traiter correctement cette intermittence.

Il faut aussi s'occuper de la question du stockage de l'électricité, qui ne jouit pas encore d'une technologie mature. Une autre façon de répondre à l'intermittence de ces énergies est de développer les moyens d'une modulation des consommations, qui pourraient demain s'adapter à la production, alors que depuis des décennies c'est le contraire. Se pose alors la question de la valorisation de la flexibilité, essentielle pour assurer demain l'équilibre du réseau.

Enfin, le dernier point portera sur l'intégration des énergies renouvelables au marché, qui nous semble nécessaire à la soutenabilité de la transition. Nous avons développé un système de soutien aux énergies renouvelables à travers les obligations d'achat, les tarifs d'achat, qui ont eu le mérite de créer les premières incitations et de donner une certaine sécurité

de rémunération aux développeurs de projets. Néanmoins, **on ne peut, à terme, continuer à avoir un monde de la production subventionné qui ignore celui de la production de marché.** Demain, toute production devra être intégrée au marché. Nous saluons la disposition du projet de loi relatif à la transition énergétique prévoyant la création d'un nouveau dispositif de soutien introduisant un complément de rémunération sur les marchés de l'énergie, aujourd'hui, et de capacité, demain. Nous souhaitons que ce nouveau dispositif soit mis en place pour tous les nouveaux investissements. Il ne s'agit pas de revenir sur le passé, ce qui serait déstabilisant pour les investisseurs qui ont déjà pris des engagements. Ce complément de rémunération doit être une véritable aide à l'investissement, en fonction des nouveaux mégawatts construits. Cette aide devra être dégressive et versée progressivement tout au long du projet, pour éviter un effet falaise pour la production qui reçoit ces aides et qui, à terme, a vocation à être rémunérée exclusivement par le marché. Il ne faudra pas qu'elle bénéficie aux capacités existantes, car l'objectif de la transition énergétique est de créer de nouvelles capacités. Ce sera l'occasion de créer une nouvelle filière d'agrégation, que l'on a tendance à ignorer, qui nous semble source de croissance et d'emploi pour notre pays.

Je souhaitais donc rappeler ces trois facteurs-clés essentiels que sont le rythme de la transition, la gestion de l'intermittence et l'intégration des énergies renouvelables au marché. Nous avons un marché de l'énergie de gros ; nous aurons demain un marché de la capacité pour lequel nous attendons rapidement les textes règlementaires. La question se pose de la création d'un troisième marché, celui de la flexibilité, pour permettre demain la gestion harmonieuse d'un équilibre entre l'offre et la demande, en intégrant les énergies intermittentes au système électrique.

M. Bruno Sido

Merci. Nous allons maintenant entendre un économiste, spécialiste des questions énergétiques : M. Jacques Percebois, professeur à l'université de Montpellier 1. Il y dirige notamment le Centre de recherche en économie et droit de l'énergie (CREDEN).

Monsieur le professeur, vous avez présidé la commission « *Energie 2050* », chargée d'examiner des scénarios de prospective énergétique, qui a remis un rapport en 2012. Quelle est aujourd'hui votre vision de la situation en Allemagne ? Vous m'avez indiqué que vous souhaitiez exposer deux idées : l'une à conserver, l'autre à rejeter. Nous sommes vraiment curieux d'en savoir plus.

M. Jacques Percebois, professeur à l'Université de Montpellier 1

L'expérience allemande : deux idées, l'une à conserver, l'autre à rejeter

Je vais effectivement développer deux idées, l'une à retenir et l'autre pas.

L'idée à retenir de l'expérience allemande est celle de la réforme du mécanisme de soutien aux énergies renouvelables. Nous avons plusieurs solutions au départ, soit les systèmes de prix garantis (*feed-in tariffs*), les certificats verts, ou les contrats sur différence (très proches mais en lien avec le marché), soit les systèmes qui concilient le prix du marché avec des primes (*feed-in premiums*) ou qui recourent à des appels d'offre. La réponse allemande, qui consiste aujourd'hui à **abandonner le système des prix garantis au profit de celui des primes**, est pertinente. Il faut aller plus loin, comme les Allemands le font d'ailleurs, et savoir ce qui sera autoconsommé, vendu sur le marché, aidé par des primes supplémentaires ou stocké. Je ne reviendrai pas sur les effets pervers des systèmes de prix garantis, qui ont été utilisés par la plupart des pays européens.

Pour me limiter à l'électricité, les centrales sont classées selon le critère du coût marginal (*merit order*). Le problème des énergies renouvelables et de l'électricité fatale est que ces énergies renouvelables ne sont pas suffisamment appelées sur le marché. Alors que leurs coûts variables (électricité fatale) sont très faibles, elles ne récupèrent pas leurs coûts fixes aux heures de pointe. C'est la raison pour laquelle on les aidait par des mécanismes de subvention hors marché. Ce système a indubitablement permis la pénétration des énergies renouvelables. Mais il a aussi engendré des effets pervers par des rentes relativement importantes.

L'injection massive d'électricité renouvelable a eu pour conséquence d'opérer ce que l'on appelle une translation de la courbe du coût marginal (*merit order*), c'est-à-dire que les prix d'équilibre sur le marché ont eu tendance à baisser. Le consommateur n'en profite pas, parce que si le prix du marché baisse, la différence entre le prix garanti et le prix du marché augmente. Le consommateur final, qui est assujéti au tarif réglementé notamment, paie par le biais de la CSPE ou par son équivalent en Allemagne ; le prix TTC augmente alors que le prix du marché diminue, pour ne pas dire qu'il devient négatif... On le voit sur la courbe de la planche n° 7 de ma présentation : les prix ont chuté dans tous les pays européens. Cette baisse des prix n'est pas imputable uniquement aux énergies renouvelables, elle est également due à la surcapacité, qui tient au fait que l'on avait anticipé une demande plus forte ; la faible croissance a entraîné une demande d'électricité plus faible que prévue. Cela met en péril la rentabilité des moyens de production, y compris dans le nucléaire, puisque le prix du marché est parfois en dessous du niveau de l'ARENH (accès régulé à l'électricité nucléaire historique fixé à 42 € / MWh). Les bons

signaux ne sont plus envoyés aux investisseurs et les consommateurs paient la différence : en France c'est la CSPE, en Allemagne, son équivalent entraîne un surcoût qui s'élève maintenant à plus de 20 milliards d'euros. C'est une bonne idée d'avoir changé le mécanisme en Allemagne, la France doit s'en inspirer et mettre en place un système très proche.

L'idée à rejeter est de sortir totalement du nucléaire. En effet, le nucléaire permet aux consommateurs domestiques et industriels d'avoir un coût de l'électricité relativement favorable, même si les coûts du nucléaire ont tendance à augmenter, comme l'a récemment reconnu la Cour des comptes. En contrepartie, les Allemands font appel aux centrales à charbon, avec un système complexe où ce qui se passe aux États-Unis d'Amérique fait que le charbon américain est importé en Europe. La production de charbon a tendance à augmenter dans le monde, alors que la consommation n'augmente pas autant que prévu.

Le contexte mondial ne témoigne pas d'un abandon généralisé du nucléaire. En abandonnant le nucléaire de 2^e et 3^e générations, on se priverait des perspectives prometteuses des réacteurs de 4^e génération. La planche n° 11 montre en Allemagne une baisse de la production d'électricité nucléaire compensée par une hausse de la production d'énergies renouvelables, un solde des exportations compensé par une baisse de la consommation, ainsi qu'une baisse de la production d'électricité faite avec du gaz compensée par une hausse de la production de charbon et de lignite. La faute en incombe au fonctionnement du marché du charbon et à l'absence d'un prix du CO₂.

L'évolution des constructions de réacteurs nucléaires depuis 1979 dans le monde montre que, après une période d'étiage au milieu des années 2000, la construction de réacteurs redémarre, notamment en 2013. Tout récemment, l'Afrique du Sud a signé un accord de coopération avec le russe *Rosatom*. Il n'est donc pas exact de dire que tous les pays sortent du nucléaire, ainsi les Britanniques en Europe. Il faut préserver des compétences dans le domaine des réacteurs du futur (4^e génération), avec des avantages (multi-recyclage du plutonium, test de la transmutation de certains actinides mineurs) et des enjeux industriels forts. Tous les grands pays industriels sont présents dans ce domaine : États-Unis d'Amérique, Chine, Inde, France, Royaume-Uni, Russie et même le Japon. De nombreux accords de coopération sont conclus entre le CEA (en partenariat avec EDF et Areva) et ces différents pays.

En conclusion, **la première priorité est de conduire une politique de vérité des prix de l'énergie, notamment de l'électricité**, car cela orientera les choix énergétiques. Cela implique de prendre en compte ce que l'on appelle parfois les « coûts cachés », c'est-à-dire les coûts des externalités, au premier rang desquels les émissions de CO₂. La deuxième idée est que les marchés doivent envoyer les bons signaux aux consommateurs et aux investisseurs, en les incitant à investir là où sont les besoins. N'oublions pas

que la surcapacité électrique moyenne en Europe n'est pas constatée et ne le sera pas aux heures de pointe. Pour le consommateur, la vérité des prix est un bon signal, dans la mesure où elle favorise l'effacement. La troisième idée, c'est que la vérité des prix est la condition *sine qua non* de la mise en place d'un véritable marché de capacité, qui est une ambition en France et dans les autres pays européens.

M. Bruno Sido

Je vous remercie. Nous poursuivons ce tour de table avec un autre économiste, M. François Lévêque, professeur à l'École des mines de Paris (Mines ParisTech), qui va évoquer la question de la durée de vie des centrales nucléaires, à partir d'une interrogation : peut-on piloter cette durée de vie ou constitue-t-elle un horizon intangible ?

M. François Lévêque, professeur d'économie (Mines ParisTech)

Calendrier et pilotage de la durée de vie des centrales nucléaires

Cette question rejoint celle évoquée précédemment sur le rythme de la transition énergétique. Faut-il aller vite au début ou à la fin ? Faut-il garder une vitesse linéaire ? D'un point de vue macroéconomique, c'est une question centrale qui n'est pas assez discutée. Nous sommes tous d'accord sur un objectif à long terme en 2050. Je partirai d'une évidence : un jour, il faudra fermer les réacteurs nucléaires existants. La première question est de savoir quand, et plus précisément, à partir de quel ensemble de critères prendre cette décision : sûreté, rentabilité, sécurité énergétique ou d'autres objectifs de politique énergétique. La seconde question est de savoir qui doit décider. Doit-on suivre le modèle américain – qui est d'ailleurs le modèle français jusqu'au présent projet de loi relatif à la transition énergétique – où seuls décident l'autorité de sûreté nucléaire et les opérateurs ? Un tiers – la puissance publique – doit-il intervenir dans le processus de décision ?

Cette intervention publique peut laisser une grande marge de manœuvre à l'opérateur, qui pourrait, par exemple, choisir les réacteurs à fermer pour atteindre l'objectif de 50 % de la part du nucléaire en 2025. Elle peut, au contraire, être beaucoup plus intrusive, comme en Allemagne, où c'est la loi qui a fixé, à deux moments différents, la date de fermeture des réacteurs. La planche n° 3 de ma présentation montre que la loi allemande a prévu, à quelques mois près, deux calendriers de sortie, avant et après la catastrophe de Fukushima. Ainsi, le dernier réacteur sera fermé en 2022, et non plus en 2034.

Quel est le coût de cette accélération du calendrier ? **Le coût microéconomique du calendrier accéléré par rapport au calendrier progressif a été estimé entre 45 et 63 milliards d'euros** (1 804 TWh d'origine nucléaire en moins à remplacer par des térawattheures ou des « négawattheures » plus chers), sans que l'on puisse constater de gains macroéconomiques évidents en termes d'emplois et d'exportations. En accélérant le calendrier, on substitue des technologies existantes « sur étagère » à des technologies qui existeront demain et qui seront plus performantes.

En France, le projet de loi relatif à la transition énergétique présente deux objectifs : la part du nucléaire est ramenée à 50 % à l'horizon 2025, notre capacité de production nucléaire est plafonnée à 63,2 GW. Sans s'interroger sur ces objectifs au regard de leurs bénéfices la France, comment faire pour qu'ils soient atteints au moindre coût ? Un pilotage léger laissant une marge de manœuvre aux opérateurs est préférable à une intervention publique plus intrusive, en raison des incertitudes pesant sur la demande, sur les coûts, sur les visites décennales des inspecteurs. L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et EDF disposent en effet de meilleures informations que le législateur sur la sûreté et la rentabilité des centrales.

En conclusion, **une des leçons à tirer du cas allemand est qu'accélérer le calendrier de fermeture d'un parc nucléaire est très coûteux. Fermer un réacteur sûr et rentable constitue un gaspillage.**

M. Bruno Sido

Merci beaucoup, la question se pose pour la France. La parole est maintenant à M. Olivier Baud, président de l'entreprise *Energy Pool*, qui agit dans le domaine de la modulation de la consommation des gros consommateurs d'électricité. Quel pourrait être le rôle de cette modulation de la demande dans le cadre d'un système électrique qui intégrerait une part croissante d'énergie intermittente ?

M. Olivier Baud, président de l'entreprise Energy Pool

La modulation électrique des gros consommateurs comme outil de compétitivité au service de la transition énergétique

Je vous remercie. Vous donnez ainsi la parole à de grands consommateurs qui sont capables de moduler leur consommation, et donc de contribuer au rééquilibrage du réseau électrique.

En quatre ans d'existence, nous avons réussi à moduler l'équivalent d'un réacteur nucléaire et demi. Cela pourrait être beaucoup plus.

Le problème n'est pas la technologie, il n'est pas la capacité des consommateurs à le faire, il réside dans le fait de savoir quand on s'en servira effectivement. Seulement 1 % à 2 % de la consommation française d'électricité sont modulés (*demand response*), alors qu'on pourrait moduler, de manière économiquement rationnelle, à peu près 10 %.

Je rappelle les résultats des travaux que nous avons présentés ici-même au Sénat, en juillet dernier, sur l'adéquation entre l'offre et la demande depuis cinq ans. On peut s'interroger sur la cohérence d'évolutions où les prix baissent et les coûts montent. **Les consommateurs allemands ont eu la vertu d'accepter de payer, si bien que l'industrie a été préservée. En France les petits consommateurs ne l'accepteraient pas et les industriels ne pourraient pas supporter le coût de ce refus.** Mille usines ont fermé en France depuis quatre ans, ce qui est une grande différence par rapport à l'Allemagne.

La deuxième grande différence entre la France et l'Allemagne est le bouquet énergétique. Deux exemples montrent les difficultés : **entre juillet et décembre, la consommation d'électricité double en France tandis qu'elle n'augmente que de 30 % en Allemagne.** Ce pays a une variation macroscopique de sa consommation d'énergie beaucoup moins grande que chez nous. **La France, avec son énergie hydraulique « au fil de l'eau » et son énergie nucléaire peu variable, a un outil beaucoup plus rigide pour y répondre.** Nous avons donc une consommation plus variable et une réponse plus rigide.

Le recours aux énergies renouvelables pour baisser les émissions de CO₂ entraînera une plus grande variabilité de l'offre. Il n'y aura pas d'autre solution viable dans les prochaines années que de rendre la consommation plus variable, pour qu'elle s'adapte à la production. Peut-être que, dans vingt ou trente ans, nous aurons des solutions de stockage rentable, mais ce n'est pas le cas aujourd'hui. Au carrefour de l'Europe, les lacs de barrage des montagnes françaises, les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) dont dispose EDF, sont les plus belles machines à stocker, du triple point de vue économique, écologique et technique. La France a encore de grandes capacités et elle pourrait s'en servir.

Les deux-tiers des investissements en énergies renouvelables qui seront faits en France dans les cinq prochaines années ne coïncideront pas avec un besoin de consommation. Entre avril et septembre, il n'y aura pas de consommation pour 75 % de ces installations. RTE pourra toujours construire des lignes à haute tension, les pics et creux de consommation énergétique tombent au même moment sur le territoire national. Les quantités d'électricité en trop en France et en Allemagne, pendant plusieurs mois de l'année, s'élèveront, de façon macroscopique, à des pourcentages de 10 % à 50 % de la production certains jours. Le coût des énergies renouvelables ne correspond pas au coût du mégawattheure produit, il doit prendre en compte les mégawattsheures qui seront

effectivement vendus. Si la demande ne correspond pas à l'offre, nous perdrons de l'argent.

Dans ce contexte, la modulation de la demande des gros consommateurs peut jouer un rôle intéressant. Elle est disponible tout de suite ; elle marche assez facilement. En France, RTE et d'autres acteurs ont inventé à peu près tous les mécanismes qui permettent d'en faire, mais on ne s'en sert pas. Hors subvention, le budget français et européen de la modulation de consommation se limite aux groupes électrogènes pour 90 %. Le vrai budget de la modulation de consommation en France s'élève à 20 millions d'euros. Avec ce budget, on peut faire cette modulation avec une seule usine. **En France, la modulation pourrait concerner 10 % de la capacité de production, alors qu'actuellement elle n'en représente que 1 %.**

Les mécanismes de la modulation existent, mais pas le budget, servons-nous en ! Pour les gros consommateurs, ceux de plus de 5 mégawatts, qui représentent 50 % de la consommation française, c'est un double atout. C'est d'abord un atout majeur de compétitivité pour les gros consommateurs français : ils peuvent baisser leur facture de 5 % à 30 %. Techniquement, les dispositions existent. Si on le fait de manière structurelle, si on veut faire revenir des industries consommatrices d'énergie, il faudra pouvoir proposer des contrats de long terme. Or l'Europe interdit aujourd'hui de conclure des contrats de plus de cinq ans. Un industriel qui conditionnerait son implantation à la conclusion d'un contrat à vingt ans ne peut obtenir satisfaction. Or **une usine qui quitte le territoire national émettra dix fois plus de CO₂ à l'autre bout du monde.** Quand une usine sidérurgique, d'aluminium ou de chimie se délocalise au Moyen-Orient, cela crée des chômeurs, mais aussi, pour la même production, dix fois plus de CO₂.

M. Bruno Sido

Je vous remercie. Le dernier intervenant de cette table ronde sera Mme Maryse Ardit, pilote du réseau énergie de France Nature Environnement (FNE), qui évoquera notamment l'implication des citoyens dans la transition énergétique.

Mme Maryse Ardit, pilote du réseau énergie de France Nature Environnement (FNE).

La volonté, l'efficacité et les citoyens

Il est difficile de conclure après un si grand nombre d'interventions.

Quelle leçon devons-nous tirer en France de l'expérience allemande ? Nous **avons d'abord besoin d'une volonté politique dans la durée**. En Allemagne, les premiers efforts ont démarré en 1990 ! On ne peut piloter une transition énergétique, qui se projette à long terme, en changeant tous les trois ans de politique : lancement du photovoltaïque en 2006, arrêt du photovoltaïque en 2009, changement de dispositif en 2011, modification du mode de soutien en 2014... *Ce stop and go tue définitivement les filières.*

Dans le projet de loi relatif à la transition énergétique, nous avons proposé de prendre en compte non seulement les gaz à effet de serre produits sur le territoire national, mais aussi ceux consommés sur le territoire national. En effet, au cours des dix dernières années, l'industrie a vu, en valeur absolue, sa quantité de production et sa part de la consommation d'énergie baisser, non en raison d'économies d'énergie, mais par l'effet des délocalisations. Nous importons ensuite des produits dont le bilan carbone est très mauvais.

Pour cette raison, nous avons besoin de deux outils pour contrôler l'émission de gaz à effet de serre, l'un pour ce qui est produit et l'autre pour ce qui est consommé localement.

S'agissant de l'efficacité énergétique, la banque allemande KfW prête jusqu'à 75 000 € à un taux de 1 % pendant trente ans. Tout le système bancaire allemand suit. En France, un prêt à quinze ans est déjà très difficile à obtenir. **Le système bancaire français refuse de financer la transition énergétique**, comme d'ailleurs il refuse de financer l'économie réelle. Pire, il refuse que d'autres financent pour lui, comme les sociétés de tiers investissement. Nous avons tous un livret de développement durable (LDD), dont au moins 10 % des encours devaient être prêtés en faveur du développement durable. Depuis 2007, cela aurait représenté 10 milliards d'euros, mais les banquiers n'ont pas même prêté 3 milliards.

En cas de rénovation thermique concernant les seuls combles, l'arrêté de 2007 ne prévoit pas moins de trois niveaux de résistance thermique en fonction du type de financement (prêt de base, éco-prêt à taux zéro - éco-PTZ, crédit d'impôt développement durable - CIDD). Cette réglementation obsolète confine à l'absurde... Il faut s'inspirer de la pratique de la KfW en imposant le résultat à atteindre pour une action ponctuelle de rénovation thermique et en garantissant le financement et les études techniques. Quand la KfW met un euro d'argent public, elle enclenche un effet de levier de près de onze euros de travaux sur lesquels il revient à l'État plus d'un euro de taxes.

En 2000, les ménages français et allemands consommaient autant d'énergie en électricité (hors chauffage). Douze ans après, le ménage allemand consomme 25 % de moins que le ménage français, avec des choix systématiques d'équipements haut de gamme.

Concernant le rôle du citoyen, nous avons tous compris ce matin que **cela se passe mieux quand tout un peuple veut une transformation. Chez nous, non seulement le peuple ne veut pas, mais on a tout fait pour qu'il soit opposé.** Les anti-éoliens ont des soutiens massifs au cœur de l'État, ainsi à l'Assemblée nationale et au Sénat. Comment aller au-delà d'un seul et unique parc éolien citoyen, qui d'ailleurs ira directement au musée, si aucune disposition du projet de loi relatif à la transition énergétique ne l'encourage vraiment ? En l'état, le projet de loi permet seulement l'ouverture du capital, alors qu'il faudrait l'imposer.

L'idée à retenir, proposée par M. Jacques Percebois, de réforme du mécanisme de soutien aux énergies renouvelables n'est pas mauvaise, mais elle gagnerait à être reportée dans le temps. L'éolien et le photovoltaïque ne représentent en France que 4 % de l'électricité. En outre, ces dernières années, la croissance du parc éolien et photovoltaïque s'est fortement ralentie. **Changer maintenant le système de soutien risquerait de tuer toutes les PME-PMI du secteur.** Il restera bien sûr les grandes entreprises telles Areva, Total, EDF, GDF-SUEZ... Nous avons déposé un amendement tendant à attendre que l'éolien et le photovoltaïque représentent 10 % en France pour réformer le mécanisme de soutien.

Au moment où l'Europe et l'Allemagne demandent que le soutien aux énergies renouvelables revienne vers les mécanismes de marché, EDF négocie deux réacteurs nucléaires au Royaume-Uni, au prix de 115 € le mégawattheure garanti avec indexation sur trente-cinq ans.

M. Bruno Sido

Je vous remercie. Nous arrivons au terme de notre seconde table ronde et j'ouvre le débat.

M. Paul-Henri Rebut, correspondant de l'Académie des sciences.

Pourquoi voulez-vous un tournant énergétique en France ? Nous produisons près de deux fois moins de gaz carbonique par habitant que les Allemands. Nous disposons d'une industrie qui fonctionnait et qui bénéficiait d'un coût de l'énergie suffisamment bas. Quoiqu'on en dise autour de la table, l'avenir est au nucléaire, parce qu'il faudra bien brûler l'uranium 238, pour lequel existent dix millénaires ou plus de réserves. Pourquoi, dans ces conditions, vouloir un tournant énergétique qui nous coûterait très cher ?

M. Bruno Sido

La réponse à votre question est politique : il y a eu l'accident de Fukushima. La seule chose que je regrette est qu'on passe par pertes et profits les 30 000 morts noyés, alors qu'on fait grand cas de l'accident nucléaire dû à ce tsunami.

M. Etienne Beeker

Les conséquences de la crise ukrainienne actuelle sur l'approvisionnement en gaz n'ont pas été évoquées aujourd'hui. Or le gaz sert aussi à produire de l'électricité. Comment faire si, simultanément, on coupe le gaz, on abandonne le charbon et on sort du nucléaire ?

Mme Maryse Arditi

On a beaucoup parlé du coût du nucléaire « *si tout se passe bien* ». Vous connaissez tous les coûts des accidents de Fukushima et de Tchernobyl... La vraie différence entre les 20 000 morts du tsunami et les morts à venir du nucléaire, c'est le maire de Litate, petit village de la préfecture de Fukushima, qui l'a exprimée : les tsunamis, on en a l'habitude, pendant un an on fait le deuil, pendant une deuxième année on reconstruit et trois ans après le village est à nouveau en vie ; tandis qu'avec l'accident nucléaire, c'est fini, ce territoire est mort, je ne pourrai plus le faire revivre, plus personne ne reviendra avec des enfants, seules peut-être quelques personnes âgées resteront...

M. Édouard Sauvage

En réponse à une question posée, pour moi, le tournant énergétique est là, c'est un fait. Les nouvelles technologies – solaire, et photovoltaïque – sont devenues compétitives. Aux États-Unis d'Amérique, le gaz dit de schiste a aussi été un tournant énergétique. La loi doit l'organiser au mieux des intérêts de la société. On ne peut nier l'existence de révolutions énergétiques dans différentes parties du monde.

M. Jean-Claude Perraudin

Sur la question du tournant énergétique, **il ne faut pas opposer le nucléaire aux énergies renouvelables, ces deux sources d'énergie sont complémentaires**. Le tournant énergétique doit diminuer l'utilisation des énergies fossiles, fortement émettrices de CO₂ et très coûteuses (60 à 70 milliards d'euros), pour les remplacer par des énergies renouvelables.

M. Bruno Sido

Ce que vous venez de dire est de mon point de vue éminemment contestable, au moins pour les vingt ou trente années qui viennent.

M. Graham Weale

Je crois qu'il faut insister sur l'innovation. J'ai passé trois semaines aux États-Unis d'Amérique : ce qui s'est passé là-bas, dans le domaine des énergies renouvelable, est remarquable. Bien que les éoliennes ne puissent remplacer les centrales nucléaires, il faut observer ce qui va arriver dans les dix prochaines années, avec des moyens différents pour l'intégration et le stockage. En matière de stockage, avec les batteries, il faut s'attendre à un phénomène similaire à celui observé dans le domaine du photovoltaïque. Aux États-Unis d'Amérique, en Europe, en Corée, **dans dix ans, nous avons de grandes chances que les batteries deviennent suffisamment compétitives pour qu'on puisse les utiliser à grande échelle**. Avec la contribution des batteries, l'intégration des énergies renouvelables sera plus facile.

M. Volker Stehmann

On a dit que beaucoup de défis sont communs à la France et à l'Allemagne. Ce matin, nous avons beaucoup parlé des réponses nationales, mais nous avons un peu oublié l'Union européenne. **Or il faudrait renforcer la politique énergétique européenne**. Certains instruments européens, comme le marché intérieur ou l'EU ETS existent mais ne fonctionnent pas très bien.

M. Bruno Sido

Nous sommes loin d'avoir épuisé tous les aspects du sujet, s'agissant notamment de la sécurité d'approvisionnement. Je vous recommande la lecture du rapport que nous avons présenté en 2007 au nom de la mission commune d'information sur la sécurité d'approvisionnement électrique de la France et les moyens de la préserver. À l'époque déjà, nous disions qu'il fallait **une régulation européenne**. Je constate qu'**il n'y a toujours pas de politique énergétique européenne**. L'Allemagne a décidé unilatéralement d'arrêter le nucléaire mais comment résoudra-t-elle les problèmes posés par l'intermittence si nous n'absorbons pas ses excédents de production d'électricité ?

Mme Maryse Ardit

La moitié de la pointe européenne est due à la France, et nous consommons alors du lignite allemand, sous forme d'électricité...

M. Bruno Sido

Vous avez raison. Je vous remercie tous vivement pour votre participation aux deux tables rondes de cette matinée dont les comptes rendus permettront aux parlementaires de mieux comprendre les enjeux du projet de loi sur la transition énergétique.

CONTRIBUTION

M. Jean-Yves Le déaut, député, premier vice-président de l'OPECST

Quelques jours seulement avant le début du débat sur le projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte à l'Assemblée nationale, l'audition organisée au Palais de Luxembourg le 25 septembre 2014 a, fort opportunément, permis de faire le point sur le tournant énergétique outre-Rhin. À l'heure où notre pays fixe ses orientations en matière énergétique pour les prochaines décennies, il apparaissait, en effet, important de tirer les leçons de l'expérience allemande.

Dès la fin des années 1990, nos voisins se sont engagés résolument dans le développement des énergies renouvelables, principalement éolienne et solaire, mais aussi issues de la biomasse. Cette nouvelle politique, dite de modernisation énergétique, s'est concrétisée en 2011 par le vote, d'une part, de la première loi sur l'énergie renouvelable EGG (*Erneuerbare Energien Gesetz*), qui introduit le principe de tarifs d'achat garantis sur vingt ans dont le surcoût est répercuté sur les consommateurs (via la redevance EGG-Umlage) et, d'autre part, de la loi sur la sortie de l'atome (*Atomausstieg*) qui prévoit la fermeture de l'ensemble des centrales nucléaires au cours d'une période de vingt ans.

Au fil des réformes qui ont suivi ces deux lois initiales, l'Allemagne s'est fixé des objectifs toujours plus ambitieux, en ce qui concerne l'accroissement de la part des nouvelles énergies décarbonées (pour l'électricité, 35 % en 2020, 45 % en 2025 et 60 % en 2035), le rythme de la rénovation thermique des logements (2 % par an), la diminution de la consommation d'énergie primaire (- 20 % jusqu'à 2020 et - 50 % avant 2050), ainsi que la réduction des émissions de gaz à effet de serre (- 40 % à l'horizon 2020 et - 80 % à 95 % avant 2050).

En matière de développement des énergies renouvelables, le tournant énergétique allemand représente un incontestable succès. En 2014, ces énergies ont généré plus du quart de l'électricité consommée par nos voisins (25,8 %, contre 17,7 % en France), succès d'autant plus notable que la part d'hydroélectricité reste faible (3,4 %, contre 12,6 % en France). L'effort consenti dans ce domaine depuis quinze ans en Allemagne a conduit à une décroissance très rapide des coûts dans le solaire et l'éolien terrestre, dont tous les pays tirent aujourd'hui les bénéfices. Qui plus est, l'essentiel de la production électrique allemande demeurant d'origine fossile - 43,6 % à partir du charbon (houille et lignite) et 9,6 % à partir du gaz -, l'appel aux

nouvelles énergies décarbonées contribue à limiter les importations énergétiques du pays.

Si les espoirs mis dans le développement de l'industrie photovoltaïque ont été pour partie déçus du fait de la concurrence asiatique, le tournant énergétique a néanmoins permis de créer de l'ordre de 380 000 emplois dans le secteur des énergies renouvelables¹. Comme le précise le ministère allemand de l'écologie, il s'agit toutefois là de chiffres bruts, ne prenant pas en compte les destructions d'emplois survenues simultanément dans d'autres secteurs, par exemple suite à la fermeture de certaines centrales électriques.

Plusieurs participants à cette audition ont, à juste titre, souligné la forte adhésion de la société civile au tournant énergétique. Une très large majorité des Allemands se déclarent toujours favorables à ce dernier et près d'un quart d'entre eux – sans doute les plus aisés – disposés à payer plus cher pour le mener à bien. La politique de développement des énergies renouvelables et de sortie du nucléaire, à l'origine lancée par une coalition entre le *SPD* et les *Grünen*, a été poursuivie en dépit des alternances politiques. En quinze ans, elle n'a connu qu'une unique et brève inflexion, avec l'*Energiekonzept* de 2010 qui proposait d'allonger d'une dizaine d'années la durée de vie des réacteurs nucléaires.

L'accident de la centrale de Fukushima, en remettant à l'ordre du jour le tournant énergétique, a conduit au vote, à l'été 2011, du *Gesetzespaket zur Energiewende* (paquet législatif pour le tournant énergétique) qui prévoit la sortie du nucléaire en 2022. Ces dispositions se fondaient sur le quadruple pari d'un appel transitoire aux énergies fossiles, pour compenser à la fois l'intermittence des principales énergies renouvelables et l'arrêt des centrales nucléaires, d'un renforcement accéléré des réseaux, afin d'évacuer les surplus de production de ces énergies en période fortement venteuse ou ensoleillée, d'une décroissance soutenue de la consommation énergétique, permettant de réduire d'autant l'appel aux ressources fossiles, et d'une relative maîtrise des coûts.

Force est de constater que, à ce jour, les grands producteurs d'électricité allemands, mis en difficulté par la désorganisation du marché résultant de la production massive et erratique d'électricité par les énergies renouvelables subventionnées, peinent à maintenir en activité leurs centrales à flamme. Quant au réseau électrique, malgré le vote, dès juillet 2011, d'une loi spécifiquement destinée à faciliter son renforcement, son extension se heurte toujours à l'hostilité de la population. Les résultats obtenus en matière d'économies d'énergie s'avèrent également décevants. Ainsi, le rythme de rénovation des bâtiments sur les dernières années s'établit-il à la moitié de l'objectif fixé, en dépit d'un système de financement des travaux

¹ *Zweiter Monitoring-Bericht «Energie der Zukunft»*, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), mars 2014.

attractif, au travers de la banque publique *KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau)*. Enfin, la croissance du prélèvement *EGG-Umlage* prévu pour financer les énergies renouvelables, n'a pu être maîtrisée. Celui-ci s'élevait, en 2014, à 23,6 milliards d'euros, un coût assumé par l'ensemble des consommateurs, à l'exception des industries électro-intensives. Ainsi, le prix de l'électricité est-il aujourd'hui pour nos voisins allemands le double du nôtre (en 2014 : 29,81 c€/kWh en Allemagne contre 15,85 c€/kWh en France).

Paradoxalement, la croissance rapide de la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité allemande n'a pas conduit à une réduction concomitante des émissions de gaz à effet de serre. En 2013, les émissions de CO₂ du secteur électrique s'établissaient à un niveau pratiquement équivalent à celui de l'année 2000 – de l'ordre de 320 millions de tonnes – alors que, dans la même période, la contribution des nouvelles énergies a quadruplé. Cette relative stabilité ne s'explique pas seulement par la baisse conjoncturelle du prix du charbon, intervenue depuis 2012. Elle résulte également de la déstabilisation du marché de l'électricité qui affecte en priorité les centrales les plus récentes, non encore amorties, notamment celles à gaz, pourtant les mieux à même de compenser les fluctuations des énergies éolienne et solaire.

Certes, nos voisins ont commencé à tirer les leçons des difficultés rencontrées, notamment au travers d'une nouvelle loi sur les énergies renouvelables votée le 1^{er} août 2014. Néanmoins, une bonne part des surplus de production générés par ces énergies en Allemagne continueront à se déverser dans les pays frontaliers. Les capacités de transport et de stockage d'électricité de ces derniers sont mises à contribution de façon croissante, le plus souvent à leur corps défendant, pour faire face à la variabilité de la production allemande.

Je suis personnellement inquiet de l'évolution prévisible de la situation énergétique en Allemagne. Le développement accéléré des énergies éolienne et solaire dans ce pays accroît, d'année en année, le risque d'un black-out continental en cas d'hiver vraiment rigoureux. *A minima*, la poursuite de la politique engagée par nos voisins devrait faire l'objet d'une concertation au niveau européen.

Ainsi, à côté des réussites indéniables du tournant énergétique allemand, l'audition du 25 septembre 2014 a également mis en évidence plusieurs écueils susceptibles de contrecarrer sa poursuite ou du moins de retarder son aboutissement. L'essentiel de ces problèmes a été entrevu par l'Office parlementaire dès 2011, dans un rapport consacré à l'avenir de la filière nucléaire¹, publié quelques mois après le tremblement de terre et le tsunami survenus au Japon.

¹ Rapport sur l'avenir de la filière nucléaire en France n° 4097, déposé le 15 décembre 2011 par M. Christian Bataille, député, et M. Bruno Sido, sénateur.

Les obstacles rencontrés aujourd'hui par l'*Energiewende* ne pourront être surmontés sans des avancées scientifiques majeures dans des domaines tels que le stockage de l'énergie, les réseaux intelligents, la rénovation thermique des bâtiments ou encore l'électrification des transports. Même si la transition énergétique en France se différenciera nécessairement de celle conduite en Allemagne, puisqu'il convient de prendre en compte nos atouts géographiques, économiques, scientifiques et industriels propres, les freins technologiques auxquels sont confrontés ces deux pays sont, pour une bonne part, communs.

En France comme en Allemagne, la réussite de la transition énergétique implique d'engager un effort considérable en matière d'innovation, comme démontré dans le rapport que j'ai présenté à l'Office avec le sénateur Marcel Deneux en juillet 2014 sur les freins réglementaires à l'innovation en matière d'économies d'énergie dans le bâtiment¹.

Dans une période difficile sur le plan économique, il s'avère donc plus que jamais pertinent de développer la coopération européenne en matière de recherche sur l'énergie, notamment avec nos voisins d'outre-Rhin qui disposent d'une avance certaine dans plusieurs domaines, comme la physique des bâtiments ou le stockage de l'énergie. C'est aussi la voie d'un renouveau industriel et de la conquête de nouveaux marchés porteurs d'emplois.

¹ Rapport sur les freins réglementaires à l'innovation en matière d'économies d'énergie dans le bâtiment : le besoin d'une thérapie de choc n° 2113, déposé le 9 juillet 2014 par M. Jean-Yves Le Déaut, député, et M. Marcel Deneux, sénateur.

ANNEXE

PROGRAMME DE L'AUDITION PUBLIQUE



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



AUDITION PUBLIQUE, ouverte à la presse,
sur
**« Le tournant énergétique allemand :
quels enseignements pour la transition énergétique française ? »**

En 2011, l'Allemagne a amorcé un « tournant énergétique » (Energiewende), en décidant d'abandonner rapidement la production d'électricité d'origine nucléaire, tout en maintenant des objectifs ambitieux de réduction des gaz à effet de serre, grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique et au développement des énergies renouvelables. Tandis que commence, en France, l'examen du projet de loi relatif à la transition énergétique, il a paru utile à l'Office de réunir, pour éclairer les parlementaires, un certain nombre d'acteurs et d'observateurs du tournant énergétique en Allemagne, afin de débattre des progrès réalisés ainsi que des difficultés rencontrées dans ce pays, et d'en tirer les enseignements utiles pour la France.

Certes, la France et l'Allemagne ne possèdent pas le même bouquet énergétique initial et ne poursuivent pas les mêmes objectifs. Néanmoins, les deux pays sont confrontés à de nombreux défis communs : réduire la part d'électricité d'origine nucléaire, produire et intégrer aux réseaux une part croissante d'énergie renouvelable, maîtriser le coût de l'énergie pour les entreprises et pour les ménages, diminuer la consommation énergétique... Ces défis ambitieux justifient un examen approfondi de l'expérience allemande et posent la question des modalités d'une coopération franco-allemande accrue dans le domaine énergétique.

Organisée par



M. Bruno Sido
Sénateur
Président de l'OPECST



M. Jean-Yves Le Déaut
Député
Premier Vice-président de l'OPECST

Judi 25 septembre 2014
de 9 heures à 13 heures

Au PALAIS DE LUXEMBOURG – Salle Médecins
15 rue de Vaugirard, 75006 PARIS

(Accueil à partir de 8 heures 45 - Une pièce d'identité vous sera demandée à l'entrée)

OPECST – Sénat – 15 rue de Vaugirard – 75291 Paris Cedex 06 – Tél. : 01.42.34.31.07
Assemblée nationale – 101 rue de l'Université – Bât. F – 75355 Paris 07 SP – Tél. : 01.40.63.70.65
www.senat.fr/opecst - www.opecst.assemblee-nationale.fr

INTRODUCTION : **M. Bruno Sido**, sénateur, président

9 h Première table ronde : Le tournant énergétique allemand : objectifs, difficultés, réformes

Grands témoins : **M. Graham Weale**, économiste en chef, RWE
M. Volker Stehmann, conseiller aux politiques énergétiques, RWE

M. Michel Cruciani, chargé de mission, Centre de Géopolitique de l'Énergie et des Matières Premières (CGEMP), Université Paris-Dauphine

Le développement rapide des énergies éoliennes et photovoltaïques

Mme Mélanie Persem, directrice, Office franco-allemand pour les énergies renouvelables
L'évolution réglementaire des systèmes de soutien aux énergies renouvelables en Allemagne

M. Dimitri Pescia, associé senior, Institut Agora Energiewende
Les défis à moyen terme de la décarbonisation du système électrique

M. Etienne Beeker, département développement durable, France Stratégie
« Energiewende » : le cavalier seul ?

M. Christophe Schramm et **M. Corentin Sivy**, experts du pôle énergie, Terra Nova
La transition énergétique allemande est-elle soutenable ?

M. Jean-Claude Perraudin, conseiller à l'énergie atomique et aux énergies alternatives à l'Ambassade de France à Berlin, CEA
Retour d'expérience de l'Energiewende : l'importance de l'innovation technologique dans la programmation des stratégies énergétiques futures

Mme Célia Gautier, responsable des politiques européennes, Réseau Action Climat France (RAC-F)
Les idées reçues sur l'Energiewende

11 h Seconde table ronde : Quels enseignements pour la transition énergétique française ?

Grands témoins : **M. Jean-Paul Bouttes**, directeur stratégie et prospective, EDF
M. Edouard Sauvage, directeur de la stratégie, GDF SUEZ

M. Hervé Mignon, directeur économie, prospective et transparence, Réseau de transport d'électricité (RTE)
Les enseignements du tournant énergétique allemand : le point de vue de RTE

M. Jacques Gérault, directeur des affaires publiques, AREVA
L'impératif de prendre en compte les aspects socio-économiques dans la transition énergétique française

M. François Moisan, directeur exécutif stratégie, recherche et international, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)
Les objectifs de maîtrise des consommations et de production d'énergies renouvelables de la transition énergétique en France au regard de l'expérience allemande

M. Luc Poyer, président du directoire, E.ON France
La soutenabilité de la transition énergétique pour la collectivité

M. Jacques Percebois, directeur, Centre de recherche en économie et droit de l'énergie (CREDEN), Université Montpellier 1
L'expérience allemande : deux idées, l'une à conserver, l'autre à rejeter

M. François Lévêque, professeur d'économie, Mines ParisTech
Calendrier et pilotage de la durée de vie des centrales nucléaires

M. Olivier Baud, président, Energy Pool
La modulation électrique des gros consommateurs comme outil de compétitivité au service de la transition énergétique

Mme Maryse Arditi, pilote du réseau énergie, France Nature Environnement (FNE)
La volonté, l'efficacité et les citoyens