

N° 249

# SÉNAT

SESSION ORDINAIRE DE 2013-2014

---

---

Enregistré à la Présidence du Sénat le 18 décembre 2013

## RAPPORT D'INFORMATION

FAIT

*au nom de la commission du développement durable, des infrastructures, de l'équipement et de l'aménagement du territoire (1) sur le **déplacement d'une délégation de la commission en Allemagne du 24 au 26 juillet 2013 sur la transition énergétique allemande « Energiewende »***

Par MM. Marcel DENEUX, Louis NÈGRE et Mme Esther SITTLER,  
Sénateurs.

---

(1) Cette commission est composée de : M. Raymond Vall, *président* ; MM. Gérard Cornu, Ronan Dantec, Mme Évelyne Didier, MM. Jean-Jacques Filleul, Alain Houpert, Hervé Maurey, Rémy Pointereau, Mmes Laurence Rossignol, Esther Sittler, M. Michel Teston, *vice-présidents* ; MM. Pierre Camani, Jacques Cornano, Louis Nègre, *secrétaires* ; MM. Joël Billard, Jean Bizet, Vincent Capocanellas, Yves Chastan, Philippe Darniche, Marcel Deneux, Michel Doublet, Philippe Esnol, Jean-Luc Fichet, Alain Fouché, Mme Marie-Françoise Gaouyer, M. Francis Grignon, Mme Odette Herviaux, MM. Benoît Huré, Daniel Laurent, Mme Hélène Masson-Maret, MM. Jean-François Mayet, Stéphane Mazars, Robert Navarro, Charles Revet, Roland Ries, Yves Rome, Henri Tandonnet, André Vairetto, Paul Vergès.



## SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
<b>AVANT-PROPOS</b> .....	5
<b>I. LE TOURNANT ÉNERGÉTIQUE ALLEMAND : UNE DÉCISION RADICALE</b> .....	7
A. UN SCHÉMA ÉNERGÉTIQUE HISTORIQUEMENT FONDÉ SUR LES ÉNERGIES FOSSILES.....	7
B. UN ENCOURAGEMENT PROGRESSIF DES ÉNERGIES RENOUVELABLES .....	7
1. <i>Les engagements pris dans le cadre du protocole de Kyoto</i> .....	7
2. <i>La loi EEG du 29 mars 2000</i> .....	8
3. <i>Le soutien à la chaleur renouvelable</i> .....	8
4. <i>Le financement spécifique des efforts de recherche et développement</i> .....	9
5. <i>Les mécanismes favorisant l'injection directe de biogaz dans le réseau gazier</i> .....	9
C. UNE SORTIE ACCÉLÉRÉE DU NUCLÉAIRE.....	10
1. <i>Une politique engagée dès 2002</i> .....	10
2. <i>Une accélération consécutive à la catastrophe de Fukushima</i> .....	11
<b>II. DES OBJECTIFS AMBITIEUX AUX RÉSULTATS CONTRASTÉS</b> .....	11
A. LES OBJECTIFS CHIFFRÉS DE LA POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE ALLEMANDE .....	12
1. <i>Une réduction des consommations d'énergies primaires</i> .....	12
2. <i>Une réduction de la consommation d'électricité</i> .....	13
3. <i>Une baisse des émissions de CO<sub>2</sub> au-delà des objectifs de Kyoto</i> .....	13
4. <i>Une part accrue des énergies renouvelables</i> .....	13
B. DES PREMIERS RÉSULTATS ENCOURAGEANTS.....	15
1. <i>La sortie du nucléaire est un fait acquis</i> .....	15
2. <i>Des objectifs 2020 à portée de main</i> .....	16
C. DES DIFFICULTÉS PERSISTANTES.....	16
1. <i>Des objectifs 2050 plus hypothétiques</i> .....	16
2. <i>Un recours inévitable aux énergies fossiles</i> .....	17
a) <i>Le charbon et le lignite toujours largement utilisés</i> .....	17
b) <i>Le rôle croissant du gaz</i> .....	17
c) <i>Une rentabilité dégradée pour les centrales thermiques</i> .....	18
3. <i>Les freins au développement des énergies renouvelables</i> .....	18
a) <i>Des filières inégalement mûres</i> .....	18
b) <i>Un réseau électrique à étendre et à renforcer</i> .....	20
c) <i>Une intermittence difficile à gérer</i> .....	20
<b>III. LES COÛTS ET BÉNÉFICES DU TOURNANT ÉNERGÉTIQUE ALLEMAND</b> .....	21
A. LE COÛT DU RETRAIT DU NUCLÉAIRE.....	21
1. <i>La question de l'indemnisation des exploitants</i> .....	21
2. <i>La charge du démantèlement et de la gestion des déchets</i> .....	21

---

B. L'IMPORTANCE DES NOUVEAUX INVESTISSEMENTS NÉCESSAIRES.....	21
1. Le programme de renforcement du réseau.....	21
2. Le dispositif public de soutien aux énergies renouvelables .....	22
3. Un total de 352 à 416 milliards d'euros à l'horizon 2020.....	22
C. LE DÉBAT SUR LE PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ.....	22
1. Des industriels davantage sollicités.....	22
2. Des particuliers supportant l'essentiel des surcoûts .....	23
D. LES BÉNÉFICES ÉCONOMIQUES ATTENDUS.....	23
1. Le développement de filières industrielles innovantes .....	23
2. Des créations d'emplois massives .....	23
<b>IV. L'IMPACT SUR LE MARCHÉ EUROPÉEN DE L'ÉLECTRICITÉ.....</b>	<b>24</b>
A. DES EFFETS SENSIBLES AU-DELÀ DES FRONTIÈRES DE L'ALLEMAGNE.....	24
1. Une intensification des flux d'électricité transfrontaliers.....	24
2. Une baisse générale des prix de marché en Europe.....	24
B. LES CONSÉQUENCES : UN RISQUE SYSTÉMIQUE .....	24
1. Une perte de rentabilité des centrales de semi-base et de pointe.....	24
2. Un risque pour la sécurité d'approvisionnement électrique.....	25
C. LA NÉCESSITÉ DE COORDONNER LES TRANSITIONS ÉNERGÉTIQUES NATIONALES.....	25
1. Le rôle de la Commission européenne .....	25
2. La création d'un marché de capacités européen .....	25
3. Le développement des interconnexions entre pays européens.....	25
<b>PROGRAMME DU DÉPLACEMENT.....</b>	<b>27</b>
<b>EXAMEN EN COMMISSION.....</b>	<b>29</b>
<b>ANNEXE HAMBOURG, VILLE LABORATOIRE DE LA DÉCENTRALISATION ÉNERGÉTIQUE.....</b>	<b>43</b>

Mesdames, Messieurs,

Une délégation de trois membres de votre commission du développement durable, des infrastructures, de l'équipement et de l'aménagement du territoire, composée de Marcel Deneux, Louis Nègre et Esther Sittler, s'est rendue en Allemagne du 24 au 26 juillet 2013.

Le déplacement de cette délégation répondait à deux objectifs :

- d'une part, étudier le tournant énergétique allemand, choix politique majeur de notre principal voisin et partenaire ;
- d'autre part, observer les conditions de sa mise en œuvre, notamment à Berlin et à Hambourg.

Afin de mieux appréhender les enjeux auxquels est aujourd'hui confrontée l'Allemagne, votre délégation a rencontré de très nombreuses parties prenantes, tant dans le cadre fédéral que local, des responsables politiques comme des acteurs industriels et économiques.

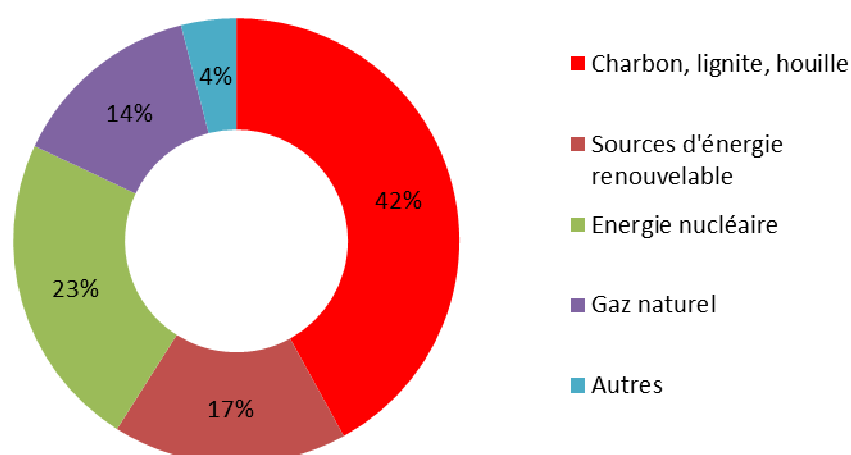
Au cours de sa réunion du 18 décembre 2013, la commission du développement durable, des infrastructures, de l'équipement et de l'aménagement du territoire a entendu le compte rendu détaillé de cette mission et autorisé la publication du présent rapport d'information.



## I. LE TOURNANT ÉNERGÉTIQUE ALLEMAND : UNE DÉCISION RADICALE

### A. UN SCHÉMA ÉNERGÉTIQUE HISTORIQUEMENT FONDÉ SUR LES ÉNERGIES FOSSILES

#### RÉPARTITION DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ALLEMANDE EN 2010



Source : AGEE – Stat and AGEB.

En 2010, l'Allemagne produisait 633 milliards de kWh d'électricité, soit 15 % de plus que la France. **Le charbon, la houille et le lignite représentaient alors la première source de production d'électricité, à hauteur de 42 %. Le nucléaire, deuxième source d'énergie, comptait pour près de 23 % de la production.** Les énergies renouvelables représentaient environ 17 % de cette production et le gaz naturel 14 %.

### B. UN ENCOURAGEMENT PROGRESSIF DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

#### 1. Les engagements pris dans le cadre du protocole de Kyoto

En application du protocole modifiant la convention-cadre des Nation-Unies sur le changement climatique adopté à Kyoto en 1997, les États membres de l'Union européenne ont réparti entre eux en 2002, de manière différenciée, l'engagement de réduction des émissions de gaz à effet de serre que l'Union avait pris dans sa globalité. **Pour sa part, l'Allemagne s'était engagée à réduire à l'horizon 2012 ses émissions de gaz à effet de serre de 21 % au-dessous de leur niveau de 1990.**

Depuis le début des années 2000, l'Allemagne s'est engagée dans une politique d'encouragement aux énergies renouvelables qui a contribué au respect des engagements pris par cet État dans le cadre du Protocole de Kyoto.

## 2. La loi EEG du 29 mars 2000

La **loi fédérale de promotion des énergies renouvelables** (*Erneuerbare Energie Gesetz* dite **loi EEG**), adoptée le **29 mars 2000**, est aujourd'hui encore au cœur de ce dispositif.

Cette loi a prévu, pour les producteurs d'électricité renouvelable, la **garantie d'un tarif de rachat sur 20 ans** et l'obligation pour le gestionnaire de réseau d'acheter en priorité cette électricité.

Elle a fait l'objet d'une **adaptation régulière**, notamment en 2004, 2008 et 2012, afin d'ajuster le niveau du soutien au développement des filières d'énergies renouvelables et celui des tarifs d'achat garantis, maîtriser un marché en hyper-croissance et réduire les charges pesant sur les consommateurs. En effet, ce système a engendré des **surcoûts importants**, évalués à 20,4 Mds € en 2013, intégralement supportés par les consommateurs, du fait d'un relèvement du prix final de l'électricité.

## 3. Le soutien à la chaleur renouvelable

La loi EEG n'est pas la seule mesure ayant contribué à l'encouragement des énergies renouvelables en Allemagne.

Une **loi sur la chaleur d'origine renouvelable** (*EEWärmeG – Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz*), entrée en vigueur le **1<sup>er</sup> janvier 2009**, a ainsi **rendu obligatoire l'utilisation partielle de chaleur renouvelable dans tous les bâtiments neufs, ainsi que dans tous les bâtiments publics existants**.

Les propriétaires restent toutefois libres du choix du type d'énergie renouvelable qu'ils souhaitent utiliser :

- collecteurs thermiques solaires (les capteurs devant alors couvrir au moins 15 % de la consommation de chaleur) ;
- biogaz (l'installation devant alors couvrir au moins 30 % de la consommation de chaleur) ;
- biomasse solide et liquide, géothermie ou pompe à chaleur (les installations devant alors couvrir au moins 50 % de la consommation de chaleur).



En complément, l'État a mis en place deux programmes d'aide à l'investissement, financés par le gouvernement fédéral à hauteur de 366 M€ en 2012 par l'intermédiaire :

- d'une part, du programme MAP (*Markanreizprogramm*) qui accorde des subventions à l'installation aux petits équipements de production de chaleur renouvelable (biomasse, solaire thermique, pompes à chaleur) ;

- d'autre part, de la banque publique kfW qui accorde des crédits à taux préférentiels pour les grandes installations, ainsi que pour le renforcement ou la création de réseaux de chaleur.

#### **4. Le financement spécifique des efforts de recherche et développement**

Le 6<sup>ème</sup> programme fédéral de recherche dans le domaine de l'énergie, d'un budget total de 3,5 Mds d'euros pour la période 2011-2014, prévoit une enveloppe de 1,35 Md d'euros pour les énergies renouvelables. Ce financement spécifique, qui a été multiplié par 2,6 par rapport au 5<sup>ème</sup> programme de recherche, provient pour partie du fonds énergie-climat, alimenté par le revenu de la vente aux enchères des certificats de CO<sub>2</sub>.

En 2006, le gouvernement fédéral a également lancé un programme spécifique pour le développement de l'hydrogène et de piles à combustible, doté de 500 M€ sur 10 ans.

Par ailleurs, un programme de R&D sur le stockage de l'énergie est doté de 200 M€ sur la période 2011-2014.

#### **5. Les mécanismes favorisant l'injection directe de biogaz dans le réseau gazier**

Le gouvernement fédéral a mis en place en Allemagne divers mécanismes incitatifs à l'injection directe de biogaz dans le réseau de gaz naturel (accès prioritaire, aide à l'investissement, partage des coûts de raccordement entre les gestionnaires et les producteurs, prime pour les installations produisant de manière combinée de l'électricité et du méthane).

L'objectif est d'atteindre un taux d'incorporation de biogaz de 6 % d'ici 2020 (6 milliards de mètres cubes par an).

Globalement, la politique allemande ainsi menée a largement répondu à l'objectif de développer les énergies renouvelables et a contribué à bouleverser le schéma énergétique allemand basé traditionnellement sur le charbon, le lignite et le nucléaire. Depuis le début des années 2000, la production d'électricité renouvelable a en effet triplé, pour atteindre 22,6 % en 2012.

### **C. UNE SORTIE ACCÉLÉRÉE DU NUCLÉAIRE**

#### **1. Une politique engagée dès 2002**

L'importance du secteur charbonnier et la menace nucléaire soviétique ont expliqué, au moins en partie, la traditionnelle réserve de l'Allemagne face au nucléaire civil et la naissance d'un puissant mouvement écologiste dans cet État.

Cette réticence a culminé au début des années 2000, sous le gouvernement de coalition entre les écologistes et les sociaux-démocrates de Gerhard Schröder, avec le vote de **la loi de sortie du nucléaire du 22 avril 2002** (*Atomausstieg*, amendant la loi-cadre sur l'énergie nucléaire, *Atomgesetz*). Cette loi fixait un plafond à la production cumulée des 19 réacteurs en service et prévoyait que **le dernier réacteur nucléaire serait arrêté en 2021**.

Revenu au pouvoir en 2005, mais dans le cadre d'une grande alliance avec le SPD, le parti chrétien démocrate (CDU) d'Angela Merkel, qui avait déploré cette fermeture anticipée, n'a pas remis en cause immédiatement cette décision, jusqu'au renversement d'alliance au profit du parti libéral (FDP) aux élections de 2009.

La Chancelière a alors proposé, par une **loi du 29 octobre 2010** (*Energiekonzept*), de fixer des objectifs extrêmement ambitieux jusqu'à l'horizon 2050 en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de développement des énergies renouvelables, **tout en prolongeant la durée de vie des centrales nucléaires de 8 à 14 ans, au-delà de 2021**.

Cette solution visait à fournir à l'Allemagne une source de revenus par le biais d'une taxe sur le combustible nucléaire et d'une contribution au fonds « Énergie et Climat » devant servir à promouvoir les énergies renouvelables. Elle devait également permettre une production d'électricité décarbonée jusqu'à l'arrivée à maturité des énergies renouvelables.

## 2. Une accélération consécutive à la catastrophe de Fukushima

L'allongement de la durée de vie des centrales nucléaires, décidée en 2010, s'est rapidement révélé impopulaire.

L'accident nucléaire de Fukushima survenu au Japon en mars 2011 a permis à la Chancelière allemande de faire marche arrière. Six mois seulement après avoir fait adopter une extension de la durée de vie des 17 réacteurs nucléaires allemands, Angela Merkel a annoncé l'arrêt immédiat des 8 réacteurs nucléaires les plus anciens et la fermeture anticipée des 9 autres avant 2022.

**Cette décision implique de se priver de manière anticipée d'une production électrique décarbonée et de diminuer le montant des recettes provenant du parc nucléaire pour faciliter le développement des énergies renouvelables.** Pour autant, le paquet législatif (*Gezetzpaket*) adopté le 6 août 2011 ne prévoit pas de revoir à la baisse les objectifs fixés à l'horizon 2050 par la loi du 29 octobre 2010.

**Cette conjonction d'un abandon accéléré de la production nucléaire et du maintien d'objectifs extrêmement ambitieux pour les émissions de CO<sub>2</sub> comme pour les énergies renouvelables marque ainsi ce qu'il est convenu d'appeler le « tournant énergétique » (*Energiewende*).**

Ce choix de politique énergétique fait figure de gigantesque pari. En effet, les lois de 2000 et 2002 ont favorisé le décollage des énergies renouvelables, mais elles n'ont pas véritablement préparé la sortie du nucléaire. Le tournant de 2011 amène donc l'Allemagne à se priver d'une production d'électricité décarbonée avant que la relève d'autres sources non émettrices de CO<sub>2</sub> soit prête et, en amputant les recettes provenant du parc nucléaire, à réduire les revenus disponibles pour faciliter la transition.

## II. DES OBJECTIFS AMBITIEUX AUX RÉSULTATS CONTRASTÉS

La nouvelle politique énergétique allemande définie en 2011 vise toujours, de manière inchangée, les objectifs définis en octobre 2010, tout en les complétant par une sortie accélérée du nucléaire.

## **A. LES OBJECTIFS CHIFFRÉS DE LA POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE ALLEMANDE**

	2020	2030	2040	2050
Réduction de la consommation d'énergie (par rapport à 2008)	- 20 %			- 50 %
Réduction de la consommation brute d'électricité (par rapport à 2008)	- 10 %			- 25 %
Réduction des émissions de CO <sub>2</sub>	- 40 %	- 55 %	- 70 %	- 80 % à - 95 %
Part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale	18 %	30 %	45 %	60 %
Part de l'électricité d'origine renouvelable dans la consommation brute d'électricité	35 %	50 %	65 %	80 %

### **1. Une réduction des consommations d'énergies primaires**

L'Allemagne s'est fixé pour objectif de diminuer, par rapport à 2008, les consommations d'énergies primaires de 20 % d'ici 2020 et de 50 % d'ici 2050. La consommation d'énergie primaire devrait baisser de 2,2 % par an pour atteindre l'objectif 2020, puis de 1,6 % par an entre 2020 et 2050.

Le gouvernement fédéral allemand, qui a conscience que l'atteinte de ce premier objectif conditionne celle des autres objectifs, s'est donné les moyens d'encourager les économies d'énergie selon trois axes :

- mettre en place un cadre légal contraignant, qui impose des obligations d'amélioration de la performance énergétique des bâtiments ;
- proposer des incitations financières à travers des subventions et des prêts pour réduire la consommation d'énergie dans le bâti, à tous les échelons administratifs (fédéral, régional et municipal) ;
- faire évoluer les comportements de consommation en informant aux échelons régionaux et locaux, en développant les diagnostics de performance énergétique, et en soutenant des projets-pilotes à l'échelle du pays.

Outre les obligations imposées à travers la réglementation, la politique d'économies d'énergie allemande repose sur le rôle joué par la banque d'investissement public KfW, qui finance très largement par ses prêts l'effort de rénovation du parc immobilier existant.

## **2. Une réduction de la consommation d'électricité**

Pour l'ensemble des secteurs et par rapport à 2008, la consommation d'électricité devra diminuer de 10 % en Allemagne d'ici 2020 et de 25 % d'ici 2050.

L'IFRI considère qu'en faisant abstraction de l'année 2009 marquée par un recul du produit intérieur brut allemand de 4 %, l'évolution linéaire de la consommation brute d'électricité en Allemagne entre 2007 et 2012 a diminué de 0,8 % par an, ce qui correspond globalement à l'évolution qu'il est nécessaire de respecter pour atteindre l'objectif assigné pour 2020.

## **3. Une baisse des émissions de CO<sub>2</sub> au-delà des objectifs de Kyoto**

L'Allemagne s'est engagée à réduire de 40 % ses émissions de CO<sub>2</sub> d'ici 2020, par rapport au niveau de 1990, de 55 % d'ici 2030, et de 80-95 % d'ici 2050.

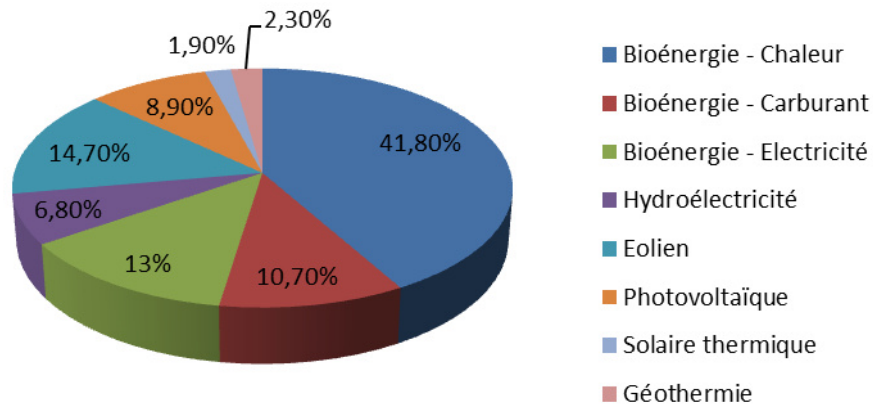
Cet objectif dépasse largement celui pris par cet État dans le cadre du Protocole de Kyoto, lequel imposait une réduction de 21 % de l'ensemble des émissions sur la période 2008-2012.

Le pays a réussi à diminuer de 26 % ses émissions entre 1990 et 2012. L'essentiel de cette réduction (- 17%) a été effectuée entre 1990 et 2000 et résulte principalement de la remise à niveau des installations de l'ex République démocratique allemande (RDA).

## **4. Une part accrue des énergies renouvelables**

L'Allemagne s'est fixée comme objectif de développer les énergies renouvelables, de manière à ce que celles-ci représentent 18 % de la consommation finale d'énergie en 2020 et 60 % en 2050.

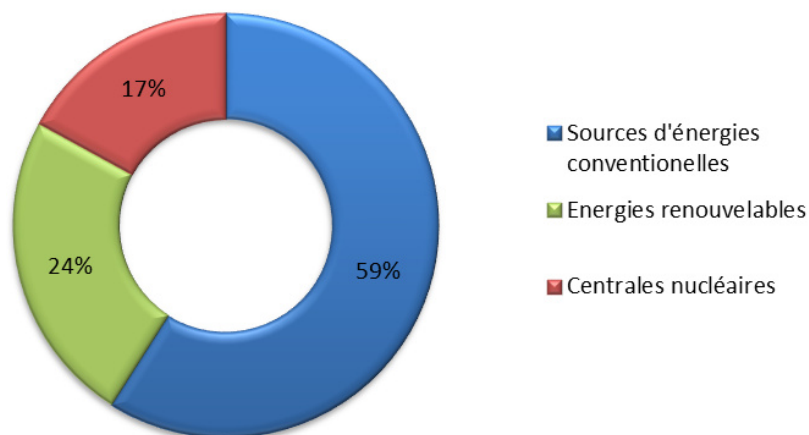
### COMPOSITION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES CONSOMMÉES EN 2012



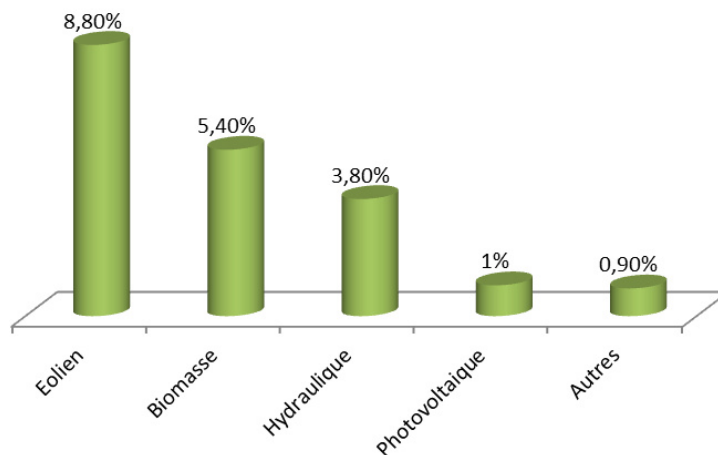
Source : Bundesministerium für Umwelt (BMU) - Development of renewable energy sources in Germany in 2012 - Février 2013.

La part de l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables devra quant à elle atteindre 35 % en 2020 et 80 % en 2050.

### PRODUCTION BRUTE D'ÉLECTRICITÉ EN ALLEMAGNE PAR SOURCE D'ÉNERGIE AU 1ER SEMESTRE 2012



## COMPOSITION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LA PRODUCTION BRUTE D'ÉLECTRICITÉ EN ALLEMAGNE AU 1<sup>ER</sup> SEMESTRE 2012



Sources : BDEW ; AG Energiebilanzen, 19 juillet 2012.

### B. DES PREMIERS RÉSULTATS ENCOURAGEANTS

#### 1. La sortie du nucléaire est un fait acquis

L'agenda de la sortie du nucléaire établi en 2011 est une composante essentielle du « tournant énergétique », puisqu'il définit la séquence des arrêts de fourniture d'électricité par les centrales nucléaires jusqu'en 2022.

Huit tranches relativement anciennes ont été arrêtées dès 2011, représentant environ 70 TWh de production annuelle, soit 12 % de la production totale d'électricité. Les neuf tranches restantes, produisant environ 80 TWh par an, le seront entre 2015 et 2022. La centrale de Grafenrhinfeld sera arrêtée d'ici 2015, celle de Philippsburg d'ici fin 2019 et celles de Grohnde, Gundremmingen C et Borkdorf d'ici fin 2021. Les trois centrales les plus récentes d'Isaar 2, d'Emsland et de Neckarwersheim 2, seront mises hors service au plus tard à la fin 2022.

Cette décision, présentée en 2012 comme un fait irréversible par le ministre de l'Environnement, de la protection de la nature et de la sécurité nucléaire, Peter Altmaier, est interprétée comme telle par les industriels allemands et par la communauté internationale.

## **2. Des objectifs 2020 à portée de main**

Toutes les présentations officielles soulignent le caractère stratégique de l'objectif de réduction globale des consommations énergétiques, dont le respect conditionne l'atteinte des autres objectifs. Pour atteindre le niveau visé en 2020, la consommation d'énergie primaire devrait baisser de 2,2 % par an, alors que la tendance enregistrée entre 2006 et 2012 avoisine une diminution de seulement 1,5 % par an.

L'effort supplémentaire à fournir, sans être négligeable, semble toutefois à portée de main. D'ores et déjà, la pente de la baisse de la consommation d'électricité, depuis le pic atteint en 2007, correspond à ce qu'il convient de respecter pour atteindre en 2020 une consommation inférieure de 10 % à celle de 2008.

En revanche, l'objectif d'une réduction de 40 % des émissions de CO<sub>2</sub> en 2020 par rapport à 1990 semble plus difficile à atteindre, car l'effet de la remise à niveau des installations industrielles de l'ex-RDA s'estompe avec le temps. Pour que cet objectif soit atteint, les réductions devraient se poursuivre à un rythme moyen de 2,7 % par an.

En ce qui concerne la part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie, avec un niveau de 12,6 % à la fin de 2012, elle se situait sensiblement au-dessus du niveau requis pour demeurer dans la trajectoire idéale vers l'objectif de 18 % en 2020.

### ***C. DES DIFFICULTÉS PERSISTANTES***

#### **1. Des objectifs 2050 plus hypothétiques**

Les objectifs à l'horizon 2050 apparaissent beaucoup plus incertains que ceux de 2020. Le facteur démographique jouera un rôle pour faciliter l'évolution souhaitée, mais néanmoins modeste : alors que la population diminuera de 0,4 % par an entre 2020 et 2050, les consommations d'énergie primaire devraient baisser de 1,6 % par an pour que l'objectif soit respecté.

Dans le bâtiment, les normes applicables aux logements neufs sont sévères, mais le rythme de renouvellement du bâti est inférieur à 1 % par an : il faudrait qu'il passe à 2 % par an du stock des bâtiments existants d'ici 2050. Dans l'industrie, le bas prix des quotas carbone n'incite pas les chefs d'entreprises à faire davantage d'efforts d'efficacité énergétique.

Au final, l'objectif d'une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 80 % en 2050 apparaît, en l'état actuel des choses, irréaliste, alors même que celui d'une baisse de 40 % en 2020 ne sera vraisemblablement pas atteint.



## 2. Un recours inévitable aux énergies fossiles

Si, en 2011, la production nucléaire manquante a pu être compensée, en 2022, ce seront 110 TWh supplémentaires de production d'électricité qui manqueront à l'appel. Les énergies renouvelables ne semblant pas en mesure, dans l'immédiat, de combler ce besoin, le gouvernement allemand juge inévitable d'avoir davantage recours à la production thermique.

### *a) Le charbon et le lignite toujours largement utilisés*

Le charbon et le lignite sont des ressources nationales historiques, qui depuis cent cinquante ans ont accompagné le développement industriel du pays. Chaque année, l'Allemagne extrait 70 millions de tonnes du premier et 180 millions de tonnes du second. Les gisements en apparaissent quasi inépuisables, mais l'Allemagne veille à les épargner partiellement en important du charbon, notamment des États-Unis où les cours de ce minerai ont plongé suite à l'exploitation des hydrocarbures non conventionnels.

Le fait que ces deux filières soient très polluantes vient contrarier les baisses d'émissions de gaz à effet de serre liées au développement des énergies renouvelables, et joue en leur défaveur. De surcroît, l'exploitation à ciel ouvert des mines de lignite a un impact très fort sur les paysages. D'énormes excavatrices déblaient puis remblaient d'importantes quantités de minerai sur de très vastes surfaces, obligeant à condamner, parfois définitivement, prairies et cultures, ainsi qu'à déplacer des populations. Néanmoins, ce combustible à bas prix est utilisé par des centrales produisant de l'électricité en base, et constitue le substitut le plus économique aux centrales nucléaires.

### *b) Le rôle croissant du gaz*

Le gaz bénéficie d'une image relativement bonne dans le public, dans la mesure où la combustion de cette forme d'énergie fossile émet relativement moins de CO<sub>2</sub> que le charbon ou le pétrole. Les centrales à gaz à cycle combiné (CCG) ont un très bon rendement et sont d'un coût d'investissement peu élevé, ce qui en fait un équipement d'appoint privilégié pour compenser l'intermittence des énergies renouvelables.

L'Allemagne a atteint l'excellence dans les technologies du gaz, Siemens détenant depuis 2012 le record mondial du meilleur rendement avec son plus récent type de CCG (60,75 %), qui accepte des variations rapides de puissance.

Afin d'assurer sa sécurité d'approvisionnement, l'Allemagne mène depuis longtemps une politique d'ouverture vers la Russie, dans une logique de « rapprochement par l'interdépendance ». Cette politique vient de se

concrétiser de manière spectaculaire avec l'achèvement du gazoduc North Stream, qui relie l'Allemagne à la Russie à travers la mer Baltique, et qu'elle a largement cofinancé à travers le consortium germano-russe chargé de sa construction et de son exploitation, dont le conseil de surveillance est présidé par l'ancien chancelier Gerhard Schröder.

*c) Une rentabilité dégradée pour les centrales thermiques*

Ainsi, en dépit du développement continu des énergies renouvelables, le parc des centrales thermiques ne semble pas prêt de se réduire en Allemagne. Au printemps 2012, la fédération des industriels et acteurs du secteur de l'énergie ont rendu publiques des prévisions relatives au renouvellement de ce parc : 17 centrales à charbon et lignite étaient en construction ou en projet, pour une puissance de 18 GW, et 29 centrales à cycle combiné gaz, pour une puissance de 12 GW.

Toutefois, la réalisation effective de la totalité de ces projets pourrait être partiellement remise en cause par la dégradation de la rentabilité des centrales thermiques résultant du caractère intermittent des énergies renouvelables, qui vient les contraindre à fonctionner en semi-base ou en pointe seulement.

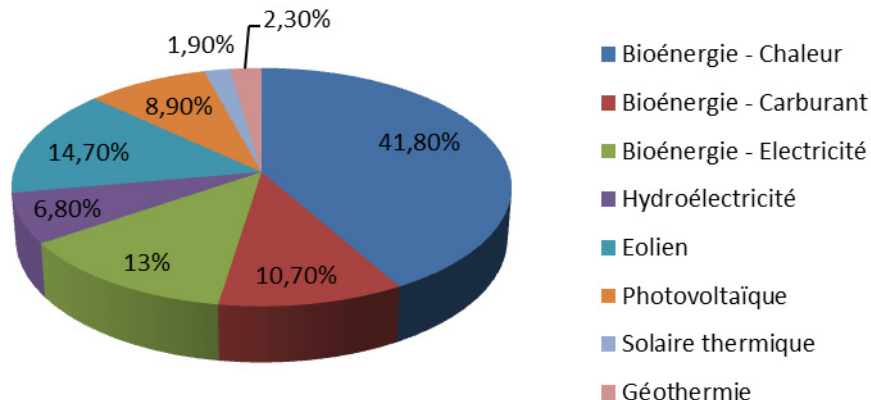
### **3. Les freins au développement des énergies renouvelables**

L'essor des énergies renouvelables est donc l'une des clefs du succès du pari audacieux que constitue le tournant énergétique allemand, avec un objectif de 80 % du mix électrique en 2050 contre 20 % en 2011, et une étape intermédiaire à 35 % en 2020. Or, en dépit d'un grand dynamisme qui a fait sans conteste de l'Allemagne le premier pays européen producteur d'énergies renouvelables, et le plus diversifié, le développement de celles-ci rencontre aujourd'hui certains freins.

*a) Des filières inégalement mûres*

Les différentes filières de production d'énergies renouvelables ne sont pas toutes parvenues au même degré de maturité en Allemagne. Comme en France, les capacités de production hydraulique apparaissent déjà très largement saturées par les installations existantes. Mais, alors que l'hydroélectricité constitue l'essentiel des énergies renouvelables en France, elle n'en représente qu'un peu moins de 15 % en Allemagne.

## COMPOSITION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES CONSOMMÉES EN 2012



Source : Bundesministerium für Umwelt (BMU) – Development of renewable energy sources in Germany in 2012 – Février 2013.

Bien qu'elle ne bénéficie pas de régimes de vents particulièrement favorables (1600 heures en 2011, contre plus de 2000 heures en moyenne en France), l'Allemagne a été parmi les premiers pays à développer l'éolien terrestre, et à atteindre rapidement une capacité installée importante. Toutefois, celle-ci n'a progressé que très modérément ces dernières années, pour atteindre 29 GW en 2011, car les meilleurs sites sont déjà équipés et le système électrique de plus en plus de mal à absorber cette énergie intermittente. L'objectif, pour l'éolien terrestre, est de porter la capacité installée de à 36 GW en 2020.

A moyen terme, l'Allemagne compte sur un déploiement massif de l'éolien en mer, avec un objectif de 10 GW en 2020, soit 2 000 turbines géantes de 5 MW chacune, qui devraient produire 30 TWh. Or, cet objectif apparaît insuffisant : il faudrait au moins 25 GW de capacités éoliennes installées en mer pour atteindre en 2020 la proportion visée de 35 % de production électrique à partir de renouvelables. Mais, dans l'immédiat, cette technologie doit encore prouver qu'elle peut tenir ses promesses : pour l'instant, la capacité installée se limite mi-2013 à 245 MW, les coûts restent élevés et les progrès technologiques pour en améliorer les performances ne sont pas identifiés.

Portés par des tarifs d'achat très élevés, d'environ 450 euros par MWh jusqu'en 2009, le solaire photovoltaïque a connu une très forte expansion, la capacité installée passant de 5 à 25 GW en moins de cinq ans. Mais les conditions d'ensoleillement peu favorables en Allemagne (moins de 1000 h de fonctionnement par an en moyenne) affectent la productivité des cellules, et le surcoût de cette énergie a poussé le gouvernement à baisser drastiquement, et de manière non programmée, son tarif en mars 2012. Surtout, le marché de production des panneaux a été capté par les fabricants chinois, provoquant depuis 2011 la faillite de nombreux pionniers allemands du secteur.

Enfin, l'Allemagne mise beaucoup sur le biogaz pour la production d'électricité en cogénération. Mais cette technologie soulève la question des conflits d'usage des terres, dont 10 % de la surface sont déjà affectés aux biocarburants. Or, la concurrence avec les cultures vivrières est une réalité : le pays a dû importer des céréales en 2011 pour la première fois depuis vingt-cinq ans.

*b) Un réseau électrique à étendre et à renforcer*

Le développement des énergies renouvelables nécessite l'extension et le renforcement du réseau électrique. En effet, schématiquement, la fermeture des centrales nucléaires au Sud du pays devra être compensée par les parcs éoliens de la mer du Nord via de nouvelles lignes à très haute tension, dont il est prévu de construire 4 500 kilomètres avant 2020.

*c) Une intermittence difficile à gérer*

Par ailleurs, l'intermittence caractéristique de l'éolien et du solaire se révèle difficile à gérer. Le maintien d'une capacité importante de centrales à gaz apparaît donc nécessaire pour absorber des variations rapides de puissance. Mais cette stratégie se heurte à une baisse de la rentabilité de ce parc conventionnel, due au fait que la production d'énergies renouvelables, qui est prioritaire, vient réduire le nombre des heures de fonctionnement sur lesquelles il peut être amorti.

Pour garantir la sécurité d'approvisionnement, le gouvernement a dû soumettre la fermeture des centrales thermiques à autorisation, et améliorer la rémunération de celles maintenues en service.

L'une des clefs du succès de la transition énergétique allemande sera donc le développement de capacités de stockage de l'électricité à grande échelle. L'Allemagne a passé des accords avec la Suisse, l'Autriche et bientôt la Norvège pour l'exploitation conjointe de leurs stations de transfert d'énergie par pompage (STEP), la seule technologie de stockage aujourd'hui applicable à des excédents massifs d'électricité. A plus longue échéance, elle a lancé un programme de recherche pour explorer tous azimuts les technologies de stockage : air comprimé, volant d'inertie, supercondensateurs, batteries de tous types et hydrogène. L'hydrogène suscite beaucoup d'espoirs. Ce gaz peut servir de carburant dans un moteur thermique ordinaire, être retransformé en électricité par une pile à combustible, être injecté directement en faible proportion dans un réseau de gaz naturel, ou être combiné au CO<sub>2</sub> pour produire du méthane.

### **III. LES COÛTS ET BÉNÉFICES DU TOURNANT ÉNERGÉTIQUE ALLEMAND**

#### **A. LE COÛT DU RETRAIT DU NUCLÉAIRE**

##### **1. La question de l'indemnisation des exploitants**

Un premier facteur de coût est lié au retrait du nucléaire. En effet, l'abandon de cette énergie de manière prématurée peut être assimilé à une destruction de valeur. La question se pose d'ailleurs de l'indemnisation des exploitants de centrales nucléaires. EOn et RWE ont déposé une plainte devant la Cour constitutionnelle de Karlsruhe ; Vattenfall a saisi un tribunal d'arbitrage à Washington. Les montants demandés en réparation pourraient dépasser 15 milliards d'euros.

##### **2. La charge du démantèlement et de la gestion des déchets**

Par ailleurs, l'Allemagne doit faire face aux coûts du démantèlement des centrales nucléaires, l'option d'un démantèlement immédiat après leur arrêt étant généralement privilégiée. Elle dispose d'une grande expérience, après la fermeture des centrales de l'Allemagne de l'Est, mais son potentiel humain risque de se trouver saturé par la mise à l'arrêt en très peu de temps de l'ensemble du parc nucléaire. Financièrement, les fonds nécessaires se trouvent dans les comptes des exploitants, qui ont provisionné plus de 30 milliards d'euros pour le démantèlement des installations et la gestion des déchets. Mais la question se pose de la disponibilité effective de ces provisions.

#### **B. L'IMPORTANCE DES NOUVEAUX INVESTISSEMENTS NÉCESSAIRES**

##### **1. Le programme de renforcement du réseau**

Un autre poste de coûts est celui des nouveaux investissements nécessaires pour le renforcement des réseaux électriques et pour le développement des énergies renouvelables. L'Allemagne s'est dotée en 2012 d'un outil fédéral de planification pluriannuel des réseaux de transport et de distribution d'électricité.

## **2. Le dispositif public de soutien aux énergies renouvelables**

Dans le même temps, la loi du 29 mars 2000 sur les énergies renouvelables, dite « loi EEG », a été révisée au début de 2012 pour instaurer certains garde-fous : incitation à la vente directe de l'électricité produite sur les marchés, lorsque les prix y sont supérieurs au tarif garanti ; dégressivité des tarifs d'achat ; obligation de pilotage à distance pour les installations d'une puissance supérieure à 100 KW ; encouragement au stockage et à l'autoconsommation. Mais le dispositif public de soutien aux énergies renouvelables reste globalement très favorable.

## **3. Un total de 352 à 416 milliards d'euros à l'horizon 2020**

La banque d'État KfW a publié en septembre 2011, en compilant différentes sources, une estimation du coût des investissements nécessaires au tournant énergétique d'ici 2020 : 145 milliards d'euros pour le développement des énergies renouvelables électriques ; 62 milliards pour la chaleur renouvelable ; 130 à 170 milliards pour l'amélioration de l'efficacité énergétique ; 10 à 29 milliards pour le développement des réseaux ; 5 à 10 milliards pour les centrales thermiques à construire. Au total, ces investissements sont évalués entre 352 et 416 milliards d'euros.

### ***C. LE DÉBAT SUR LE PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ***

#### **1. Des industriels davantage sollicités**

Ces perspectives ont suscité en Allemagne un vif débat sur le prix de l'électricité. Jusqu'à présent, les industries avaient été relativement épargnées par la surcharge tarifaire destinée à financer le développement des énergies renouvelables, qui leur est appliquée de manière fortement dégressive. Certains secteurs industriels bénéficient en outre d'avantages complémentaires : taux réduit pour l'écotaxe sur l'électricité et pour le droit de concession ; réduction sur le tarif d'utilisation des réseaux ; compensation de la hausse du prix du courant. Au total, la réduction de la surcharge EEG et l'ensemble des avantages complémentaires représentent une économie pour l'industrie allemande estimée à plus de 10 milliards d'euros en 2012. Cette économie se répercute, mécaniquement, sur les consommateurs domestiques.

## **2. Des particuliers supportant l'essentiel des surcoûts**

Pour ceux-ci, le prix de l'électricité était déjà fin 2010 l'un des plus élevés d'Europe, avec un niveau de 244 euros par MWh en moyenne, soit près de deux fois le prix moyen français. Ce prix pourrait encore augmenter de 70 % d'ici 2025, au risque d'une diffusion de la précarité énergétique. Un sondage d'opinion réalisé fin 2012 montre que, si 83 % des Allemands estiment nécessaire la progression des énergies renouvelables, 53 % d'entre eux estiment que le prix de l'électricité est devenu le sujet auquel la politique énergétique doit accorder la priorité. L'inquiétude grandit également dans les milieux industriels, notamment chez les petites entreprises, qui ne bénéficient pas de tarifs dégressifs et d'exonération comme les grandes industries électro-intensives.

### ***D. LES BÉNÉFICES ÉCONOMIQUES ATTENDUS***

Toutefois, les coûts du tournant énergétique allemand doivent être mis en balance avec ses bénéfices économiques attendus.

#### **1. Le développement de filières industrielles innovantes**

Le premier aspect est le développement de filières industrielles innovantes et potentiellement exportatrices dans les secteurs des énergies renouvelables, de l'efficacité énergétique, du stockage de l'électricité, et des centrales thermiques évoluées.

#### **2. Des créations d'emplois massives**

Le second aspect est la création d'emplois. Dans le seul secteur des énergies renouvelables, qui comptait 380 000 emplois en 2011, le nombre d'emplois directs pourrait passer à 600 000 en 2020 et 640 000 en 2030, selon le scénario le plus optimiste publié par le ministère de l'environnement.

## **IV. L'IMPACT SUR LE MARCHÉ EUROPÉEN DE L'ÉLECTRICITÉ**

### **A. DES EFFETS SENSIBLES AU-DELÀ DES FRONTIÈRES DE L'ALLEMAGNE**

#### **1. Une intensification des flux d'électricité transfrontaliers**

En effet, ses effets se font sentir au-delà des frontières de l'Allemagne. Pendant les périodes ventées ou ensoleillées, de l'électricité « fatale » surabondante est exportée, tandis que les centrales des pays limitrophes prennent le relais quand les conditions climatiques sont défavorables, les centrales de semi-base allemandes n'étant pas suffisantes pour assurer le suivi de charge. Ces flux peuvent s'inverser plusieurs fois par jour et engendrent des congestions sur les lignes de grand transport européen, y compris sur les réseaux nationaux des pays voisins. Souvenons-nous que le 4 novembre 2006, un incident sur une ligne du Nord de l'Allemagne, alors que les éoliennes fonctionnaient à plein régime, avait entraîné un black-out général en Europe, heureusement rapidement maîtrisé.

#### **2. Une baisse générale des prix de marché en Europe**

Par ailleurs, le développement d'énergies renouvelables rémunérées via des tarifs d'achat fait baisser le prix moyen du MWh sur le marché allemand, et par répercussion sur le marché européen de l'électricité. L'intermittence de ces formes d'énergie peut même générer des prix négatifs, dus au fait que leur production est prioritaire sur le réseau : il peut alors être plus rentable pour un producteur d'électricité de payer ses clients pour qu'ils consomment, plutôt que de supporter les coûts d'arrêt et de redémarrage de ses centrales thermiques, ainsi que de leur usure prématurée.

### **B. LES CONSÉQUENCES : UN RISQUE SYSTÉMIQUE**

#### **1. Une perte de rentabilité des centrales de semi-base et de pointe**

Les conséquences de ces évolutions font courir un risque systémique au marché européen de l'électricité. Les centrales de semi-base et de pointe fonctionnant au gaz principalement, mais aussi au charbon, perdent en rentabilité en raison de la conjonction de prix de marché plus bas, de plus faibles durées d'appel et de la hausse des prix du gaz.



## **2. Un risque pour la sécurité d'approvisionnement électrique**

De ce fait, un problème de sous-investissement dans ces moyens de production servant de recours pour assurer l'équilibre entre l'offre et la demande en toutes circonstances est apparu en Allemagne, qui s'étend aux autres pays européens, dont la France.

### ***C. LA NÉCESSITÉ DE COORDONNER LES TRANSITIONS ÉNERGÉTIQUES NATIONALES***

#### **1. Le rôle de la Commission européenne**

Il apparaît donc nécessaire que les pays européens coordonnent leurs transitions énergétiques nationales. Pour cela, la Commission européenne a sans doute un rôle à jouer. Celle-ci s'est jusqu'à présent attachée surtout à l'ouverture à la concurrence des marchés de l'électricité.

#### **2. La création d'un marché de capacités européen**

Elle admet aujourd'hui la nécessité d'harmoniser les régimes d'aides au développement des énergies renouvelables, mais demeure réticente à la mise en place de mécanismes de capacités de pointe, qu'elle assimile à une forme d'aides d'État.

#### **3. Le développement des interconnexions entre pays européens**

Enfin, la Commission européenne plaide pour le développement des interconnexions entre pays européens qui permettront, par un effet de « foisonnement », d'écouler en toutes circonstances la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables.



---

## PROGRAMME DU DÉPLACEMENT

### Mercredi 24 juillet 2013 - Berlin :

- *Ambassade de France* : présentation du tournant énergétique allemand par **M. Jean-Claude Perraudin**, conseiller énergie atomique et énergies alternatives ;

- *Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sûreté nucléaire* : accueil par le **Dr Susanne Lottermoser**, responsable de la sous-direction de la Politique environnementale, entretiens avec le **Dr Jörg Mayer-Ries**, chef de la division ZG III 1 Stratégies du développement durable et de la protection de l'environnement, et **M. Nicolas Oetzel**, chef de la division ZG III 2 Energie ;

- *Usine d'incinération de déchets végétaux de Ruhleben* : présentation et visite par le **Dr Thomas Klöckner**, directeur de la communication de BSR ;

- *TOTAL Allemagne* : **M. Burckhard Reuss**, directeur de la communication ;

- *Office franco-allemand pour les énergies renouvelables* : **Mme Mélanie Persem**, directrice.

### Jeudi 25 juillet 2013 - Dauertal :

- *Centrale hybride de Prenzlau* : présentation et visite par **M. Thierry Vergnaud**, président-directeur général d'Enertrag, et par le **Dr Konrad Iffarth**.

### Vendredi 26 juillet 2013 - Hambourg :

- *Service du développement urbain et de l'environnement de la Ville libre et hanséatique de Hambourg* : entretien avec **M. Klaus de Buhr**, responsable des affaires européennes ;

- *Office pour la protection des ressources et de la nature de la Ville libre et hanséatique de Hambourg* : accueil par **M. Hans Gabanyi**, directeur, entretiens avec **M. Hendrik Pinnau**, responsable de la politique énergétique, et avec **Mme Elke Schekahn**, responsable de la gestion des déchets ;

- *Hafen City* : visite de diverses réalisations architecturales par **M. Aurélien Boyer**.



---

## EXAMEN EN COMMISSION

Réunie le mercredi 18 décembre 2013, la commission a entendu une communication sur le déplacement d'une délégation de la commission en Allemagne du 24 au 26 juillet 2013 sur le tournant énergétique allemand «Energiewende ».

**M. Raymond Vall, président.** - Notre collègue Marcel Deneux va nous présenter le compte rendu du déplacement d'une délégation de notre commission qui s'est rendue en Allemagne du 24 au 26 juillet dernier pour y étudier la transition écologique et énergétique. Cette délégation était composée, outre lui-même, d'Esther Sittler et de Louis Nègre.

**M. Marcel Deneux.** - J'ai, en effet, eu l'honneur de conduire cette délégation. Nous nous sommes d'abord rendus à Berlin, pour y rencontrer le conseiller « énergie » de l'ambassade de France et avoir des entretiens avec des responsables des politiques de l'environnement et de l'énergie au ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sécurité nucléaire. Nous avons également visité la plus vaste usine d'incinération de déchets de Berlin. Nous nous sommes ensuite rendus à Dauertal, dans le Nord-Est du Brandebourg, presque à la frontière polonaise, pour y visiter le siège d'Enertrag, l'un des acteurs montants dans le secteur de la production d'électricité à partir d'énergie éolienne. Dans le même endroit, nous avons aussi visité une centrale hybride productrice d'hydrogène et d'électricité à partir de biogaz. Enfin, nous nous sommes rendus à Hambourg, pour y avoir des entretiens avec des responsables du tournant énergétique et de la gestion des déchets dans cette ville-État, qui est la deuxième d'Allemagne par sa population. Pour vous donner une idée de son importance, il suffit que je vous dise que l'effectif du ministère de l'environnement du Land compte 1400 personnes ! Nous avons également eu à Hambourg une présentation de l'urbanisme et de certaines réalisations architecturales.

Je vais axer ma communication principalement sur ce choix politique majeur que les Allemands appellent l'« EnergieWende », que l'on peut traduire par le « tournant énergétique ».

Dans un premier temps, pour mesurer combien ce tournant constitue en fait une décision radicale, il faut rapprocher le profil énergétique actuel de l'Allemagne des objectifs fixés à l'horizon 2050.

Actuellement, le mix énergétique allemand repose majoritairement sur les énergies fossiles. En 2011, le charbon - houille et lignite confondus - représentait 25 % de la consommation d'énergie primaire, le pétrole 34 %, le gaz 20 %, les énergies renouvelables 11 % et l'énergie nucléaire 9 %. Un

Allemand émet davantage de CO<sub>2</sub> qu'un Français : plus de 9 tonnes par an en moyenne, contre 5,8 tonnes. Néanmoins, l'Allemagne est parvenue à respecter son engagement pris dans le cadre du protocole de Kyoto, de réduire à l'horizon 2012 ses émissions de 21 % au-dessous de leur niveau de 1990. La mise aux normes et la réduction de l'appareil industriel des Länder de l'Est, après la réunification, a beaucoup contribué à ce résultat. Mais ce n'est pas la seule raison : la loi sur les énergies renouvelables du 29 mars 2000, dite « loi EEG », a créé un cadre favorable à la production d'électricité d'origine renouvelable, en sécurisant les investissements grâce un tarif d'achat garanti sur 15 à 20 ans, dont le surcoût est répercuté sur le consommateur final.

Par ailleurs, une politique de sortie du nucléaire a été engagée dès le début des années 2000 par le gouvernement social-démocrate de Gerhard Schröder, avec le vote de la loi du 22 avril 2002 qui prévoyait l'arrêt du dernier réacteur nucléaire en 2021. Revenu au pouvoir en 2005, mais dans le cadre d'une grande coalition avec le SPD, le parti chrétien démocrate d'Angela Merkel n'a pas remis immédiatement en cause cette décision, jusqu'au renversement d'alliance au profit du parti libéral intervenu après les élections de 2009. La Chancelière a alors proposé, par une loi du 29 octobre 2010, de fixer à l'horizon 2050 des objectifs très ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de développement des énergies renouvelables, tout en prolongeant la durée de vie des centrales nucléaires de 8 à 14 ans, au-delà de la date butoir de 2021.

Toutefois, cet allongement de la durée de production des centrales nucléaires s'est révélé impopulaire. L'accident de Fukushima survenu en mars 2011 a fourni l'occasion de faire marche arrière : Angela Merkel a annoncé aussitôt la fermeture immédiate des huit réacteurs les plus anciens, et la fermeture anticipée des neuf autres d'ici 2022. Néanmoins, les objectifs fixés en 2010 n'ont pas été modifiés par la loi du 6 août 2011. C'est cette conjonction d'un abandon accéléré de la production nucléaire et du maintien d'objectifs extrêmement ambitieux pour les émissions de CO<sub>2</sub>, comme pour les énergies renouvelables, qui constitue le « tournant énergétique ».

Ces objectifs de la politique énergétique allemande se déclinent selon les quatre axes suivants :

- une réduction de la consommation d'énergie primaire, par rapport à 2008, de 20 % en 2020 et de 50 % en 2050 ;
- une réduction de la consommation d'électricité par rapport à 2008 de 10 % en 2020 et de 25 % en 2050 ;
- une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> par rapport à 1990 de 40 % en 2020 et de 80 à 95 % en 2050 ;
- une part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale de 18 % en 2020 et de 60 % en 2050.

Quels sont les résultats et les limites de cette transition énergétique radicale ?

Les tous premiers résultats semblent plutôt encourageants. La sortie du nucléaire apparaît comme un fait acquis : huit tranches ont été arrêtées en 2011, représentant environ 70 TWh de production annuelle d'électricité, soit 12 % de la production totale ; les neuf tranches restantes, soit environ 80 TWh par an, le seront entre 2015 et 2022. Les objectifs du « tournant énergétique » semblent, dans l'ensemble, à portée de main pour 2020. La consommation d'énergie primaire devrait baisser de 2,2 % par an, alors que la tendance enregistrée entre 2006 et 2012 avoisine une diminution de seulement 1,5 % par an. La pente de la baisse de la consommation d'électricité, depuis le pic atteint en 2007, correspond à ce qu'il convient de respecter pour atteindre en 2020 une consommation inférieure de 10 % à celle de 2008. En revanche, l'objectif d'une réduction de 40 % des émissions de CO<sub>2</sub> en 2020, par rapport à 1990, semble difficile à atteindre, car l'effet de la remise à niveau des installations de l'ex-RDA s'estompe avec le temps. En ce qui concerne la part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie, avec un niveau de 12,6 % à la fin de 2012, elle se situait sensiblement au-dessus du niveau requis pour demeurer dans la trajectoire idéale vers l'objectif de 18 % en 2020. Toutefois, les objectifs à l'horizon 2050 semblent beaucoup plus hypothétiques. Le facteur démographique jouera un rôle pour faciliter l'évolution souhaitée, mais relativement modeste : alors que la population diminuera de 0,4 % par an entre 2020 et 2050, les consommations d'énergie primaire devraient baisser de 1,6 % par an pour que l'objectif soit respecté. Dans le bâtiment, les normes applicables aux logements neufs sont sévères, mais le rythme de renouvellement du bâti est inférieur à 1 % par an : il faudrait qu'il passe à 2 % par an du stock des bâtiments existants d'ici 2050. Dans l'industrie, le bas prix des quotas carbone n'incite pas les chefs d'entreprises à faire davantage d'efforts d'efficacité énergétique. L'objectif d'une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 80 % en 2050 apparaît tout à fait irréaliste, alors même que celui d'une baisse de 40 % en 2020 ne sera vraisemblablement pas atteint.

Dans l'immédiat, les ajustements rendus nécessaires par l'abandon du nucléaire se traduisent par un recours accru aux énergies fossiles. Le charbon et le lignite sont des ressources nationales historiques : chaque année, l'Allemagne extrait 70 millions de tonnes du premier et 180 millions de tonnes du second. Les gisements apparaissent inépuisables, mais l'Allemagne les épargne partiellement en important du charbon des États-Unis, dont les cours sont bas actuellement. Bien sûr, ces deux filières sont polluantes, et l'exploitation à ciel ouvert des mines de lignite a un impact très fort sur les paysages. J'ai eu l'occasion, lors d'un précédent déplacement en Allemagne, de voir l'une de ces mines à ciel ouvert : pour les creuser, on déplace les populations, et on reconstruit ensuite les villages à l'identique. Ce genre de procédé suppose un degré d'acceptation sociale que l'on trouverait difficilement en France. Le rôle croissant du gaz, énergie

également fossile mais moins polluante, a conduit l'Allemagne à sécuriser ses approvisionnements en investissant dans le gazoduc North Stream, qui la relie à la Russie à travers la mer Baltique. Au total, au printemps 2012, 17 centrales à charbon et lignite étaient en construction ou en projet, pour une puissance de 18 GW, et 29 centrales à cycle combiné gaz, pour une puissance de 12 GW. Néanmoins, la rentabilité de ces centrales thermiques se trouve maintenant dégradée par le développement parallèle des énergies renouvelables, qui vient les contraindre à fonctionner en semi-base ou en pointe seulement.

L'essor des énergies renouvelables est un mouvement très dynamique en Allemagne, en dépit de certains freins. Les différentes filières sont inégalement mûres. Les capacités de production hydraulique sont déjà saturées, comme en France. L'éolien terrestre fait figure de grand gagnant de la transition énergétique, avec une capacité installée qui devrait atteindre 36 GW en 2020. L'Allemagne compte sur un déploiement massif de l'éolien en mer, avec un objectif de 10 GW en 2020, soit 2 000 turbines géantes de 5 MW chacune. Mais cette technologie doit encore prouver qu'elle peut tenir ses promesses : pour l'instant, la capacité installée se limite à 245 MW, les coûts restent élevés et les progrès technologiques pour en améliorer les performances ne sont pas totalement identifiés. Porté par des tarifs d'achat très élevés, d'environ 450 euros par MWh jusqu'en 2009, le solaire photovoltaïque a connu une très forte expansion, la capacité installée passant de 5 à 25 GW en moins de cinq ans. Mais les conditions d'ensoleillement peu favorables en Allemagne affectent la productivité des cellules, et le surcoût de cette énergie a poussé le gouvernement à baisser drastiquement son tarif en mars 2012. Le marché de production des panneaux a été capté par les fabricants chinois, provoquant depuis 2011 la faillite de nombreux pionniers allemands du secteur. Toutefois, l'Allemagne n'a pas voulu s'associer à l'action initiée par la Commission européenne contre le dumping des entreprises chinoises, car elle trouve son compte dans la situation actuelle dans la mesure où les panneaux provenant de Chine sont fabriqués sur des machines-outils allemandes. Enfin, l'Allemagne mise beaucoup sur le biogaz pour la production d'électricité en cogénération, mais cette technologie soulève la question des conflits d'usage des terres, dont 10 % de la surface sont déjà affectés aux biocarburants. Environ 6 000 fermes sont équipées d'installations pour la méthanisation. Le développement des énergies renouvelables nécessite l'extension et le renforcement du réseau électrique. En effet, schématiquement, la fermeture des centrales nucléaires au Sud du pays devra être compensée par les parcs éoliens de la mer du Nord via de nouvelles lignes à très haute tension, dont il est prévu de construire 4 500 kilomètres avant 2020. Par ailleurs, l'intermittence, caractéristique de l'éolien et du solaire, se révèle difficile à gérer. Le maintien d'une capacité importante de centrales à gaz apparaît donc nécessaire pour absorber des variations rapides de puissance. Mais cette stratégie se heurte à une baisse de la rentabilité de ce parc conventionnel, due au fait que la production



d'énergies renouvelables, qui est prioritaire, vient réduire le nombre des heures de fonctionnement sur lesquelles il peut être amorti. Pour garantir la sécurité d'approvisionnement, le gouvernement a dû soumettre la fermeture des centrales thermiques à autorisation, et améliorer la rémunération de celles maintenues en service. L'une des clefs du succès de la transition énergétique allemande sera donc le développement de capacités de stockage de l'électricité à grande échelle. L'Allemagne a passé des accords avec la Suisse, l'Autriche et bientôt la Norvège pour l'exploitation conjointe de leurs stations de transfert d'énergie par pompage (STEP), la seule technologie de stockage aujourd'hui applicable à des excédents massifs d'électricité. A plus longue échéance, elle a lancé un programme de recherche pour explorer tous azimuts les technologies de stockage : air comprimé, volants d'inertie, supercondensateurs, batteries de tous types et hydrogène. L'hydrogène suscite beaucoup d'espoirs. Ce gaz peut servir de carburant dans un moteur thermique ordinaire, être retransformé en électricité par une pile à combustible, être injecté directement en faible proportion dans un réseau de gaz naturel, ou être combiné au CO<sub>2</sub> pour produire du méthane. Nous avons rencontré à Berlin le président de Total France, qui nous a indiqué que son entreprise participait à l'équipement du territoire de l'Allemagne par 350 stations d'hydrogène pour les véhicules.

Quels sont les coûts et les bénéfices de ce tournant énergétique allemand ?

Un premier facteur de coût est lié au retrait du nucléaire. L'abandon de cette énergie de manière prématurée peut être assimilé à une destruction de valeur. La question se pose d'ailleurs de l'indemnisation des exploitants de centrales nucléaires. EOn et RWE ont déposé une plainte devant la Cour constitutionnelle de Karlsruhe ; Vattenfall a saisi un tribunal d'arbitrage à Washington. Les montants demandés en réparation pourraient dépasser 15 milliards d'euros. Par ailleurs, l'Allemagne doit faire face aux coûts du démantèlement des centrales nucléaires, l'option d'un démantèlement immédiat après leur arrêt étant généralement privilégiée. Elle dispose d'une grande expérience, après la fermeture des centrales de l'Allemagne de l'Est, mais son potentiel humain risque de se trouver saturé par la mise à l'arrêt en très peu de temps de l'ensemble du parc nucléaire. Financièrement, les fonds nécessaires se trouvent dans les comptes des exploitants, qui ont provisionné plus de 30 milliards d'euros pour le démantèlement des installations et la gestion des déchets. Mais la question se pose de la disponibilité effective de ces provisions.

Un autre poste de coûts est celui des nouveaux investissements nécessaires pour renforcer les réseaux électriques et développer les énergies renouvelables. L'Allemagne s'est dotée en 2012 d'un outil fédéral de planification pluriannuel des réseaux de transport et de distribution d'électricité. Dans le même temps, la loi du 29 mars 2000 sur les énergies renouvelables a été révisée au début de 2012 pour instaurer certains garde-

fous : incitation à la vente directe de l'électricité produite sur les marchés, lorsque les prix y sont supérieurs au tarif garanti ; dégressivité des tarifs d'achat ; obligation de pilotage à distance pour les installations d'une puissance supérieure à 100 KW ; encouragement au stockage et à l'autoconsommation. Mais le dispositif public de soutien aux énergies renouvelables reste globalement très favorable. La banque d'État KfW a publié en septembre 2011, en compilant différentes sources, une estimation du coût des investissements nécessaires au tournant énergétique d'ici 2020 : 145 milliards d'euros pour le développement des énergies renouvelables électriques ; 62 milliards pour la chaleur renouvelable ; 130 à 170 milliards pour l'amélioration de l'efficacité énergétique ; 10 à 29 milliards pour le développement des réseaux ; 5 à 10 milliards pour les centrales thermiques à construire. Au total, ces investissements sont donc évalués entre 352 et 416 milliards d'euros.

Ces perspectives ont suscité en Allemagne un vif débat sur le prix de l'électricité. Jusqu'à présent, les industries avaient été relativement épargnées par la surcharge tarifaire destinée à financer le développement des énergies renouvelables, qui leur est appliquée de manière fortement dégressive. Certains secteurs industriels bénéficient en outre d'avantages complémentaires : taux réduit pour l'écotaxe sur l'électricité et pour le droit de concession ; réduction sur le tarif d'utilisation des réseaux ; compensation de la hausse du prix du courant. Au total, la réduction de la surcharge EEG et l'ensemble des avantages complémentaires représentent une économie pour l'industrie allemande estimée à plus de 10 milliards d'euros en 2012. Cette économie se répercute, mécaniquement, sur les consommateurs domestiques. Pour ceux-ci, le prix de l'électricité était déjà fin 2010 l'un des plus élevés d'Europe, avec un niveau de 244 euros par MWh en moyenne, soit près de deux fois le prix moyen français. Ce prix pourrait encore augmenter de 70 % d'ici 2025, au risque d'une diffusion de la précarité énergétique, qui existe déjà. Un sondage d'opinion réalisé fin 2012 montre que, si 83 % des Allemands estiment nécessaire la progression des énergies renouvelables, 53 % d'entre eux considèrent que le prix de l'électricité est devenu le sujet auquel la politique énergétique doit accorder la priorité. L'inquiétude grandit également dans les milieux industriels, notamment chez les petites entreprises, qui ne bénéficient pas de tarifs dégressifs et d'exonérations comme les grandes industries électro-intensives.

Toutefois, les coûts du tournant énergétique allemand doivent être mis en balance avec ses bénéfices économiques attendus. Le premier aspect est le développement de filières industrielles innovantes potentiellement exportatrices dans les secteurs des énergies renouvelables, de l'efficacité énergétique, du stockage de l'électricité, et des centrales thermiques évoluées. Le second aspect est la création d'emplois. Dans le seul secteur des énergies renouvelables, qui comptait 380 000 emplois en 2011, le nombre d'emplois directs pourrait passer à 600 000 en 2020 et 640 000 en 2030, selon le scénario le plus optimiste publié par le ministère de l'environnement.

Je finirai en évoquant l'impact du tournant énergétique allemand sur le marché européen de l'électricité.

Ses effets se font sentir au-delà des frontières de l'Allemagne. Pendant les périodes ventées ou ensoleillées, de l'électricité « fatale » surabondante est exportée, tandis que les centrales des pays limitrophes prennent le relais quand les conditions climatiques sont défavorables, les centrales de semi-base allemandes n'étant pas suffisantes pour assurer le suivi de charge. Ces flux peuvent s'inverser plusieurs fois par jour et engendrent des congestions sur les lignes de grand transport européen, y compris sur les réseaux nationaux des pays voisins. Souvenons-nous que le 4 novembre 2006, un incident sur une ligne du Nord de l'Allemagne, alors que les éoliennes fonctionnaient à plein régime, avait entraîné un black-out général en Europe, heureusement rapidement maîtrisé. J'ai été co-rapporteur de la mission commune d'information du Sénat qui a étudié les causes et les implications de cet incident. Nous avons mis en évidence que, du fait des interconnexions à travers tout le continent européen, une panne survenant au niveau de Brême peut avoir des répercussions jusque sur l'alimentation électrique des hôpitaux au Maroc ! Par ailleurs, le développement d'énergies renouvelables rémunérées via des tarifs d'achat fait baisser le prix moyen du MWh sur le marché allemand, et par répercussion sur le marché européen de l'électricité. L'intermittence de ces formes d'énergie peut même générer des prix négatifs, dus au fait que leur production est prioritaire sur le réseau : il peut alors être plus rentable pour un producteur d'électricité de payer ses clients pour qu'ils consomment, plutôt que de supporter les coûts d'arrêt et de redémarrage de ses centrales thermiques, ainsi que de leur usure prématurée. Nous ne sommes pas habitués en France à ces prix paradoxaux de l'électricité, dont les Allemands savent tirer parti en fabricant de l'hydrogène pendant les périodes où celle-ci ne coûte rien.

Les conséquences de ces évolutions font courir un risque systémique au marché européen de l'électricité. Les centrales de semi-base et de pointe fonctionnant au gaz principalement, mais aussi au charbon, perdent en rentabilité en raison de la conjonction de prix de marché plus bas, de plus faibles durées d'appel et de la hausse des prix du gaz. De ce fait, un problème de sous-investissement dans ces moyens de production servant de recours pour assurer l'équilibre entre l'offre et la demande en toutes circonstances est apparu en Allemagne, qui s'étend aux autres pays européens, dont la France.

Il apparaît donc nécessaire que les pays européens coordonnent leurs transitions énergétiques nationales. Pour cela, la Commission européenne a sans doute un rôle à jouer. Celle-ci s'est jusqu'à présent attachée surtout à l'ouverture à la concurrence des marchés de l'électricité. Elle admet aujourd'hui la nécessité d'harmoniser les régimes d'aides au développement des énergies renouvelables, mais demeure réticente à la mise en place de mécanismes de réserves de capacités rémunérées pour faire face

aux pointes de consommation, qu'elle assimile à une forme d'aides d'État. Enfin, la Commission européenne plaide pour le développement des interconnexions entre pays européens qui permettront, par un effet de « foisonnement », d'écouler en toutes circonstances la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables.

En conclusion, je dois reconnaître que le tournant énergétique allemand frappe par l'ampleur de ses ambitions. En cas de succès, il placera l'Allemagne en situation d'indépendance énergétique, de neutralité climatique et en position de force pour vendre les technologies qu'elle aura mises au point.

À court terme, la fermeture accélérée des centrales nucléaires et l'augmentation de la production intermittente éolienne et photovoltaïque contraint les Allemands à s'appuyer fortement sur les systèmes électriques de leurs voisins européens pour assurer leur équilibre production-consommation. Une transition énergétique aussi rapide n'est donc pas généralisable à tout le continent. L'Allemagne a clairement choisi une stratégie non-coopérative, sans concertation avec ses partenaires européens.

À moyen terme, soit 2020, les technologies actuelles ne permettent pas de stocker de manière économiquement rentable des quantités très importantes d'électricité, ce qui limite le potentiel de développement des énergies renouvelables. L'Allemagne encourage donc la construction de centrales thermiques, pour utiliser ses ressources nationales de charbon et de lignite, et a négocié directement avec la Russie son approvisionnement en gaz, là aussi de manière peu coopérative. La question des émissions de gaz à effet de serre apparaît nettement comme l'un des points faibles de sa transition énergétique. Une autre zone d'ombre est l'évolution des prix de l'électricité, la protection de la compétitivité de la grande industrie s'effectuant au détriment de celle des petites entreprises et du pouvoir d'achat des particuliers.

A plus long terme, c'est-à-dire après 2030, le succès du tournant énergétique allemand repose sur la mise au point de technologies aujourd'hui encore naissantes, qui nécessiteront de véritables ruptures pour devenir économiquement viables. Mais il ne faut pas sous-estimer l'ampleur de l'effort de recherche et d'innovation de l'Allemagne, qui s'inscrit d'emblée dans une perspective industrielle. Le secteur manufacturier allemand s'appuiera sur les acquis de ces programmes pour conquérir des marchés importants à l'échelle mondiale. Car la véritable préoccupation des Allemands, pour engager si vigoureusement leur transition énergétique, demeure le développement de nouvelles technologies industrielles, qu'ils veulent être les premiers à commercialiser.

**Mme Hélène Masson-Maret.** – Quelle est la position de la population allemande face aux éoliennes. Est-ce que les câbles sont enterrés ou aériens ? Constituent-ils ainsi une nuisance visuelle supplémentaire ?

Concernant les gaz de schiste, quelle est l'approche de l'Allemagne, dans la mesure où ils ont choisi de se passer du nucléaire ?

**M. Marcel Deneux.** - D'un point de vue technique, les Allemands ont fait le choix d'enterrer une partie des câbles, mais le reste est en aérien. Cela coûte beaucoup plus cher d'enterrer les câbles. Ils ont désormais de gros problèmes d'acceptation sociale, en ce qui concerne l'impact des éoliennes sur les paysages. On parle maintenant de l'installation d'éoliennes dans des massifs forestiers, de manière à éviter de gâcher les paysages. Cela suppose, d'un point de vue technologique, de construire des mâts plus élevés. La question du transport de l'électricité et des câbles est centrale. La perspective à moyen et long termes est de supprimer les grands réseaux électriques actuels pour en venir à des productions et des utilisations plus réduites au niveau de la zone géographique couverte, à l'échelle d'un immeuble ou d'un quartier. Il s'agit de l'évolution de demain.

Sur les gaz de schiste, je vous renvoie au rapport de l'office dès sa publication. Sa publication est pour l'heure retardée dans l'attente de la contribution du groupe écologiste. Ce rapport comportera dix propositions.

**M. Jean-Jacques Filleul.** - Cette communication est très intéressante. Elle fait partie des lectures nécessaires. On sent bien toute la force industrielle de l'Allemagne. La dimension géopolitique n'échappe à personne surtout au niveau européen. Quelle est la part du pétrole et du gaz russes dans l'énergie allemande ? On sait ce qui se passe en Ukraine actuellement. Quel est le rôle de l'Allemagne dans cette problématique ?

On entend beaucoup parler d'hydrogène. Je sais que des grandes villes en France sont en train de réfléchir pour devenir productrices d'électricité. Où en est-on aujourd'hui en matière de recherche ? Qu'en est-il du stockage d'électricité ? Il me semble que des progrès importants ont été faits.

**M. Francis Grignon.** - Je suis entièrement d'accord avec les conclusions de ce rapport. Je suis maire d'un petit village qui jouxte le Rhin, à proximité de la centrale de Fessenheim. En face, une usine métallurgique allemande est fournie en électricité par le nucléaire français. Sait-on quelle part d'énergie nucléaire importée est utilisée par l'Allemagne ?

Concernant l'éolien, pour ceux qui connaissent la plaine du Rhin, on voit directement la Forêt noire en face. Il y a des éoliennes gigantesques, qui sont, pour eux, masquées par le paysage, mais qui sont visibles de notre côté.

Les voitures allemandes sont également un sujet. Le développement économique est la priorité de l'Allemagne. Ils font des efforts sur cette question. J'ai acheté une Zoe qui a une autonomie de 150 kilomètres. Ce ne sont en réalité que 100 kilomètres l'hiver dans la mesure où le chauffage est électrique. Les Allemands construisent de leur côté une BMW qui a 300 kilomètres d'autonomie. Ils sont plus rapides que nous sur le développement des voitures électriques.

Ma dernière question porte sur les réseaux européens. Il paraît que la Suisse achète beaucoup d'énergie éolienne électrique aux Allemands à bas prix, et la revend à un bon prix aux pays de l'Est. Est-ce que cela est vrai ?

**M. Vincent Capo-Canellas.** – Les objectifs qui ont été présentés dans le rapport sont ambitieux. Les termes de « transition radicale » ont été employés, avec des objectifs chiffrés élevés pour 2020 et 2050. Les objectifs d'indépendance énergétique et de neutralité climatique sont à retenir. Le développement de filières technologiques est crucial. Il y a des limites à cette transition, concernant l'effet sur les gaz à effet de serre, l'effet sur les prix. La logique retenue n'est pas coopérative.

Quels enseignements peut-on tirer de cette transition ? Peut-on transposer un certain nombre de choses dans notre pays ? Des erreurs sont-elles à éviter ? Qu'est-ce qui peut nous différencier de la transition allemande ? Tout cela ne mériterait-il pas une approche européenne ?

**Mme Marie-Françoise Gaouyer.** – J'ai eu l'occasion de visiter un parc éolien en Westphalie. Ce parc a douze ans. Un huitième des éoliennes est en panne et ne sera pas réparé. Ces éoliennes restent sur pied et ne tournent pas. Sont-elles vouées, à terme, à tomber pour disparaître ?

L'hydrogène pose la question de l'alternative au fioul. En France, les marins pêcheurs réclament de pouvoir utiliser des moteurs à hydrogène. La Marine nationale a déjà fait beaucoup d'essais mais ne veut pas faire cette autorisation. Beaucoup de gens attendent

**M. Michel Teston.** – Dans votre rapport, vous avez essayé d'évaluer l'impact de la transition énergétique allemande sur le marché de l'électricité allemand mais également sur le marché européen. Cette double évaluation me paraît essentielle. La véritable motivation du choix stratégique de l'Allemagne semble être, pour partie, de diminuer la pollution mais en priorité de préparer l'industrie allemande aux enjeux de demain.

Ce rapport soulève deux questions. N'y a-t-il pas un paradoxe allemand ? L'Allemagne disposera en effet de la part d'énergies renouvelables dans le mix énergétique la plus élevée au monde. Mais, pour assurer cette production en énergies renouvelables, il a fallu développer des centrales au lignite et au gaz, ce qui a conduit à une augmentation considérable des émissions de CO<sub>2</sub>. Je m'interroge également sur le développement de petites unités de production d'énergies renouvelables à l'échelle d'un quartier, couplé à une politique d'aide aux économies d'énergie. Il est souvent dit que cette stratégie est fortement porteuse d'emplois. En Allemagne, cette stratégie a-t-elle été retenue comme orientation majeure ? Est-ce que cette piste ne pourrait pas être suivie en France si nous voulons prendre en compte l'emploi dans la production d'énergie ? Le Premier Ministre a évoqué fin novembre la question des circuits courts et la mise en place des contrats de bourg qui semblent tournés

vers le développement de petites unités locales de production d'énergies renouvelables.

**M. Marcel Deneux.** – En Allemagne, l'industrialisation et la capacité exportatrice de l'industrie sont une préoccupation de l'ensemble des milieux de la société. Christian Bataille et moi-même avons effectué, pour l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, un déplacement en Allemagne. À cette occasion, nous avons visité six Länder dont le Bade-Wurtemberg. La ville de Stuttgart est dirigée par un écologiste. Or, la banque régionale du Bade-Wurtemberg, à laquelle le Land participe, soutient le développement de Mercedes. La politique des Verts allemands n'est donc pas opposée au développement des voitures que Francis Grignon a évoquées. Elles font partie du prestige industriel du pays et de sa capacité d'exportation de produits à forte valeur ajoutée. La dominante économique surpasse les dominantes écologiques quand cela est estimé nécessaire.

Concernant la relation à la Russie, un pipeline traverse la Baltique. La compagnie qui le gère est dirigée par un ancien chancelier allemand... Pour le gaz, l'Allemagne est totalement approvisionnée par Gazprom.

Sur la question de l'hydrogène, sera présenté cet après-midi à l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques le rapport de Laurent Kalinowski et Jean-Marc Pastor. Beaucoup de pays envisagent d'utiliser cette source d'énergie.

Je me suis entretenu hier avec Bernard Decomps, docteur en physique qui a dirigé l'école normale supérieure de Cachan, qui a attiré notre attention sur les technologies pour demain. Selon lui, nous pouvons aujourd'hui réduire la consommation électrique grâce à des techniques de fractionnement de l'approvisionnement. En coupant le courant deux dixièmes de seconde par seconde, la consommation électrique est réduite de 20 % sans nuire aux appareils concernés. Cette technique est bien maîtrisée en laboratoire et sera diffusée. Sur l'hydrogène, nous sommes loin de déboucher. Nous ne faisons pas de gaz naturel en France car nous appliquons le principe de précaution qui induit parfois une frilosité anormale des décideurs politiques.

**Mme Laurence Rossignol.** – Le principe de précaution a dix ans. L'opposition au gaz naturel est bien plus ancienne. Il ne faut pas incriminer le principe de précaution pour ce qui date de Mathusalem !

**M. Marcel Deneux.** – J'en profite pour rappeler que le principe de précaution ne figure pas dans la Constitution mais dans son Préambule.

Concernant le stockage de l'électricité, la France n'est pas plus en retard que d'autres. De grandes surfaces de stockage au sol se développent. Deux enjeux importants sont d'apprendre à stocker l'électricité et d'apprendre à stocker le CO<sub>2</sub>. À l'heure actuelle, nous savons piéger le CO<sub>2</sub> mais pas le stocker. Le stockage du CO<sub>2</sub> dans des conditions économiques permettra aux entreprises polluantes de continuer avec les mêmes

techniques tout en ne polluant pas. Je crois au progrès de la science, et il est nécessaire pour avancer de mettre davantage de crédits sur la recherche.

Concernant les importations allemandes en matière d'énergie, nous savons que ce pays a acheté plus de courant d'origine nucléaire française en 2012 qu'en 2011. Cela se voit dans nos statistiques d'exportation.

Sur les voitures électriques, le constructeur français a fait le choix de l'électrique pur qui patine un peu. Je fais partie avec Philippe Darniche d'un syndicat de voitures propres, que nous avons créé il y a sept ou huit ans. Tous les grands constructeurs européens ont développé des voitures plus ou moins hybridées.

Le PDG de Total Allemagne nous dit que tous les constructeurs développeront des voitures à hydrogène dans les années qui viennent. En France, en fonction de leur peur de l'explosion, les gens achèteront ou non des voitures à hydrogène. Les industriels nous disent qu'il n'y a aucun risque d'explosion mais il suffit de faire un radiotrottoir en France pour constater que la population voit les choses différemment.

Concernant les conclusions à tirer pour la politique française, nous devons déployer beaucoup de prudence. Il faut observer mais également mettre en valeur nos atouts. Nous avons une compétence nucléaire unique au monde. Des évolutions peuvent être apportées sur la part du nucléaire dans le mix énergétique. En revanche, abandonner la filière serait une erreur fondamentale.

Sur les éoliennes en panne, les Allemands ne sont pas très regardants sur les friches industrielles, ils n'ont pas la même conception que nous des paysages et de la propreté. Le fait de laisser ces éoliennes répond à une rationalité économique, elles ne coûtent rien, elles dérangent juste les gens qui les regardent.

Concernant l'Europe, le militant européen voit clairement les répercussions des choix allemands sur la construction de l'Europe. Si les Allemands font cavalier seul, cela ne va pas dans le sens de la construction européenne.

Sur les questionnements liés à la décentralisation, il y a une tendance lourde à être au plus près des consommateurs. Le Premier ministre a évoqué la question des contrats de bourgs et des circuits courts, ils ne seront pas mis en œuvre tout de suite. Il faudra intégrer l'approvisionnement et la consommation énergétique dans les unités qui commandent l'aménagement du territoire. En France, le secteur énergétique est très centralisé, seuls deux opérateurs et demi existent. L'Allemagne compte quatre opérateurs électriques. Dans certains Länder, les opérateurs sont en concurrence ; dans d'autres, un opérateur détient le monopole.

Nous n'avancons pas vite sur le stockage de l'électricité. Nous voyons ce soir le Commissariat à l'énergie atomique avec le bureau de



l'office parlementaire. Il a reçu une mission spéciale sur les énergies renouvelables il y a deux ans. Nous attendons qu'il avance sur ces questions. Le CEA est doté de moyens financiers et scientifiques tels que s'il investit cette question, il y aura des avancées notables. Les opérateurs y réfléchissent également à leur niveau.

Il est nécessaire de mettre beaucoup plus de crédits sur la recherche. Si nous ne cherchons pas, nous ne pourrons pas trouver. Des choix budgétaires doivent être faits, les sommes requises ne sont pas considérables.

*La commission, à l'unanimité, décide d'autoriser la publication du rapport d'information.*



## ANNEXE HAMBOURG, VILLE LABORATOIRE DE LA DÉCENTRALISATION ÉNERGÉTIQUE

### **1/ Présentation de la ville de Hambourg**

La ville de Hambourg, deuxième plus grande ville d'Allemagne avec 1,8 million d'habitants (4,3 millions en incluant la banlieue), et deuxième ville portuaire d'Europe, bénéficie d'un important tissu industriel. Elle se veut être une ville pionnière en matière de transition énergétique, et dans cette perspective, œuvre à la mise en place de politiques volontaristes en matière de réduction de consommation d'énergie et de diversification des sources de son bouquet énergétique, en faisant le pari du développement des énergies renouvelables.

### **2/ Éléments de bilan de consommation énergétique et réseaux d'énergie**

La ville de Hambourg enregistre une consommation annuelle d'énergie de :

- 13 000 GWh de consommation de courant électrique s'expliquant notamment par les besoins des industries de transformation de métaux ;
- 21 000 GWh de consommation de gaz naturel ;
- 5 000 GWh de consommation de chauffage urbain.

Concernant la desserte en réseaux d'énergie, la ville de Hambourg dispose de :

- 27 000 km de réseau et de 1 100 stations sur le réseau ;
- plus de 150 000 raccordements aux infrastructures de gaz ;
- près de 500 000 raccordements au réseau de chauffage urbain.

### **3/ Présentation du tournant énergétique hambourgeois**

#### *a) Les enjeux*

Hambourg reste dépendante des importations en énergie en provenance des lands voisins. La transition énergétique revêt donc pour elle un intérêt majeur en terme économique (réduction du prix de l'énergie, création d'emplois). Ce tournant énergétique a également vocation à

permettre à la ville de Hambourg de tendre vers l'« autosuffisance énergétique », en décentralisant l'appareil de production énergétique.

*b) Le triple accord hambourgeois*

Le « triple accord hambourgeois du tournant énergétique » repose sur trois piliers :

- l'efficacité énergétique<sup>1</sup> ;
- les réseaux énergétiques ;
- les énergies renouvelables.

Pour atteindre ses objectifs, la ville de Hambourg mise sur une stratégie de coopération des différents acteurs économiques et politiques, notamment par l'organisation trois fois par an d'un Forum de l'énergie sous la présidence du maire, et la mise en place d'une Commission de l'énergie rassemblant entreprises, scientifiques et politiques, afin de gagner en efficacité énergétique.

L'« *amélioration de l'efficacité énergétique* » est définie à l'article 1<sup>er</sup> de la directive 2012/27/UE, relative à l'efficacité énergétique du 25 octobre 2012, comme un « *accroissement de l'efficacité énergétique à la suite de modifications d'ordre technologique, comportemental et/ou économique* ».

Pour réussir le pari de la transition énergétique, Hambourg consacre une part importante de son budget (environ 12 milliards d'euros par an) aux politiques en faveur de la transition énergétique et de la protection du climat (17 à 18 millions d'euros).

#### **4/ Exemples de mesures**

Les politiques volontaristes de la ville de Hambourg, en matière de transition énergétique, prennent différentes formes allant de campagnes publicitaires de sensibilisation, à l'investissement de la ville dans la construction d'installations de production d'énergie renouvelable, en passant par des subventions pour encourager le développement des entreprises travaillant dans le secteur .

*Exemple : optimisation de l'éclairage d'atelier de l'Heinrich Dehn International Spedition GmbH qui a permis à l'entreprise de réaliser une économie de 35% grâce à la réduction de sa consommation d'énergie.*

---

<sup>1</sup> Minimisation de la consommation d'énergie par une modification des habitudes de consommation, pour un service rendu maximal.

La ville de Hambourg affirme également ses responsabilités et compétences en matière énergétique en participant directement aux réseaux énergétiques, et en coopérant avec les entreprises de production et de distribution d'énergie. Elle participe ainsi à hauteur de 21,5 % au réseau d'électricité et de gaz, ainsi qu'à l'approvisionnement en énergie thermique. Cette participation au réseau énergétique permet à la ville de Hambourg d'enregistrer de nouvelles recettes, et de développer son potentiel économique.

*Exemple : remplacement d'une centrale thermique au charbon par la construction d'une centrale électrique innovante<sup>1</sup>, à cycle combiné pour le chauffage urbain hambourgeois, avec intégration d'une éolienne et d'un accumulateur thermique pour le stockage d'énergies renouvelables.*

Par le biais de politiques volontaristes, la ville de Hambourg s'engage dans une démarche d'exploitation d'énergies renouvelables sur le territoire de la ville, en mettant notamment à disposition des terrains pour les parcs éoliens et le repowering<sup>2</sup>.

*Exemple : développement du photovoltaïque par Bürgeranleihe Hamburg Energie GmbH notamment par le biais d'obligations citoyennes, ou encore des emprunts obligataires citoyens qui permettent une participation locale, et favorisent donc la conservation de la maîtrise des décisions stratégiques.*

## **5/ Bilan**

La Ville de Hambourg veut devenir un modèle de réussite de la transition énergétique et la capitale de l'éolien en Allemagne. Dans cette perspective, la création d'un pôle de compétence en énergies renouvelables, l'investissement dans la R&D, ou encore l'attribution de subventions pour favoriser l'implantation des entreprises d'énergie renouvelable, lui ont déjà permis d'augmenter de près de 50 % le nombre d'entreprises intervenant dans ce secteur, représentant plus de 25 000 emplois.

---

<sup>1</sup> Centrale de « Vattenfall Hamburg Wärme GmbH ».

<sup>2</sup> Remplacement de plusieurs éoliennes anciennes par un nombre inférieur de nouvelles éoliennes dans le but d'augmenter les rendements.