



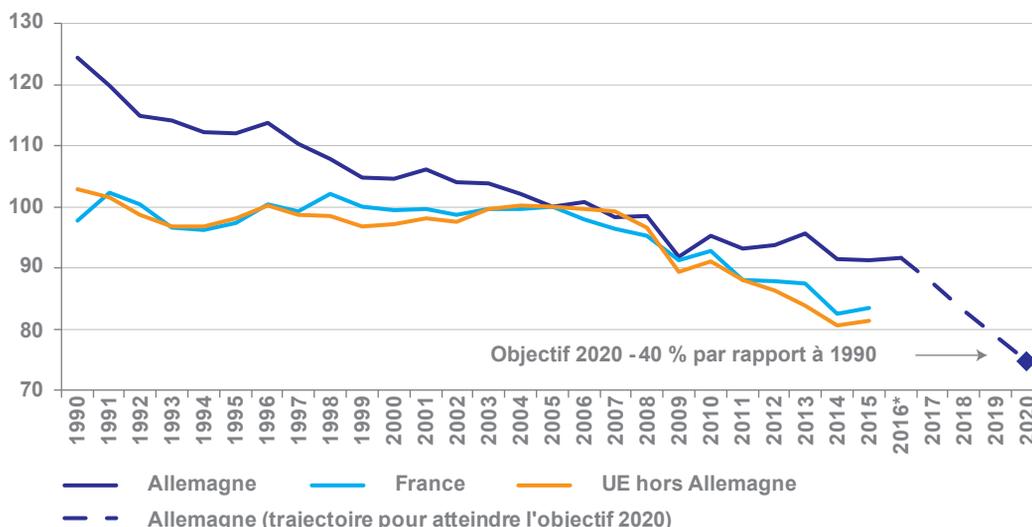
Transition énergétique allemande : la fin des ambitions ?

En 2011, à la suite de la catastrophe nucléaire de Fukushima, les autorités allemandes lancent la transition énergétique ou *Energiewende*, promue au rang de projet de société par le soutien quasi unanime de la population. L'enthousiasme a bientôt franchi le Rhin, au point que ce tournant énergétique est apparu à beaucoup de Français comme le modèle à suivre. L'abandon du nucléaire et des énergies fossiles, leur remplacement par des énergies renouvelables, si possible locales, le développement de la mobilité électrique et l'accession à une économie non émissive en carbone constituaient des buts vertueux qui paraissaient envisageables à relativement court terme et au prix d'un effort financier raisonnable.

Aujourd'hui l'horizon s'est obscurci. L'Allemagne produit certes un tiers de son électricité grâce aux énergies renouvelables mais elle paie cette performance remarquable au prix fort, le prix de l'électricité pour les petits consommateurs ayant plus que doublé entre 2000 et 2013. Parallèlement, elle continue d'avoir largement recours au charbon pour produire son électricité et reste un des pays d'Europe les plus émetteurs en CO₂ par habitant. Fermer les centrales au charbon et au lignite est un objectif qui divise la population et met en jeu la sécurité de son approvisionnement. Le développement massif des énergies renouvelables intermittentes a compromis l'équilibre du système électrique et impose la construction de milliers de kilomètres de lignes à haute tension, sur fond de forte opposition locale. Une éventuelle électrification du transport plongerait encore davantage dans la crise le secteur automobile, déjà fragilisé par les scandales successifs.

Dans ce contexte, les élections fédérales prévues pour le 24 septembre 2017 pourraient bien imprimer une courbe moins ambitieuse au « tournant énergétique ».

Évolution comparée des émissions de gaz à effet de serre en Allemagne, en France et en Union européenne (base 100 en 2005)



Source : Eurostat et BMWi¹ pour la donnée 2016, calculs France Stratégie

1. BMWi, *Bundesministerium für Wirtschaft und Energie* (ministère fédéral de l'Économie et de l'Énergie).

ÉTIENNE
BEEKER

Département Développement durable et Numérique

La *Note d'analyse* est publiée sous la responsabilité éditoriale du commissaire général de France Stratégie. Les opinions exprimées engagent leurs auteurs et n'ont pas vocation à refléter la position du gouvernement.

INTRODUCTION

À quelques semaines des élections fédérales, cette note dresse un bilan des avancées de la transition énergétique allemande (première partie), mais aussi des difficultés rencontrées (deuxième partie) et des points de résistance voire de blocage qu'elle risque de susciter au sein de la population (troisième partie). Passant en revue les programmes des partis politiques outre-Rhin, elle montre enfin que l'on peut s'attendre à une réorientation importante de la politique énergétique après les échéances électorales (quatrième partie).

UN TOURNANT SPECTACULAIRE, ENCORE INSUFFISANT

Les grands objectifs de la transition énergétique allemande consistent, outre la sortie du nucléaire en 2022, en la décarbonation presque totale de l'économie en 2050 grâce au développement généralisé des énergies renouvelables (ENR) et à la baisse de la consommation. Le tableau 1 résume leur état d'avancement en 2000 et 2015 (2016 pour certains). Mis à part les ENR électriques qui ont connu un essor spectaculaire et qui devraient dépasser 35 % du mix électrique en 2020, aucun autre objectif ne semble en mesure d'être atteint. Le cabinet McKinsey, qui tient un index trimestriel des quinze principaux objectifs de l'Energiewende, note même qu'à l'inverse, pour onze de ces objectifs, on s'est éloigné du but en 2016.

Énergies renouvelables : objectif 2020 presque atteint, incertitude au-delà

Le remplacement des énergies conventionnelles – nucléaire, charbon et gaz – par des ENR est emblématique de la transition énergétique allemande. L'énergie solaire était présentée comme une alternative au nucléaire et au pétrole

dès les années 1970, mais son développement est resté modéré jusqu'au début des années 2000. La lutte contre le changement climatique et les tensions sur les matières premières ont alors conduit aux premières lois en faveur des renouvelables, avec des ambitions renforcées après Fukushima. Ce grand plan n'était pas sans arrière-pensées industrielles : l'Allemagne avait l'ambition de devenir le pays leader dans ces nouvelles énergies et de trouver un relais de croissance pour son économie traditionnellement exportatrice. S'ouvrait également la perspective de créer un tissu économique dans les Länder de l'Est, récemment réunifiés.

La suite est bien connue. Les subventions importantes ont permis un développement spectaculaire des ENR, principalement de la biomasse, de l'éolien et du solaire photovoltaïque (PV), avec une part dans la consommation d'électricité qui bondit de 6 % en 2000 à 32 % en 2016. Aujourd'hui, l'hydraulique voit son développement limité par le manque de sites et la biomasse par la concurrence avec les usages alimentaires². La croissance des ENR repose donc désormais sur le solaire photovoltaïque (PV) et sur l'éolien.

Le solaire PV a connu de 2010 à 2012 un essor considérable suivi d'un coup d'arrêt brutal, la réduction des aides publiques l'ayant emporté sur une chute du prix des panneaux de 60 % en cinq ans (graphique 1). La puissance installée a atteint fin 2016 plus de 40 gigawatts (GW), mais la production, 38,1 térawatts-heures (TWh), ne représente que 6,4 % de la production totale d'électricité. N'ayant pu résister à la concurrence asiatique, tous les grands fabricants de panneaux allemands ont fait faillite, le dernier étant SolarWorld en juin 2017. En tout, environ 100 000 emplois ont été détruits dans le secteur entre 2012 et 2016, touchant durement des Länder de l'Est comme la Thuringe et la Saxe³.

Tableau 1 – Calendrier des objectifs de l'Energiewende

	réf.	Réalisé			Objectifs		
		2000	2015	2016	2020	2030	2050
Émissions de CO₂	1990	-15,0 %	-27,2 %	-26,6 %	-40 %	-55 %	-80 %
Part des ENR dans la conso. électrique		6,5 %	31,6 %	31,7 %	35 %	50 %	80 %
Consommation d'énergie primaire	2008	+1,5 %	-7,6 %	-6,5 %	-20 %		
Consommation d'électricité	2008	-6,7 %	-4,0 %	-3,4 %	-10 %		
Consommation d'énergie des transports	2008	+7,0 %	+1,3 %		-10 %		
Véhicules électriques		0 M	0,03 M		1 M	6 M	

Lecture : En 2000, les émissions de CO₂ allemandes avaient diminué de 15 % par rapport à leur niveau de 1990. L'objectif fixé par les autorités est une baisse de 40 % en 2020 (par rapport à 1990).

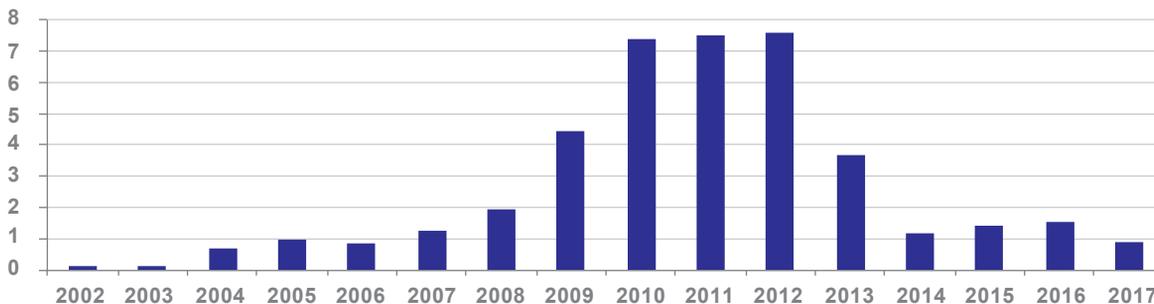
Source : France Stratégie d'après les données de McKinsey, mars 2017, et du BMWi

2. La biomasse pour la production d'électricité repose en Allemagne en grande partie sur le biogaz issu de cultures dédiées, du maïs en particulier. Les nouvelles cultures sont interdites depuis 2014. Le biogaz est également utilisé pour la production de chaleur, de même que le bois ou les déchets organiques.

3. Voir par exemple le *Dresdner Neueste Nachrichten* du 27 juin 2017.



Graphique 1 – Capacités installées annuellement en solaire PV (en gigawatts)



Source : France Stratégie sur des données de AGEE, BMWi, BNetzA⁴

Graphique 2 – Capacités installées annuellement en éolien terrestre et offshore (en gigawatts)



■ Éolien terrestre ■ Éolien en mer Source : France Stratégie sur des données de AGEE, BMWi, BNetzA

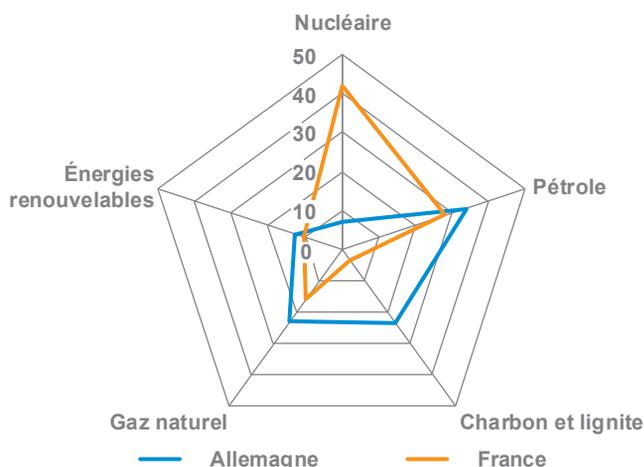
Le développement de l'éolien a été aussi spectaculaire, mais plus régulier, pour atteindre fin 2016 une capacité installée à terre de 45,5 GW et en mer de 4,1 GW, et des productions respectives de 65 TWh et 13 TWh environ, soit 13,2 % de la production d'électricité (graphique 2). Le secteur pesait 13 milliards d'euros en 2016 et employait 135 000 personnes, principalement dans les Länder du Nord, Basse-Saxe et Schleswig-Holstein. Une « course au guichet » a vu se déposer de nombreux projets avant la date limite du 31 décembre 2016, après laquelle la nouvelle loi adoptée en milieu d'année 2014 prévoit l'abandon du tarif d'achat et un plafond de 2,5 GW par an qui crée de l'incertitude.

La croissance future des ENR repose largement sur celle de l'éolien en mer, avec un objectif à 2020 de 6,5 GW. Les derniers appels d'offre (avril 2017) ont révélé une baisse des coûts d'une ampleur difficilement explicable⁵. Si ces projets se concrétisent, on peut s'attendre à un fort développement car les gisements de vent en mer sont à la fois plus importants et plus réguliers. Une filière industrielle éolienne marine pourrait voir le jour, redynamisant des ports fortement touchés par la crise des chantiers navals, à l'instar de Bremerhaven sur la mer du Nord.

Pour autant, malgré ces succès, les performances allemandes restent à relativiser : la part des ENR dans la consommation

d'énergie primaire totale n'est encore que de 12,6 %, contre 10,4 % en France. Les énergies fossiles représentent toujours 80 % du mix énergétique total outre-Rhin, le pétrole restant archi-dominant dans les transports et le gaz dans l'industrie et le chauffage, révélant l'ampleur du chemin à parcourir pour décarboner le secteur (graphique 3 et tableau 2).

Graphique 3 – Mix de consommation en énergie primaire en Allemagne et en France, 2016



Source : France Stratégie, d'après Bilan France, ministère de la Transition écologique et solidaire et AG Energiebilanzen

4. BNetzA, Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Agence fédérale des réseaux).

5. Il s'agit des parcs OWP West, Borkum Riffgrund West 2 et He Dreiht, des énergéticiens DONG et EnBW qui ont annoncé pouvoir se passer de subventions. Le coût exact n'est pas connu, mais vraisemblablement bien inférieur à 50 €/mégawatt-heure (MWh), auquel il convient d'ajouter le raccordement au réseau qui peut représenter entre 10 € et 15 €/MWh. Les appels d'offre français avaient abouti à des coûts supérieurs à 200 €/MWh.

Tableau 2 – Part des énergies renouvelables dans la consommation en énergie primaire, France et Allemagne

Année 2016	Allemagne	France
ENR total	12,6 %	10,4 %
dont Biomasse*	7,3 %	5,5 %
Éolien	2,1 %	0,7 %
Solaire	1,2 %	0,3 %
Hydraulique	0,6 %	2,1 %
Déchets	1,0 %	0,5 %
Géothermie	0,4 %	0,1 %

*y.c. biocarburants

Source : France Stratégie, d'après Bilan France, ministère de la Transition écologique et solidaire et AG Energiebilanzen

L'abandon du nucléaire en 2022 : objectif maintenu

L'abandon du nucléaire est l'autre objectif emblématique de l'Energiewende, plébiscité par une large partie de la population. Sept tranches nucléaires ont été arrêtées en avril 2011, faisant de l'Allemagne le seul pays au monde ayant procédé à l'arrêt définitif de tranches encore en état de fonctionner. La production nucléaire comptait pour 25 % de la production électrique avant 2011, mais elle était encore de 14,2 % en 2016, soit 84,6 TWh. Le planning d'arrêt des tranches restantes, qui doit s'échelonner jusqu'en 2022, n'est pas remis en cause. D'ici là, il faudra remplacer cette production d'énergie stable et décarbonée, ce qui paraît difficile sans augmenter les émissions de CO₂, car une augmentation de la capacité d'énergie intermittente fait aujourd'hui peser un risque pour la stabilité du système électrique et, en l'absence de stockage, elle nécessite un recours à des moyens de production conventionnels (voir plus loin).

Par ailleurs, les relations très tendues qui s'étaient établies entre les opérateurs de centrales et le gouvernement après la décision de sortie accélérée du nucléaire de 2011, que les premiers considèrent comme une spoliation, semblent se normaliser. La Cour constitutionnelle de Karlsruhe a donné raison sur le fond à RWE, E.ON et Vattenfall qui devraient être indemnisés à hauteur de quelques milliards d'euros, la Cour laissant les électriciens et le gouvernement s'entendre sur un chiffre définitif avant le printemps 2018⁶. Un autre différend a été réglé en juin 2017 concernant la gestion de déchets radioactifs, la somme de 24 milliards d'euros devant être versée par les exploitants

nucléaires en échange d'une décharge de leur responsabilité. Reste que l'Allemagne n'a pas encore décidé du lieu de stockage définitif des déchets radioactifs.

LES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

Les avancées de l'Energiewende se trouvent compromises à la fois par une consommation d'électricité peu compressible et par la place qu'occupent encore la voiture thermique et le charbon dans l'économie allemande. En 2014, au lendemain des élections fédérales, la coalition CDU-SPD, consciente de la nécessité de contenir les dépenses, a modifié la loi sur les énergies renouvelables (dite loi EEG⁷) pour encadrer plus strictement le développement des ENR.

L'efficacité énergétique s'améliore trop lentement

La consommation d'énergie primaire est aujourd'hui inférieure de l'ordre de 6,5 % à son niveau de 2008, mais ce résultat provient entièrement de la baisse enregistrée en 2009 au plus fort de la crise. Alors qu'il faudrait qu'elle diminue d'environ 3 % par an d'ici à 2020 pour tenir l'objectif affiché par les pouvoirs publics, elle est stable et a même légèrement augmenté de 0,9 % en 2015, ce que les autorités allemandes ont expliqué par l'arrivée d'un million de réfugiés dans le pays, puis encore de 1,1 % en 2016, sous l'effet des températures plus basses et de l'année bissextile. Le premier semestre 2017 confirme une hausse de 0,8 % par rapport au premier semestre 2016⁸.

La consommation d'électricité de son côté a très légèrement décro, passant de 606 TWh en 2011 à 594 TWh en 2016. Cette baisse est portée par le secteur résidentiel, qui compte pour 22 % du total, la consommation de l'industrie et des services restant très stable. Les Allemands ont en effet les moyens de s'équiper en électroménager performant et d'isoler leur logement, aidés par des conditions de financement favorables. Le prix très élevé du killewatt-heure (KWh) – alors que l'industrie profite de prix bas – et les campagnes incitant aux économies font le reste. Sans empêcher toutefois une disparité grandissante entre Länder, la prospère Bavière ayant vu sa consommation d'électricité croître de 30 % ces dix dernières années.

Un grand plan d'efficacité énergétique de 17 milliards d'euros pour la période 2016-2020 a été lancé par le ministre de l'Économie Sigmar Gabriel mi-2016, accompagné de la publication d'un livre vert censé donner une nouvelle impulsion aux économies d'énergie et à la rénovation thermique des logements. Sur le long terme, la consommation électrique totale devrait pourtant être appelée à

6. Vattenfall, entreprise étrangère, verra son recours jugé par un tribunal international.

7. EEG, Erneuerbare-Energien-Gesetz (loi allemande sur les énergies renouvelables).

8. Source : Agora Energiewende.



croître si l'Allemagne veut que s'opère le transfert de certains usages (véhicule électrique, pompes à chaleur, etc.), seule manière de décarboner l'énergie. Une étude de l'institut Fraunhofer Ise⁹ évoque même une « hausse considérable » de la demande d'électricité entre 2030 et 2050.

Le véhicule électrique se heurte aux réalités de l'industrie automobile

Les transports restent le point noir, avec 30 % de l'énergie finale consommée en Allemagne, essentiellement sous forme d'hydrocarbures. Les Allemands ont longtemps résisté aux normes d'émissions de CO₂ que la Commission européenne souhaite imposer aux véhicules, et refusaient encore en avril 2017 le contrôle supranational des organismes d'homologation proposé par l'Union européenne. L'affaire des « moteurs truqués » de Volkswagen et celle des ententes entre constructeurs ont rebattu les cartes et secouent depuis deux ans en profondeur tout le secteur automobile allemand, source centrale de la richesse économique du pays avec près de 800 000 emplois et un chiffre d'affaires total supérieur à 400 milliards d'euros.

Un grand plan d'électrification des véhicules avait été lancé sur le papier en 2011, avec l'objectif de 1 million de véhicules électriques (VE) en 2020, réaffirmé par la chancelière en mai 2013. Ce plan semblait avoir été abandonné en mai 2017, mais Angela Merkel, dans une interview en date du 17 août 2017, a déclaré qu'elle n'y avait pas renoncé. Pour l'instant, malgré les aides, le nombre de VE en circulation ne décolle pas et n'était encore que de 30 000 en 2015. Le prix de l'électricité très élevé outre-Rhin apporte une première explication à cet échec, le coût d'utilisation d'un VE devenant proche de celui d'un véhicule thermique alors que son prix à l'achat est beaucoup plus élevé. Le manque d'infrastructures de recharge est aussi invoqué, mais les vraies raisons semblent plus profondes.

Industriellement, un passage au « tout VE » plonge les constructeurs automobiles allemands dans un certain désarroi, leur savoir-faire reposant essentiellement dans la maîtrise de moteurs et de boîtes de vitesse performantes, avec tout un tissu industriel de PME fabricantes de machines-outils constituant ce qu'on appelle le « Mittelstand ». Un VE est plus simple à concevoir et l'élément technologique central repose sur la batterie, dont la fabrication fait appel à d'autres types de compétences, en particulier en électrochimie. Alors que la course au gigantisme des usines fait rage entre l'Asie et les États-Unis, avec des protagonistes tels que LG Chem et Tesla, le pays semble

hésiter face à l'ampleur de la tâche que représente la mise sur pied d'une telle filière.

D'un point de vue environnemental, le mix électrique allemand est très carboné – 500 grammes de CO₂/kWh contre 80 en France –, le bilan en CO₂ du VE n'est donc pas meilleur que celui de son équivalent thermique. La fabrication de batteries étant très consommatrice en énergie, le pays aurait une difficulté supplémentaire à tenir ses engagements si elles étaient fabriquées sur place. D'où ce rappel récent d'Angela Merkel : « Pour la protection du climat, les voitures diesel restent aujourd'hui aussi bonnes qu'elles l'étaient hier et avant-hier¹⁰. » Martin Schulz, le candidat SPD à la chancellerie, a surenchéri début juillet 2017 en s'opposant à l'interdiction du diesel en ville et en garantissant aux employés des constructeurs automobiles qu'il était le mieux placé pour défendre leur emploi.

Face aux scandales à répétition, l'image du diesel s'est ternie dans la population et les Allemands se sont déclarés majoritairement favorables à bannir son usage dans les centres-ville. Afin de restaurer la confiance, Berlin a instauré un forum national dont la première réunion a eu lieu le 2 août 2017. À son issue, les constructeurs se sont engagés à mettre à niveau le logiciel des 5 millions de véhicules diesel les plus récents, mais aussi à financer à hauteur de 500 millions d'euros les mobilités « intelligentes ». Ils ont également annoncé une prime allant jusqu'à 2 000 euros pour l'achat d'un nouveau modèle en échange d'un vieux véhicule diesel. La chancelière elle-même, désormais candidate à un nouveau mandat, a déclaré mi-août 2017 qu'elle ne s'opposait plus à une interdiction à la vente des véhicules à moteur thermique, à l'instar de la France ou de la Grande-Bretagne, mais sans indiquer de date. La situation est donc très confuse outre-Rhin, et l'avenir à moyen-long terme de son industrie automobile n'est pas écrit, d'autant qu'au-delà des questions de motorisation la compétition se joue également sur l'autonomie et la connectivité des véhicules.

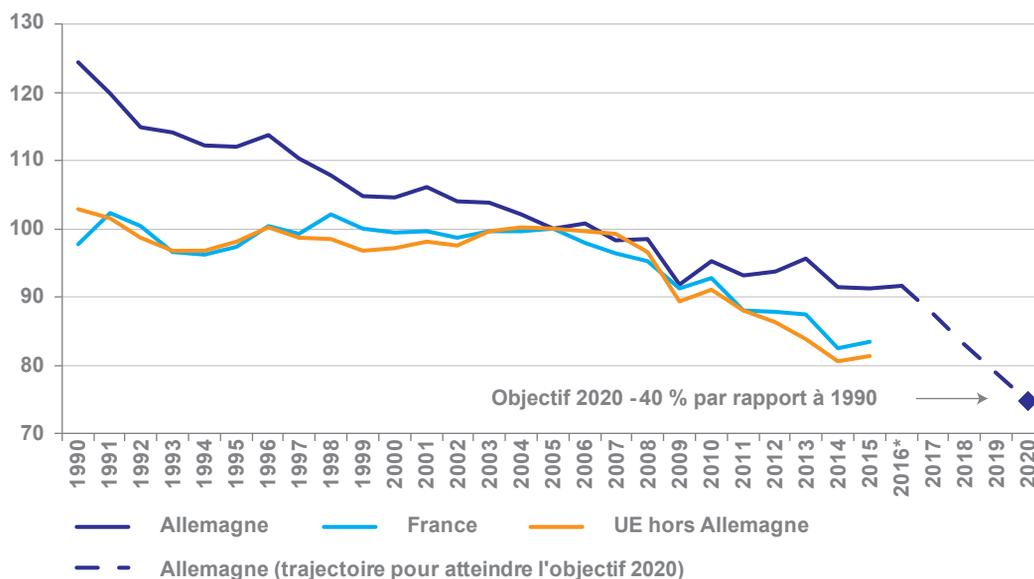
La difficile mais nécessaire sortie du charbon

Dans les années 1990, les émissions de gaz à effet de serre sont restées stables en Europe, quand celles de l'Allemagne ont baissé de presque 20 % : la réunification et la mise à niveau des très polluantes installations de l'ex-RDA ont permis à l'Allemagne de réaliser une bonne partie de ses objectifs à bon compte. La tendance s'est ensuite inversée : alors que les émissions de l'UE amorçaient une décroissance, l'Allemagne a vu les siennes se stabiliser.

9. Fraunhofer (2016), *Netzentwicklungsplan Strom. Entwicklung der regionalen Stromnachfrage und Lastprofile*, Karlsruhe, novembre.

10. « Angela Merkel verteidigt Diesel-Autos », *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 23 mars 2017.

Graphique 4 – Évolution comparée des émissions de gaz à effet de serre en Allemagne, en France et en UE (base 100 en 2005)



Source : Eurostat et BMWi pour la donnée 2016, calculs France Stratégie

Elle reste aujourd'hui l'un des plus gros émetteurs de gaz à effet de serre en Europe avec 11,5 t_{éq} CO₂¹¹ par habitant, contre 6,5 t_{éq} en France (graphique 4). Selon l'aveu même du BMWi, l'Allemagne est en passe de manquer son objectif climat 2020. Une étude de fin 2016¹² estime que le pays réduira ses rejets à cette date de seulement 33,5 % à 36,5 % (au lieu de 40 %). De fait, le premier semestre 2017 indique une hausse des émissions de CO₂ de 1,2 % par rapport au premier semestre 2016¹³.

Responsable d'environ 25 % des émissions totales du pays, le charbon (en incluant le lignite) se retrouve sur la sellette. Sa part dans la production d'électricité est toujours très élevée – 40 % environ –, l'Allemagne ayant encore mis récemment en service des centrales à charbon comme celle de 1,6 GW à Moorburg près de Hambourg et celle de 0,9 GW à Mannheim (tableau 3).

Le pays dispose de réserves considérables de lignite exploitables à bas coût qui assurent la sécurité de son approvisionnement. Le remplacer par du gaz moins carboné implique de sécuriser la fourniture de ce dernier. Mis en service en 2011, le gazoduc Nord Stream, acheminant du gaz russe directement sous la mer Baltique, avait été opportunément intégré à l'Énergiewende¹⁴. Mais depuis la crise

Tableau 3 – Production d'électricité par filières en Allemagne et en France, 2016

Année 2016	Allemagne		France	
	TWh	%	TWh	%
Nucléaire	84,6	14,2 %	384,0	81,2 %
Pétrole	5,9	1,0 %	3,3	0,7 %
Charbon	111,5	18,8 %	7,3	1,5 %
Lignite	150,0	25,2 %	0	0,0 %
Gaz naturel	80,5	13,5 %	35,3	7,5 %
Autres	27,5	4,6 %	6,7	1,4 %
ENR total	188,2	31,7 %	94,7	20,0 %
dont Biomasse	44,9	7,6 %	6,5	1,4 %
Éolien	78,6	13,2 %	20,7	4,4 %
Solaire	38,1	6,4 %	8,3	1,8 %
Hydraulique	20,5	3,4 %	59,2	12,5 %
Production totale	648,3		531,3	
Consommation	594,6	100%	473,0	100 %

Lecture : Données brutes pour l'Allemagne, nettes pour la France¹⁵.

Source : AG Energiebilanzen (données provisoires), RTE

11. Tonne équivalent CO₂.

12. https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/klimawandel/klimawandel_zusammenfassung_klimaschutzluecken_2020.pdf

13. Source : <https://www.agora-verkehrswende.de/presse/newsuebersicht/co2-emissionen-legen-im-ersten-halbjahr-2017-zu-1/>

14. Beeker É. (2012), « La transition énergétique allemande est-elle soutenable ? », *La note d'analyse*, n° 281, Centre d'analyse stratégique, septembre.

15. La production nette d'électricité est celle mesurée à la sortie des centrales, c'est-à-dire déduction faite de la consommation des services auxiliaires et des pertes dans les transformateurs des centrales.



ukrainienne, l'Allemagne semble moins confiante dans la sécurité d'approvisionnement que lui assure la Russie¹⁶, ce qui ne l'empêche pas de soutenir le projet de Gazprom de construire un deuxième gazoduc, Nord Stream2, parallèle au premier. Ce projet apparaît à de nombreux acteurs, y compris allemands, comme contraire à tous les principes communs sur lesquels s'est entendue l'Union européenne en matière de politique énergétique et étrangère et fait l'objet d'un violent combat juridique mené par les pays de l'Est de l'Europe et par l'Italie quant à sa conformité au droit européen, les Allemands plaçant qu'il s'agit d'une interconnexion privée avec un État extérieur à l'UE. Les choses se sont compliquées encore pendant l'été 2017, les États-Unis menaçant de sanctions les pays commerçant avec la Russie, dans le but à peine voilé d'ouvrir le marché européen à leurs gaz non conventionnels.

Dans ces conditions, on comprend pourquoi la proposition française en juin 2017 d'instaurer un prix plancher du carbone au niveau européen a reçu une fin de non-recevoir outre-Rhin, alors que cette mesure permettrait d'accélérer la substitution du charbon par du gaz. Les Allemands dénoncent l'avantage compétitif très important qu'un tel prix plancher procurerait au parc nucléaire français. Pour le cabinet Pöyry¹⁷, un prix du CO₂ de 30 €/tonne ferait passer le coût marginal de fonctionnement des centrales à charbon de 35 € à 55 €/MWh et celui des centrales à gaz les plus performantes de 39 € à 47 €/MWh. Le prix du kWh pour les industriels allemands augmenterait de 40 % à la suite de la hausse des prix de marché de gros sur lequel ils s'approvisionnent. Le gain pour EDF, qui écoule plus de 400 TWh d'électricité décarbonée sur ce marché, pourrait se chiffrer en milliards d'euros par an. Seuls les Verts ont soutenu la proposition française, le FDP (libéraux) et le SPD la rejetant afin de protéger les intérêts de l'industrie allemande.

Sur la scène politique intérieure, la sortie du charbon, après celle du nucléaire, devient le principal sujet de débat sur la transition énergétique. La fermeture à terme des centrales au charbon est en effet un objectif contesté : les Verts demandent l'arrêt total du charbon pour 2036, tandis que le BDI (Fédération des industries) y voit un péril pour l'industrie allemande, les partis de gauche mettant en avant la sauvegarde de l'emploi des mineurs et des employés des centrales. L'Allemagne a malgré tout réussi à publier

son plan climat *in extremis* pour la COP 22 de Marrakech : sans mesures concrètes, ce Klimaschutzplan 2050 se contente de plaider pour une sortie du charbon progressive au motif que l'économie de régions entières dépend de son exploitation. Ce secteur emploie environ 33 500 personnes (exploitation minière et production d'électricité confondues), alors que le secteur du nucléaire en employait 40 000 au moment où a été décidée sa fermeture brutale. « On ne peut pas sortir du charbon et du nucléaire en même temps », avait déclaré Sigmar Gabriel en 2004. De fait, ce combustible, intimement associé à la formidable réussite industrielle allemande depuis un siècle et demi, ne peut pas disparaître aisément de son paysage énergétique.

DEUX DÉFIS MAJEURS QUI RISQUENT DE SUSCITER UNE RÉSISTANCE DE LA PART DE LA POPULATION

La sortie du charbon renvoie à la question de la sécurité d'approvisionnement de long terme qui relève de la géopolitique. Mais à court terme, l'Allemagne est également menacée par les quantités considérables d'ENR intermittentes qui fragilisent le système électrique, laissant planer des menaces de « black-out ». Selon diverses estimations¹⁸, les sommes engagées en Allemagne pour la transition énergétique s'élèvent déjà à 500 milliards d'euros. D'autres dépenses s'annoncent et l'incertitude règne sur la capacité de la population à les accepter.

L'équilibre complexe du système électrique

Gérer l'intermittence de la production des ENR

L'absorption de quantités croissantes d'énergie intermittente est devenue problématique, les possibilités de stockage étant quasi inexistantes. Malgré les progrès récents, les batteries électrochimiques restent trop chères et ne peuvent pas assurer le stockage intersaisonnier (de l'été vers l'hiver). Beaucoup d'espoirs avaient été mis dans l'hydrogène, mais le coût de l'électrolyse est prohibitif et les rendements sont trop faibles¹⁹. Le nombre de stations de stockage hydraulique du pays est limité et l'économiste Hans-Werner Sinn²⁰ a montré qu'il faudrait multiplier par 200 leur nombre pour intégrer toutes les énergies intermittentes prévues. Non seulement il faudrait investir des centaines de milliards, mais surtout la géographie du pays ne le permet pas faute de sites alpins disponibles.

16. Voir par exemple Hans-Werner Sinn (2014), « Putin and flickering Power », *Ifo Viewpoints*, n° 154, mars.

17. Cabinet Pöyry (2017), « Europäischer Mindestpreis für CO₂-Zertifikate: Energie-Experten befürchten massive Strompreiserhöhung durch Macron-Pläne », juin.

18. Comme celles de l'université de Düsseldorf, citées par exemple dans *Die Welt*, 10 octobre 2016.

19. Au mieux 30 % de l'énergie stockée est restituée, à comparer aux 90 % des batteries. Voir Beeker É. (2014), « Y a-t-il une place pour l'hydrogène dans la transition énergétique ? », *La note d'analyse*, n° 15, *France Stratégie*, août.

20. Hans-Werner Sinn (2016), « Buffering volatility: a study on the limits of germany's energy revolution », Cambridge-MA, juillet – <http://www.nber.org/papers/w22467>

Les capacités installées en énergies renouvelables fatales²¹ et intermittentes, éoliennes et solaires, atteignent 90 GW, bien au-dessus de la demande moyenne allemande (65 GW) et surtout de celle des week-ends estivaux (40 GW). Les épisodes de surproduction sont donc fréquents, générant occasionnellement des prix négatifs sur les marchés de gros de l'électricité²². Mais surtout, des flux très variables d'électrons menacent la stabilité du système électrique, ce qui oblige les gestionnaires de réseau à recourir régulièrement à des mesures exceptionnelles comme le *redispatching*, qui consiste à arrêter des énergies renouvelables (« *curtailment* ») quand leur production ne peut plus être évacuée par le réseau ou absorbée par la demande locale. Les coûts induits deviennent significatifs, répartis entre les indemnités à payer aux producteurs d'ENR et les coûts de congestion réseau²³, mais surtout ils augmenteront plus vite que la part d'ENR intermittentes.

À l'inverse, en l'absence de vent et de soleil, la situation peut devenir très tendue, comme en janvier 2017²⁴. L'arrêt de tranches nucléaires en France et les faibles niveaux dans les barrages suisses et autrichiens ont aggravé la situation, nouvelle preuve, s'il en fallait encore, de l'interdépendance des systèmes électriques européens. La situation ne peut que se tendre davantage dans les années qui viennent, la BNetzA, le régulateur allemand des réseaux, répertorient que 3,5 GW de centrales conventionnelles, principalement au gaz, devront être construits avant 2019 alors que 6,3 GW doivent être simultanément déclassés. Entre 2020 et 2022, les six dernières tranches nucléaires encore en fonctionnement doivent être arrêtées, soit au total 8,1 GW supplémentaires de puissance garantie qui manqueront à l'appel. Les quatre gestionnaires de réseau (Tennet, Amprion, TransnetBW et 50Hertz) ont publié en mars 2017 une étude qui montre que les marges – soit l'écart entre la puissance maximale disponible et la pointe de la demande – devraient devenir négatives après 2021²⁵.

L'Allemagne n'a pas connu de panne significative depuis novembre 2006²⁶ et la qualité de fourniture reste globalement très bonne. Néanmoins, une sourde inquiétude commence à se faire sentir dans le public ou au sein de certaines collectivités comme la ville de Dresde qui a formé ses

unités de protection civile à faire face aux conséquences d'un black-out²⁷.

La construction de lignes THT ne suit pas le rythme de celle des ENR

Afin de limiter les congestions, le consensus et la priorité vont au renforcement du réseau, car les gisements de vent, dans le nord du pays, sont géographiquement distants des grands centres de consommation, en particulier le sud industriel surconsommateur²⁸. Un des paradoxes souvent peu perçus de l'Energiewende est en effet qu'elle a rendu les Länder plus dépendants les uns des autres, alors qu'elle était censée réactiver l'ancien modèle énergétique décentralisé autour des entités locales. Or la construction des lignes est lente. Le plan de développement du réseau, élaboré fin 2014, estime que 7 700 kilomètres sont hautement prioritaires. La BNetzA constatait dans son rapport de mai 2017²⁹ que seuls 850 kilomètres de nouvelles lignes avaient été déployés depuis cette date, dont seulement 90 en 2016. La population s'oppose de façon virulente au passage des lignes afin de préserver les paysages, car les Länder traversés ne bénéficient souvent ni du courant acheminé ni des revenus associés à la production des ENR. Fin 2015, les autorités ont pris la décision d'enfouir les lignes, sans parvenir à calmer toutes les résistances. Les coûts estimés du développement du réseau se chiffrent en dizaines de milliards d'euros³⁰, tant pour le réseau THT que pour la distribution locale, sans oublier les investissements induits par le raccordement de l'éolien offshore.

Pour le consommateur, après celle du soutien aux ENR, la part du réseau dans le prix du kWh a commencé à augmenter significativement. De plus, les écarts de prix entre Länder et même Stadtwerke (services municipaux) se creusent de manière inégalitaire, obligeant le gouvernement à annoncer qu'il allait harmoniser les contributions réseaux à partir de 2019, s'orientant ainsi vers une péréquation à la française.

En attendant, le système européen est mis à contribution

Les flux d'électricité cherchant d'autres voies de circulation, les échanges physiques avec l'étranger augmentent en volume et en fréquence, l'Allemagne faisant reposer la stabilité de son réseau sur ceux de ses voisins. Des flux

21. Se dit d'un moyen dont la production d'énergie ne peut pas être pilotée.

22. La note du CAS de 2012 avait été une des premières à évoquer ce phénomène.

23. *Monitoringbericht 2016*, Bundesnetzagentur.

24. https://www.amprion.net/Presse/Presse-Detailseite_9280.html

25. Des marges négatives indiquent un possible défaut d'approvisionnement. La puissance garantie par chaque filière lors des pics de consommation est évaluée selon une approche statistique. Celle du solaire PV est nulle, tandis que celle de l'éolien est très faible.

26. Le 6 novembre 2006, une ligne THT avait été coupée volontairement dans le nord de l'Allemagne alors que la production éolienne était très importante, ce qui avait engendré des pannes en cascade dans toute l'Europe occidentale.

27. *Dresdner Neueste Nachrichten* du 26 juillet 2017.

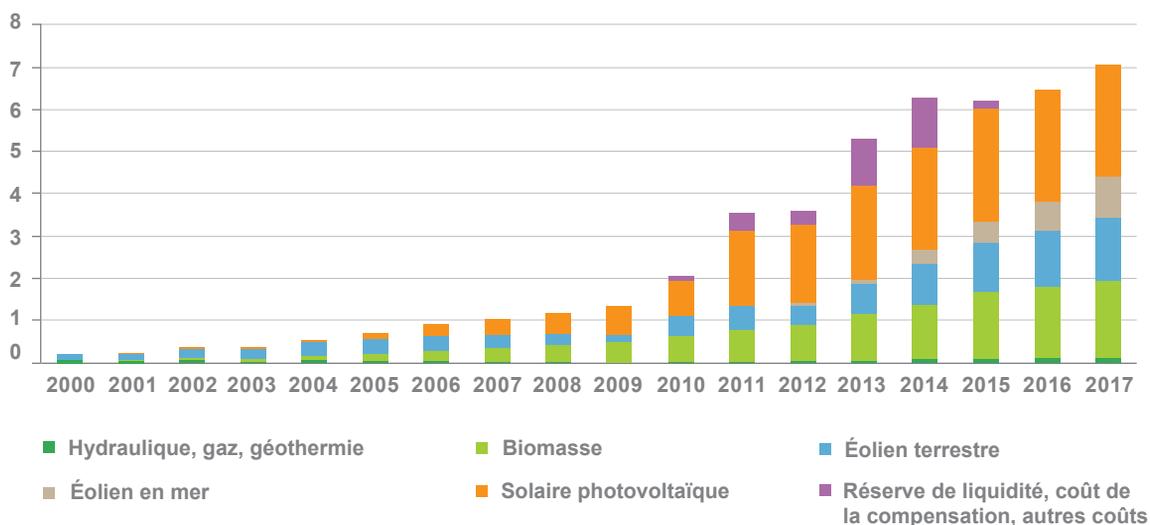
28. La Bavière affiche des velléités de faire sa propre Energiewende afin d'assurer la sécurité d'approvisionnement des sites industriels qui font sa richesse.

29. Le plan de développement du réseau, NEP (Netzentwicklungsplan), élaboré fin 2014.

30. www.netzentwicklungsplan.de 2 mai 2017.



Graphique 5 – Surcharge pour les ENR en cts €/kWh en Allemagne par technologies (EEG-Umlage)



Source : BMWi

appelés « *loop flows* » ne font que traverser certains pays pour acheminer du courant du nord au sud de l'Allemagne, perturbant des réseaux parfois fragiles. Au sein de l'ENT-SOE (l'association des gestionnaires de réseau européens), les Allemands sont très présents et militent pour que les fonds communautaires soient en partie consacrés à financer les réseaux nécessités par le développement de l'électricité d'origine renouvelable³¹.

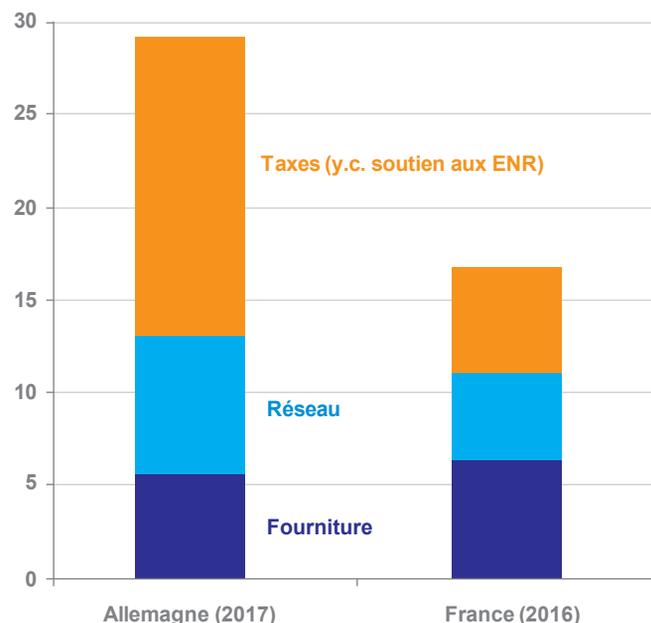
Cette dépendance à l'égard des réseaux des pays voisins démontre que le modèle énergétique allemand ne peut pas être généralisé³², mais aussi que la coordination européenne entre transitions énergétiques devient une urgente nécessité.

Un coût élevé supporté par les petits consommateurs

La Cour fédérale des comptes, dans un rapport d'août 2014, estimait que « le projet gouvernemental [de l'Energiewende] était onéreux, désorganisé et incohérent », critiques renouvelées en janvier 2017. L'augmentation forte des prix du kWh en est sans conteste la conséquence la plus visible pour les Allemands, le soutien aux ENR coûtant aujourd'hui plus de 300 euros par an pour une famille moyenne de quatre personnes³³. La taxe qui sert à financer les ENR est en augmentation constante et atteint 7 centimes par kWh en 2017, et l'ensemble des taxes compte désormais pour plus de 50 % du tarif complet (graphique 5). Ce coût est entièrement reporté sur le prix du kWh aux petits consommateurs

qui atteint 30 cts €/kWh contre 16 cts €/kWh en France (graphique 6). La grande industrie est exonérée de cette taxe, le gouvernement, avec l'appui de la population, étant soucieux de préserver sa compétitivité.

Graphique 6 – Tarifs de l'électricité pour les consommateurs résidentiels en Allemagne et en France (cts €/kWh)



Source : France Stratégie, données de la BNetzA et de la CRE

31. Cruciani M. (2015), « Réseaux électriques et transition énergétique en Europe », *Note de l'IFRI*, juin.

32. C. Mandil a parlé de transition « non kantienne » car on ne peut pas l'appliquer aux autres.

33. source Verivox.

Face au prix élevé de l'électricité, les ménages qui le peuvent recourent, au moins partiellement, à l'autoconsommation, échappant ainsi aux taxes (qui comptent pour 55 % du prix du kWh) et aux coûts de réseau (25 % de ce prix). Selon l'OFATE³⁴, cette pratique concernerait 20 % des 1,5 million de foyers équipés de panneaux solaires. Afin de pérenniser un accès à l'électricité au plus grand nombre, des partis comme le SPD proposent dans leur programme de refondre le financement de la transition énergétique pour le faire porter sur le budget de l'État ou les énergies fossiles.

Coup de frein après les élections fédérales ?

À l'approche des élections législatives fédérales du 24 septembre 2017, comment les grands partis allemands appréhendent-ils tous ces enjeux croisés ?

Le parti des Verts (Die Grünen) reste historiquement le plus ardent promoteur de l'Energiewende. Mais son poids politique a diminué après une chute importante aux élections régionales de début 2017. La sortie du nucléaire, sa première revendication, est désormais acquise, le pays étant maintenant largement couvert de panneaux solaires et d'éoliennes, mais la sortie du charbon n'est pas un thème aussi consensuel dans la population. Les grands partis ont repris les thèmes écologiques dans leurs programmes et les citoyens n'attribuent pas de compétences particulières aux écologistes sur leurs préoccupations premières que sont la sécurité, le terrorisme, les réfugiés, la nouvelle politique commerciale des États-Unis ou encore l'avenir de l'Europe, etc.

À l'opposé, l'AfD (Alternative für Deutschland, le parti populiste de droite), qui a de bonnes chances de faire son entrée au Bundestag, a publié un programme de gouvernement en mars 2017 où la question énergétique est rapidement abordée. Il prône l'abandon pur et simple du Plan Climat et de l'Energiewende, qui « déverse des subventions allant à quelques profiteurs [...] au détriment des ménages moyens ». Les menaces pesant sur la sécurité du système électrique, les risques de black-out ainsi que les atteintes au paysage sont également invoquées pour mettre fin au développement des ENR.

Le SPD de son côté met en avant de manière générale l'innovation et le besoin de performance de l'économie allemande. Les subventions devront être examinées selon leur impact sur le climat. L'importance des énergies fos-

siles, en particulier du gaz, pour le succès de la transition énergétique est affirmée et l'idée du prix plancher du carbone, un temps envisagée, a finalement été abandonnée.

Le programme du bloc conservateur (CDU/CSU), le parti d'Angela Merkel, dévoile peu de mesures concrètes. Il réaffirme les objectifs climatiques du gouvernement, mais sans préconiser de mesures supplémentaires malgré l'important retard sur sa feuille de route pour 2020. Il plaide également pour la poursuite du reflux des subventions aux énergies renouvelables, sans entrer dans les détails.

La CDU est suivie en cela par le FDP (libéraux), avec qui ils ont formé une coalition de gouvernement dans le Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie. Leur politique, qui pourrait préfigurer celle qu'ils appliqueraient au niveau fédéral si les deux partis devaient s'entendre sur une coalition après les législatives, est ouvertement pro-fossile et veut opérer un virage à 180° dans l'Energiewende³⁵. Au programme figurent l'arrêt des subventions aux ENR et de la priorité qui leur est donnée sur le réseau ainsi que des mesures destinées à freiner le développement de l'éolien, comme l'augmentation de la distance minimale entre habitations et turbines.

Une transition énergétique dure, dit-on, environ de dix à quinze ans. Les Allemands sont tenus en haleine sur ces questions depuis le début des années 2000 et n'y prêtent plus la même attention qu'il y a encore cinq ans. Pour beaucoup d'entre eux, l'effort a été fourni, l'Energiewende est sur des rails et son pilotage n'est plus qu'une question technique. La gestion politique du nécessaire « tournant dans le tournant énergétique³⁶ » est très délicate, mais profite aussi d'une phase de désintérêt relatif des électeurs, propice à des réorientations majeures.

34. Office franco-allemand pour la transition énergétique.

35. Interview du ministre régional de l'Énergie Andreas Pinkwart dans le *Handelsblatt Global* du 21 juillet 2017.

36. « Energiewende », traduit littéralement, signifie « tournant énergétique ».



CONCLUSION

Alors qu'elle occupe une position centrale et économiquement dominante en Europe, l'Allemagne a engagé en 2011 un tournant radical dans sa politique énergétique, l'Energiewende. Celle-ci planifie l'arrêt du nucléaire et des énergies fossiles et leur remplacement par un mix composé presque exclusivement d'ENR, dans le but d'une décarbonation quasi totale de l'économie en 2050. Six ans après son lancement, cette transition énergétique a amené un développement accéléré des ENR, qui comptent aujourd'hui pour un tiers de la production d'électricité, une indéniable prouesse technique. Mais le but de créer une industrie leader mondial du solaire PV a échoué, aboutissant à la destruction de 100 000 emplois depuis 2013. Dans le même temps, de nombreux observateurs, y compris issus de milieux proches du gouvernement, reconnaissent que l'Allemagne ne pourra pas tenir les objectifs en matière de réduction d'émissions de gaz à effet de serre qu'elle s'est fixés pour 2020, et qu'à long terme l'incertitude reste très forte.

De fait, l'efficacité énergétique s'améliore trop lentement, les transports continuent d'utiliser le pétrole et les centrales électriques de brûler les mêmes quantités de charbon et de lignite. La facture présentée au consommateur est très élevée pour la montée en puissance des ENR déjà accomplie, environ 25 milliards d'euros par an sur une durée de vingt ans. Les ENR qui se développent aujourd'hui sont encore soutenues financièrement et des coûts annexes imprévus, mal quantifiés mais très importants, apparaissent pour la construction de lignes et le maintien de la sécurité du réseau. Mais le plus inquiétant à court terme est peut-être la sécurité d'approvisionnement, car le réseau est aujourd'hui fragilisé par des flux massifs non contrôlables et intermittents d'électrons lorsque le solaire et l'éolien tournent à plein.

L'Energiewende jouit toujours d'un fort soutien populaire et reste pour beaucoup d'Allemands un grand projet de société, même s'ils ne suivent plus avec autant d'attention ces questions énergétiques devenues techniques et très complexes. Les programmes des différents partis semblent indiquer que les dirigeants politiques sont bien conscients des défis auxquels fait face la transition énergétique. À l'heure où l'attention des électeurs est captée par d'autres sujets, comme l'immigration et la sécurité, on peut s'attendre à une réduction des ambitions de la politique énergétique allemande après les élections fédérales de septembre prochain.

Mots clés : Transition énergétique, transition écologique, Energiewende, élections fédérales allemandes, politique énergétique, Allemagne, énergies renouvelables, black-out, sortie du nucléaire, sortie du charbon, objectifs climatiques, véhicule électrique

DERNIÈRES PUBLICATIONS À CONSULTER

www.strategie.gouv.fr (rubrique publications)

RETROUVEZ LES DERNIÈRES ACTUALITÉS DE FRANCE STRATÉGIE SUR :



www.strategie.gouv.fr



[francestrategie](https://www.facebook.com/francestrategie)



[@strategie_Gouv](https://twitter.com/@strategie_Gouv)

Directeur de la publication :
Michel Yahiel,
commissaire général
Directeur de la rédaction :
Fabrice Lenglard,
commissaire général adjoint
Secrétaires de rédaction :
Olivier de Broca, Valérie Senné
Impression :
France Stratégie
Dépôt légal :
Août 2017 - N° ISSN 1760-5733
Contact presse :
Jean-Michel Roullé,
directeur du service
Édition-Communication-Événements
01 42 75 61 37
jean-michel.roulle@strategie.gouv.fr



FRANCE STRATÉGIE



France Stratégie, laboratoire d'idées public, a pour mission d'éclairer les choix collectifs. Son action repose sur quatre métiers : évaluer les politiques publiques ; anticiper les mutations à venir dans les domaines économiques, sociétaux ou techniques ; débattre avec les experts et les acteurs français et internationaux ; proposer des recommandations aux pouvoirs publics nationaux, territoriaux et européens. Pour enrichir ses analyses et affiner ses propositions France Stratégie s'attache à dialoguer avec les partenaires sociaux et la société civile. France Stratégie mise sur la transversalité en animant un réseau de sept organismes aux compétences spécialisées.