



Franz-Josef Brüggemeier

Solaire, hydraulique, éolien : l'évolution de la transition énergétique en Allemagne

une bonne société –
une démocratie sociale
#2017plus

**FRIEDRICH
EBERT**

STIFTUNG

une bonne société – une démocratie sociale

#2017 plus

UN PROJET DE LA FRIEDRICH-EBERT-STIFTUNG
DANS LES ANNÉES 2015 À 2017

Quels sont les éléments-clés qui caractérisent une Bonne Société ? Notre compréhension de ce concept englobe la justice sociale, la durabilité environnementale, une économie innovante et florissante ainsi qu'une démocratie à laquelle les citoyennes et les citoyens participent activement.

Cette société repose sur les valeurs fondamentales de la liberté, de la justice et de la solidarité. Nous avons besoin de nouvelles idées et de nouveaux concepts afin d'éviter que la Bonne Société ne devienne une simple utopie. C'est la raison pour laquelle la Friedrich-Ebert-Stiftung a décidé de préparer des recommandations concrètes pour l'action politique des années à venir. Dans ce cadre, nous nous concentrerons sur les thèmes suivants :

- débat sur les valeurs fondamentales :
- la liberté, la justice et la solidarité ;
- démocratie et participation démocratique ;
- nouvelle croissance et politique économique et financière créative ;
- création d'emplois de qualité et progrès social.

Une Bonne Société ne se crée pas d'elle-même. Elle doit être forgée continuellement grâce au concours de chacun d'entre nous. En vue de la réalisation de ce projet, la Friedrich-Ebert-Stiftung s'appuie sur son réseau mondial afin de connecter entre elles les perspectives allemande, européenne et internationale. Dans le cadre de nombreuses publications et manifestations prévues pour la période 2015–2017, la Fondation se consacrera régulièrement à ce sujet afin de faire de la Bonne Société un modèle à succès pour l'avenir.

Pour de plus amples informations, veuillez consulter notre site web :

www.fes-2017plus.de

La Friedrich-Ebert-Stiftung

Fondée en 1925, la Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) est la plus ancienne fondation politique d'Allemagne. Perpétuant l'héritage politique de Friedrich Ebert, elle défend les valeurs fondamentales de la social-démocratie que sont la liberté, la justice et la solidarité. Ces valeurs la lient aux idéaux de la social-démocratie et des syndicats libres.

La FES œuvre en faveur de la social-démocratie, notamment à travers

- la formation politique en vue de renforcer la société civile,
- le conseil politique,
- la coopération internationale avec des bureaux à l'étranger dans plus de 100 pays,
- l'octroi de bourses,
- la mémoire collective de la social-démocratie par l'intermédiaire, entre autre, d'un centre d'archives et d'une bibliothèque dédiée.

L'auteur

Prof. Dr. Dr. Franz-Josef Brüggemeier est titulaire de la chaire d'histoire économique, sociale et environnementale au Séminaire historique de l'Université Albert-Ludwig de Fribourg.

Le responsable de cette publication pour la FES est

Dr. Philipp Fink est responsable de la section Politique climatique, environnementale, énergétique et structurelle au département chargé des questions de politique économique et sociale et est responsable du groupe de projet Politique énergétique et climatique, dans le cadre du projet Une bonne société – Une démocratie sociale 2017plus.

Franz-Josef Brüggemeier

Solaire, hydraulique, éolien : l'évolution de la transition énergétique en Allemagne

3	PRÉFACE
4	1 INTRODUCTION AU SUJET
6	2 LES TRANSITIONS ÉNERGÉTIQUES DANS L'HISTOIRE
6	2.1 Le charbon et l'avènement des énergies fossiles
7	2.2 Le pétrole et l'énergie nucléaire
8	2.3 L'énergie nucléaire et la dépendance à l'égard du pétrole
11	3 LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ACTUELLE
11	3.1 Objectifs
12	3.2 La loi sur les énergies renouvelables : antécédents et genèse
12	3.3 La sortie du nucléaire, phases I et II
14	3.4 La mise en œuvre de la loi sur les énergies renouvelables
14	3.4.1 Sécurité d'approvisionnement
20	3.5 L'Europe
22	3.6 La gestion économique
23	3.6.1 Les coûts externes
24	3.6.2 Redevance pour l'électricité d'origine renouvelable et prix de marché
27	3.6.3 Efficacité et économies
28	3.7 Respect de l'environnement
32	4 CONCLUSIONS
34	Index des illustrations
34	Index des abréviations
35	Glossaire
37	Bibliographie

PRÉFACE

Le 15 mai 2014, les énergies renouvelables sont parvenues à couvrir jusqu'à 80 pour cent de la demande d'électricité – un record à cette date. Au total, elles ont enregistré un record sur l'ensemble de l'année 2014. En effet, pour la première fois, plus de 27 pour cent de la demande d'électricité ont été assurés par les énergies solaire, éolienne, hydraulique et la biomasse. En l'espace de 25 ans, on est ainsi parvenu à faire progresser la part des renouvelables dans la production d'électricité de 3% à plus d'un quart. En outre, le secteur des énergies renouvelables emploie plus de 370.000 personnes en Allemagne. Il semble donc qu'on se rapproche de l'objectif ambitieux du tournant énergétique - le renoncement aux combustibles fossiles nocifs pour le climat pour la production d'énergie, ou au moins pour la production d'électricité. Par ailleurs, l'intérêt qu'on porte à l'étranger à cette transition énergétique ne se dément pas au fil du temps. L'épine dorsale de cette transformation de la production d'énergie, la loi relative aux énergies renouvelables, qui régit le développement des sources d'énergie renouvelables, a déjà été reprise dans 65 pays.

Malgré ces acquis, la transition énergétique n'a pas toujours été simple, et elle ne se déroule pas sans accroc aujourd'hui encore. Il faut dire qu'elle ne représente rien de moins que la conversion du système énergétique d'une société industrielle. Mais pour parvenir à expliquer la transition énergétique par-delà les données statistiques et la dimension technologique, il faut exposer le contexte économique, social et politique dans lequel ont été prises ces décisions. Comment s'est déroulé précisément le processus qui a conduit à la transition énergétique ? Quels en ont été les principaux acteurs ? Quels ont été les intérêts poursuivis et comment ont-ils évolué ? Y avait-il des précédents historiques ?

Autant de questions qu'examine l'auteur de la présente étude, Franz-Josef Brüggemeier, de l'Université Albert Ludwig de Fribourg. Il montre d'une part clairement que la transition énergétique ne doit pas seulement établir l'harmonie dans le triangle de la politique énergétique, dont les trois faces sont la sécurité d'approvisionnement, le fonctionnement économique et le respect de l'environnement. Il s'agit aussi de tenir compte de divers défis, ébauches de solution et intérêts en jeu pour la politique, l'économie et la technologie. Dans son

analyse historique, Brüggemeier montre que la mise en œuvre de la transition énergétique est toujours le résultat d'un compromis complexe fondé sur un équilibre entre les divers intérêts en présence. A cet égard, il présente le rôle prépondérant qu'a joué la social-démocratie en tant que mouvement politique pour façonner la transition énergétique. En effet, à la différence d'autres mouvements politiques, elle était proche d'une part du secteur de l'énergie et de l'industrie par ses salariés, et d'autre part, certains précurseurs éminents de la transition énergétique sont issus de ses rangs. En misant sur un équilibre compliqué - et parfois frustrant pour bien des parties concernées - entre les gagnants et les perdants, la social-démocratie a fait progresser la transition énergétique comme un processus de modernisation de la société et de l'économie. Parvenir à cet équilibre entre des intérêts divergents, cela va rester un élément essentiel pour la suite de la mise en œuvre de la transition énergétique, et ce sera donc une mission de la social-démocratie pour l'avenir.

Dans le cadre du projet de la Friedrich-Ebert-Stiftung sur l'avenir „Gute gesellschaft soziale demokratie #2017plus“, l'équipe de projet 2017plus continuera d'étudier les évolutions de la politique en matière d'énergie et de climat et d'analyser leur signification pour la social-démocratie.

Je vous souhaite une lecture passionnante !

DR. PHILIPP FINK

Département de Politique économique et sociale
de la Friedrich-Ebert-Stiftung.

INTRODUCTION AU SUJET

Partout dans le monde, on discute de la nécessité d'une transition énergétique pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et limiter la hausse tant redoutée des températures. Pour cela, il est nécessaire de remplacer les combustibles fossiles (houille, gaz, lignite, pétrole) par les énergies renouvelables du vent, du soleil, de l'eau et de la biomasse. De nombreux pays entreprennent des efforts en ce sens. Mais en Allemagne, le processus est particulièrement avancé, et il montre les résultats que l'on peut ainsi obtenir, mais aussi les problèmes qu'il faut surmonter. En outre, la transition énergétique allemande ne vise pas seulement à réduire la consommation de combustibles fossiles, mais aussi à réussir la sortie du nucléaire, avec ses risques et ses déchets radioactifs. Les objectifs sont donc particulièrement ambitieux, et c'est pourquoi les efforts entrepris par l'Allemagne suscitent l'intérêt du monde entier.

Quand on évoque la transition énergétique, on rappelle souvent à juste titre le rôle important joué par les initiatives citoyennes et les groupes de défense de l'environnement. Mais à eux seuls, ces groupes peuvent certes insuffler une dynamique et faire pression, mais pas imposer les décisions ou les lois nécessaires. Pour cela, il faut le soutien de grands mouvements politiques. En Allemagne, c'est la social-démocratie qui a assumé ce rôle. Elle y était particulièrement prédisposée, parce qu'elle a de longue date des liens traditionnels avec les industries existantes et avec leurs salariés, et parce qu'elle a aussi sans cesse été à l'origine de bien des processus de modernisation.

De la même façon, le SPD n'a pas avancé en rangs unis sur la question de la transition énergétique, et ne l'a pas uniquement soutenue ; il l'a aussi souvent examinée d'un œil sceptique. Cela n'a rien de surprenant, tant la fourniture et l'utilisation de l'énergie sont essentielles aux sociétés industrielles modernes, à un tel point que tous les efforts pour faire évoluer le système ont des conséquences lourdes et suscitent des oppositions. Et même si les groupes écologistes déplorent régulièrement ces résistances, elles n'en sont pas moins inéluctables.

Il est donc indispensable de les gérer et de trouver les solutions politiques acceptables. Le SPD y a davantage contribué que d'autres partis, d'autant qu'il avait l'expérience de transitions énergétiques antérieures. Même si celles-ci pour-

suivaient d'autres objectifs, elles nous montrent aussi combien il est important, sur ce sujet comme sur tant d'autres, de régulièrement remettre en question sa propre vision des choses et de la corriger si nécessaire.

On en a un bon exemple avec l'avènement du nucléaire, qui a suscité de grands espoirs dans les années 1950. Le nucléaire promettait de sortir de l'ère salissante et polluante du charbon, et d'offrir une énergie propre et bon marché en quantités pratiquement illimitées – jusqu'à ce que s'impose vers 1980 la prise de conscience des risques énormes inhérents à l'énergie nucléaire. Dès cette époque, on évoqua la solution alternative des énergies renouvelables, mais elles étaient alors peu développées, et de l'avis général, elles n'auraient de perspective qu'à long terme, dans le meilleur des cas. A ce moment-là, il semblait plus réaliste de miser sur le charbon qui connut dès lors un nouvel essor. C'est ainsi qu'ont vu le jour de nombreuses nouvelles centrales, dotées d'une durée de vie de plusieurs décennies, et qui, de ce fait, sont encore exploitées aujourd'hui et constituent un défi majeur pour la transition énergétique actuelle.

L'évocation des transitions énergétiques passées et de leurs problèmes ne doit pas faire oublier la situation actuelle. Elle sert surtout à comprendre notre système énergétique et à évaluer ses capacités de mutation. Parce que les systèmes énergétiques sont comparables à un grand – et même à un très, très grand pétrolier – qui a beaucoup de mal à changer de cap. Une fois prises, les décisions produisent des effets pendant une longue période, comme le montre l'exemple des centrales au charbon. En outre, ce qui complique encore davantage les changements de cap, c'est que ce pétrolier n'a pas un, mais plusieurs capitaines, qui sont chacun responsables de domaines différents de la fourniture d'énergie, et qui ne poursuivent pas tous nécessairement les mêmes buts : exploitants de centrales, réseaux électriques, raffineries ou mines de lignite ; fournisseurs de pétrole, de charbon et de gaz ; fabricants de panneaux solaires et d'éoliennes, sans oublier les salariés de tous ces secteurs. S'ajoutent à cela les personnalités politiques et les partis qui s'intéressent également à l'approvisionnement en énergie et poursuivent en la matière des objectifs particuliers, notamment la défense de l'emploi.

Ceux qui espéraient une transition énergétique rapide sont souvent déçus de voir tant de groupes et d'intérêts différents influencer sur le processus, et même souvent le freiner. Les raisons de perdre patience ne manquent pas. Mais la transition énergétique n'est pas un projet purement technique, dans lequel les mesures à prendre seraient faciles à définir. Elle doit au contraire tenir compte simultanément des trois objectifs de toute politique énergétique : un approvisionnement en énergie qui soit sécurisé, durable du point de vue écologique, et abordable au plan économique. Tenter de réaliser cette transition, c'est donc un sujet éminemment politique qui soulève un très grand nombre de questions et fait nécessairement s'affronter des intérêts divergents. Cela ne donne que plus d'importance au rôle de partis comme le SPD, tant il est indispensable de dégager un consensus au sein de la société et de veiller à prendre en compte à la fois les gagnants et les perdants du processus.

Pour bien comprendre les défis en jeu, il faut avoir une idée précise des multiples aspects et arguments de la transition énergétique. Ce n'est toutefois pas une mince affaire, car le débat est souvent vif et bien des protagonistes forcent parfois le trait pour asséner leurs arguments. Les partisans de la transition énergétique sont souvent accusés d'être de „doux rêveurs“ qui mettent en péril l'avenir économique du pays ; et eux-mêmes sont parfois tentés d'embellir les perspectives des énergies renouvelables. C'est ainsi qu'on se retrouve avec une multitude d'avis, de présentations et d'expertises qui aboutissent à des constats très différents et souvent contradictoires ; dans une telle situation, il est donc difficile de se forger son propre avis sur la question.

Les explications qui suivent sont destinées à fournir quelques repères, et présenteront pour cela les diverses positions, les problèmes et les possibilités associés aujourd'hui à la transition énergétique. Pour mieux les comprendre, il faut d'abord revenir sur les précédentes transitions énergétiques, dont l'une des plus importantes s'est produite il y a déjà près de 200 ans. Cela peut sembler très éloigné de notre époque, et pourtant, il n'est pas inutile d'examiner cette mutation, parce qu'elle est intervenue dans une société fondée auparavant presque exclusivement sur les mêmes énergies renouvelables qui sont devenues si cruciales aujourd'hui.

2

LES TRANSITIONS ÉNERGÉTIQUES DANS L'HISTOIRE

2.1 LE CHARBON ET L'AVÈNEMENT DES ÉNERGIES FOSSILES

Au début de l'industrialisation, il y a près de 200 ans, l'économie et la société reposaient presque entièrement sur les énergies renouvelables. Certes, on utilisait le charbon depuis longtemps, mais en faible quantité, tandis que le pétrole et le gaz ne jouaient aucun rôle. Il faut noter qu'il est délicat de parler d'énergie en général pour l'époque. Il s'agissait alors surtout de produire de la chaleur (essentiellement grâce au bois) ou d'utiliser la force motrice du vent, de l'eau, des animaux et des hommes. La notion d'énergie au sens général, par exemple pour convertir de la chaleur en mouvement, n'était pas employée à l'époque. Elle n'est apparue qu'avec la machine à vapeur qui a conduit à l'industrialisation et à notre conception moderne de l'énergie et de la manière de la gérer.

Le moyen de loin le plus important de produire de la chaleur, c'était le bois, une matière première renouvelable. À côté de cela, on disposait du vent et de l'eau pour actionner les moulins, les forges ou les navires. On s'appuyait tout autant sur la force musculaire des hommes et des animaux pour convoier des charges, faire fonctionner des équipements ou assumer d'autres travaux. Parmi ces sources d'énergie, seuls le bois, l'eau et le vent étaient toutefois renouvelables. Il arrivait régulièrement que l'on consomme davantage de bois et d'autres ressources que la nature n'en produisait. Une utilisation durable nécessitait donc d'éviter ce genre d'excès, afin d'assurer un approvisionnement durable. Les hommes et les animaux, quant à eux, ne fournissaient pas leur force de travail, et donc leur énergie, de façon durable ; ils étaient tributaires de leur alimentation, fournie par l'agriculture (Brüggemeier 2014 : chapitres 2, 3).

D'une manière générale, l'agriculture, et avec elle les produits de la terre, jouaient un rôle déterminant. Non seulement ils apportaient les aliments, mais ils fournissaient également les autres matières premières dont avaient besoin l'artisanat, les métiers et les premières fabriques : le chanvre, le lin, la paille ou le bois, tirés directement du sol, mais aussi la laine, le cuir, les bougies et d'autres produits obtenus à partir de l'élevage et des diverses transformations des matières

premières. Le bois en particulier revêtait un rôle capital, qui en faisait à bon droit la matière première principale de l'époque. Non seulement il fournissait de la chaleur, mais il servait aussi de matériau de construction pour les maisons, les bateaux, les chariots et les autres moyens de transport ; il permettait de façonner la plupart des objets du quotidien (vaisselle, tables, chaises, lits) et un grand nombre d'outils. Même la célèbre Spinning Jenny, la machine à filer qui symbolisa pendant longtemps l'industrialisation, était pour l'essentiel faite de bois.

Le bois et les autres matières premières étaient avant tout tributaires du soleil. Lui seul fournissait jour après jour l'énergie nécessaire pour que les matières premières puissent pousser et être utilisées par les hommes. Et cette utilisation se devait d'être durable : d'année en année, on ne pouvait consommer ces matières premières qu'à raison de leur croissance. Les années de mauvaises récoltes, on consommait plus que la terre ne produisait, et on puisait dans les réserves. Mais une telle surexploitation ne pouvait pas fonctionner sur de longues périodes. Si l'on consommait trop de bois, si l'on abattait trop d'animaux ou si les stocks s'épuisaient, cela mettait en péril les fondements de l'existence. Les sociétés étaient donc contraintes de faire un usage durable des matières premières, et se caractérisaient donc par une grande fragilité, puisque les récoltes pouvaient fluctuer de façon considérable.

Cette fragilité tenait aussi à la grande difficulté du stockage de longue durée des aliments, pour constituer des réserves, tandis que l'énergie fournie par le soleil, le vent et l'eau ne pouvait être stockée que dans une mesure très limitée, et qu'elle ne pouvait être transportée sur de longues distances qu'au prix d'efforts considérables. Elle était stockée sous forme de biomasse, en particulier dans le bois, mais son poids élevé et sa faible densité énergétique entraînait des coûts et des difficultés énormes si l'on voulait la transporter. Les entreprises qui avaient besoin de grandes quantités d'énergie se trouvaient donc aux endroits mêmes dans lesquels le bois ou l'énergie hydraulique étaient disponibles. La production était ainsi décentralisée, et devait s'adapter aux fluctuations naturelles de la météorologie et des saisons, voire s'arrêter temporairement lorsque l'eau ou le bois venaient à manquer. En d'autres termes : la demande d'énergie s'adaptait très largement à l'offre.

La fragilité inhérente au système augmentait lorsque la population croissait trop rapidement. En effet, les rendements de la terre ne pouvaient progresser que lentement, de sorte qu'une augmentation rapide de la population conduisait à des crises. Néanmoins, en s'appuyant sur les matières premières renouvelables, des sociétés hautement développées ont pu voir le jour, accomplir des prouesses scientifiques et techniques impressionnantes, et atteindre des niveaux de vie remarquables, bien avant l'industrialisation. Pour autant, autour de 1800, on a vu se multiplier les signes annonciateurs d'une croissance démographique trop rapide et de l'imminence de crises.

L'ampleur de ces crises est encore difficile à évaluer aujourd'hui, tout comme il est difficile de savoir si la croissance démographique a créé des problèmes insurmontables. En effet, les problèmes de ce genre étaient courants, et les sociétés de l'époque avaient de nombreuses façons de les gérer. On peut en tout cas émettre sans réserve deux affirmations : d'une part, ces sociétés étaient durables par leur façon d'utiliser l'énergie et les matières premières. Mais ce caractère durable était associé aux fluctuations des récoltes, aux pénuries fréquentes, à une mortalité précoce et à une multitude d'autres éléments d'insécurité ; elles ne constituaient donc pas un modèle auquel nous puissions aspirer. D'autre part, ce n'est que l'industrialisation, et l'utilisation concomitante du charbon, qui a permis d'échapper à ces facteurs d'insécurité. Le charbon n'avait pas besoin de pousser, année après année, et son utilisation n'avait pas à se soucier de durabilité ; cette source d'énergie semblait inépuisable, et ouvrait ainsi des perspectives entièrement nouvelles pour la société et l'économie.

Le charbon contenait de l'énergie stockée sous forme concentrée, et après l'invention du chemin de fer, il devint possible de le transporter à bas coût sur de grandes distances. Depuis lors, des quantités gigantesques d'énergie furent disponibles partout où l'on en avait besoin, et indépendamment des fluctuations de la nature. Ainsi sont apparues quantités de machines et d'usines, de procédés de fabrication et d'inventions techniques plus efficaces qui, combinés aux nouvelles connaissances scientifiques et à de nombreux autres facteurs, contribuèrent à une progression rapide de la productivité et à l'émergence des sociétés industrielles modernes. Cela entraîna à partir de 1850 une croissance rapide des villes et des régions industrielles, dans lesquelles se concentraient la population, la politique, les administrations et les entreprises, et qui étaient dépendantes d'une offre constante d'énergie bon marché.

Deux autres innovations ont également porté cette évolution : d'abord, la possibilité de transporter l'énergie sur de grandes distances sous forme d'électricité, et ensuite la possibilité d'utiliser cette électricité, ainsi que le pétrole et le gaz, non seulement pour faire fonctionner de grandes installations telles que les machines à vapeur, mais aussi de tout petits moteurs. Cela a conduit à l'émergence de grandes centrales qui fournissaient le courant électrique nécessaire et contribuèrent de façon significative à la mise en place de la production industrielle telle que nous la connaissons aujourd'hui. Celle-ci se déroule en continue, indépendamment des fluctuations naturelles : elle repose sur une offre constante d'énergie qui s'adapte à la demande ; et elle s'accompagne d'une centralisation très poussée (Sieferle 2003).

La transition énergétique d'il y a environ 200 ans a signifié la fin d'un fonctionnement économique qui était durable par son utilisation des ressources, et qui remplissait ainsi l'un des objectifs que nous cherchons à atteindre aujourd'hui avec la transition énergétique actuelle. Mais dans le même temps, les sociétés d'alors étaient fondamentalement dépendantes des fluctuations du temps, des saisons et de la nature, et se caractérisaient par de grandes fragilités. Elles ne correspondaient pas à notre vision élargie du développement durable. En effet, il ne s'agit pas seulement de matières premières, mais aussi de politique et de société. Une société durable se doit d'offrir à ses citoyens des droits politiques, et de permettre l'implication de chacun ; c'est ce qui donne envie d'y vivre. Autour de 1800, ce n'était pas le cas.

Par ailleurs, la mutation qui s'est engagée à l'époque n'a pas été brutale. Elle s'est au contraire étalée sur des décennies avant que la nouvelle façon industrielle de fonctionner ne se généralise. Il a fallu de nombreuses évolutions techniques, économiques, sociales ou politiques pour adapter les modes de productions industriels et parvenir à les maîtriser – et aujourd'hui encore, on n'y parvient que dans une partie du monde. Il n'est donc pas surprenant que la transition énergétique actuelle ne puisse pas être réalisée du jour au lendemain, mais nécessite au contraire un processus complexe et de longue haleine.

2.2 LE PÉTROLE ET L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Depuis l'essor du charbon, on s'est régulièrement demandé si les gisements n'allaient pas rapidement s'épuiser. Dans le même temps se sont amplifiées les critiques à l'égard des pollutions générées par l'emploi de cette source d'énergie. Ces deux éléments, la crainte de l'épuisement des réserves et la critique de la pollution, ont caractérisé l'ère du charbon, et se sont encore manifestées après la Seconde Guerre mondiale, jusqu'à ce qu'au milieu des années 1950, le pétrole, et surtout le nucléaire, promettent la transition vers des énergies propres et qui semblaient disponibles en quantités illimitées (Müller 1990 ; Radkau 1978).

Dès la fin du XIX^{ème} siècle, le pétrole est extrait de façon industrielle et va ensuite connaître une diffusion mondiale. En Allemagne, ce n'est qu'après 1945 qu'il connaît un véritable engouement, lorsqu'il s'impose dans l'industrie chimique, les centrales thermiques et le chauffage individuel, mais aussi comme carburant pour l'automobile. Le charbon et le pétrole ont de grandes similitudes au plan chimique, mais le pétrole est nettement plus facile à utiliser dans tous ces domaines. L'industrie chimique moderne voit le jour avec ses nombreux produits (plastiques), la consommation d'énergie augmente fortement, sans oublier la mobilité, qui prend des proportions jusqu'alors inconnues. L'une des principales missions de la transition énergétique actuelle consiste donc à préserver cette mobilité et/ou à développer des solutions alternatives praticables.

Ce qui fit beaucoup plus sensation que le passage au pétrole, ce furent les débuts de l'énergie nucléaire, qui déclencha des attentes absolument sans borne dans l'opinion publique et les partis. Le gouvernement fédéral créa en 1955 un ministère de l'atome, avec à sa tête Franz Josef Strauß, et le

SPD adopta en 1956 un „plan pour l'atome" dans lequel on pouvait lire : „Une nouvelle ère a débuté. La fission contrôlée de l'atome et l'énergie nucléaire ainsi produite marquent le début d'une ère nouvelle pour l'humanité. (...) Le relèvement du niveau de richesse que peu générer (...) cette nouvelle source d'énergie doit profiter à tous les hommes." L'énergie nucléaire allait pouvoir „contribuer de manière décisive à consolider la démocratie dans notre pays et la paix entre les peuples. Alors, l'ère de l'atome deviendra l'ère de la paix et de la liberté pour tous" (Brüggemeier 2014 : 228 ; Brandt 1957). Pour cela, il fallait que le gouvernement fédéral donne plus de moyens à la recherche nucléaire, afin de rattraper le retard technologique de l'Allemagne par rapport à d'autres pays. De son côté, l'industrie était critiquée pour son „attachement traditionnel" au charbon et son peu d'intérêt pour cette nouvelle technologie.

A cette époque, les déclarations de ce genre étaient monnaie courante. Les réacteurs nucléaires allaient permettre de fournir l'électricité et la chaleur, de désaliniser l'eau de mer, de rendre les déserts fertiles, de chauffer des serres dans le froid du Nord, ou de détourner des rivières entières et d'irriguer des régions arides. En format miniature, le nucléaire pourrait propulser des navires, des sous-marins, des trains, et même des voitures - même si pour ces dernières se posaient quelques problèmes de sécurité. Les plans les plus précis faisaient en effet apparaître qu'elles auraient besoin d'un blindage protecteur pesant une centaine de tonnes.

Le nucléaire promettait une énergie non seulement propre et bon marché, mais aussi inépuisable, qui suffirait à nos besoins pendant de nombreux siècles et supprimerait pratiquement tous nos soucis. De nombreux journalistes, écrivains et hommes politiques défendaient ce point de vue. Et dans la population aussi, l'énergie nucléaire avait des soutiens, d'autant que même des arguments de défense de la nature et de l'environnement plaidaient pour elle. En effet – selon le plan pour l'atome du SPD – on allait pouvoir éviter „de surexploiter les mines de charbon" mais aussi „de défigurer les paysages et d'abîmer les cours d'eau en exploitant les mines de lignite". C'est à peu près en ces termes qu'argumentait Otto Kraus, le délégué à la protection de l'environnement du Land de Bavière, qui publia en 1960 un livre sur „l'utilisation de l'énergie hydraulique et la protection de la nature à l'ère atomique". Il y concédait les craintes qu'associaient „certains scientifiques, certains politiques et certains citoyens" à l'énergie nucléaire. Mais pour lui, les risques étaient maîtrisables, d'autant qu'un barrage hydroélectrique n'était pas moins dangereux à ces yeux. Sa seule construction faisait déjà de nombreuses victimes. En outre, les erreurs techniques ou le déchaînement des forces de la nature pouvait faire rompre ces retenues d'eau, et déclencher des catastrophes. En comparaison, les progrès de la technologie de l'atome et la construction de centrales nucléaires semblaient une solution alternative judicieuse. Il convenait donc de profiter de cette „heure de gloire" (Kraus 1960 : 34).

Les articles parus dans la presse font pratiquement tous montre d'un soutien unanime. Mais en-deçà du discours officiel, les débats étaient plus animés, notamment parce que l'utilisation de l'énergie nucléaire rappelait aussi la menace des bombes atomiques. Ainsi, dès leurs débuts, les mouvements pacifistes et antinucléaires ont été très étroitement

liés. Lorsqu'en 1951/52, on chercha des sites pour implanter les premiers réacteurs nucléaires à Karlsruhe, Cologne et Jülich, cela donna lieu à de vives protestations. A Karlsruhe, les habitants engagèrent un procès, considérant que leurs droits élémentaires à la vie et à l'intégrité physique étaient menacés, soulignant les questions non-élucidées en matière de sécurité des installations nucléaires. Leur action fit grand bruit et suscita des commentaires dans toute l'Allemagne, mais pour la plupart, les articles plaidaient pour la nouvelle forme d'énergie et présentaient les plaignants comme des fâcheux attardés qui – selon un article du Südkurier paru en novembre 1956 – s'en prenaient aux réacteurs nucléaires à coups de fléau (Radkau 1978 : 441).

La crise pétrolière de 1973 a favorisé la transition vers le nucléaire parce qu'il présentait l'avantage d'une grande indépendance par rapport aux Etats pétroliers arabes. Puisqu'en outre, le besoin d'énergie augmentait et les réserves de pétrole semblaient diminuer, le ministre des Finances de l'époque, Helmut Schmidt, mit en garde contre la menace d'une pénurie d'énergie. Elle constituait à ses yeux le principal obstacle „à la poursuite de la croissance économique, au développement de la productivité, et malheureusement peut-être aussi (...) à l'emploi". L'industrie nucléaire l'approuva et proposa de couvrir d'ici l'an 2000 environ 50% des besoins d'énergie primaire avec l'électricité d'origine nucléaire. Pour y parvenir, elle souhaitait construire 35 centrales nucléaires supplémentaires, afin d'assurer l'approvisionnement en énergie. Ces centrales ne devaient pas seulement produire de l'électricité, mais aussi fournir de la chaleur industrielle à l'industrie chimique, et servir également à produire de l'essence et d'autres produits pétroliers à partir de la houille locale (Brüggemeier 2014 : 316 et suivante).

La Ruhrkohle AG, l'entreprise qui exploitait le charbon de la Ruhr, et le syndicat des mineurs réagirent avec enthousiasme à ces propositions qui offraient des perspectives inattendues à leur secteur en déclin. Les médias aussi, qui avaient auparavant exprimé de premières critiques à l'égard du nucléaire, en soulignèrent soudain les avantages. En 1973, le Spiegel demanda le doublement des commandes de centrales nucléaires ; pour la Süddeutsche Zeitung et le Handelsblatt, seul le nucléaire pouvait remplacer le pétrole et assurer la fourniture d'électricité (Schaaf 2002 : 56). Le gouvernement chrétien-démocrate du Bade-Wurtemberg put donc s'appuyer sur un très large consensus lorsqu'au cours de l'été 1973, il choisit la commune de Wyhl am Kaiserstuhl pour y implanter une centrale nucléaire. Mais il donna aussi à cette occasion le signal du départ du mouvement antinucléaire, qui allait finalement conduire à l'abandon de l'énergie nucléaire et stimuler la recherche de solutions alternatives.

2.3 L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE ET LA DÉPENDANCE À L'ÉGARD DU PÉTROLE

A Wyhl, les adversaires de la centrale craignaient pour le vignoble et pour leur santé, mais ils ne rejetèrent pas d'emblée le principe de l'énergie nucléaire. Le gouvernement du Land considéra donc qu'il avait affaire aux réticences habituelles que suscitent les projets industriels, et décida de s'en tenir à ses plans. Mais bientôt, le nucléaire passa au premier plan de la

contestation, et les manifestations de la population locale se multiplièrent. Elles réunissaient des femmes au foyer, des vignerons et des agriculteurs, autant d'acteurs que l'on n'avait pas l'habitude de rencontrer dans ce genre de conflit, mais qui menaient les actions à Wyhl. Ils eurent le soutien d'étudiants de Fribourg, et aussi d'un nombre croissant de scientifiques qui leur apportaient leurs connaissances et donnaient des bases solides aux arguments des détracteurs du nucléaire. Petit à petit se créa ainsi une alliance étonnamment large, qui contribua au succès des manifestations de Wyhl. Les hommes politiques comme Epler et les sociaux-démocrates du Bade Wurtemberg jouèrent également un rôle crucial, eux qui dès 1975 exprimaient des réticences quant au développement du nucléaire. Les affrontements se durcirent, et les adversaires de la centrale recoururent à des actions spectaculaires, comme l'occupation du chantier. En outre, la justice se prononça pour l'arrêt provisoire des travaux et les manifestations prirent encore plus d'ampleur, au point que les médias nationaux en vinrent à s'intéresser à l'affaire. Mais ce n'est qu'en mars 1975 que le Spiegel consacra une série d'articles à Wyhl, près de deux ans après le début du conflit (Rucht 2008).

Dans l'intervalle, la question du nucléaire était parvenue à mobiliser énormément de monde dans l'ensemble du pays. De plus en plus de personnes et de groupes rejoignaient le mouvement de protestation, qui déboucha en 1980 sur la création du parti des Verts (die Grünen). Ces derniers durent l'essentiel de leur essor au mouvement antinucléaire, sur lequel s'arc-boutait le gouvernement fédéral social-démocrate. Les Verts recueillirent de plus en plus de soutien pour leurs positions, mais les partisans du nucléaire étaient au moins aussi nombreux, y compris le 26 avril 1986, lorsqu'un réacteur explosa dans la centrale de Tchernobyl. Pour près de la moitié de la population ouest-allemande, la conséquence de cette catastrophe coulait de source : il fallait sortir du nucléaire. En 1986, lors de son congrès de Nuremberg, le SPD décida d'un abandon du nucléaire dans les dix ans, se rapprochant ainsi des Verts, tandis que les conservateurs de la CDU/CSU et les libéraux du FDP restaient partisans de l'énergie nucléaire, et pouvaient s'appuyer sur l'autre moitié de la population allemande qui défendait également cette position.

C'est dans ce contexte que fut exigée une nouvelle transition énergétique – le terme faisant alors pour la première fois son apparition dans le langage courant. Il ne s'agissait toutefois pas seulement de renoncer à l'énergie nucléaire. On ne craignait pas moins l'épuisement prochain des réserves de pétrole. C'est ce qu'évoquait en 1972 le rapport du Club de Rome, dont on discutait partout dans le monde, et qui mettait en garde contre les limites de la croissance et évoquait en particulier la diminution des réserves mondiales de pétrole. Cet argument fut repris et développé par de nombreuses personnes et institutions, et notamment par l'Öko-Institut, l'institut de recherche sur l'environnement de Fribourg. Une étude publiée en 1980 considérait que le principal défi, c'était „l'épuisement prochain du pétrole comme source d'énergie bon marché” (Krause et al. 1980 : 13), et demandait qu'on engage rapidement un tournant énergétique. Les auteurs de l'étude proposaient pour cela plusieurs voies autour desquelles continuait de s'articuler les débats aujourd'hui encore : il était notamment question d'utiliser plus efficacement l'énergie et de découpler la croissance économique de la consommation

d'énergie. On proposait aussi d'utiliser davantage les énergies renouvelables, qui devraient couvrir à peu près la moitié des besoins énergétiques d'ici 2030. L'Öko-Institut donnait ainsi une estimation de la contribution des énergies renouvelables plus optimiste que la vision qu'on en avait en général à l'époque, mais il soulignait aussi que l'autre moitié de l'énergie devrait être fournie par le charbon. Pour le rapport, l'avenir passait par „une autonomie d'approvisionnement basée sur le charbon et l'énergie solaire” (Krause et al. 1980 : 39).

Beaucoup d'autres études plaidaient pour un abandon du nucléaire et soulignaient également la nécessité d'isoler les bâtiments, de mettre au point de nouvelles technologies, d'utiliser plus efficacement l'énergie et de fondamentalement découpler la croissance économique de la consommation d'énergie. Selon ces rapports, les possibilités étaient bien réelles, mais il fallait aussi que le charbon joue un rôle central pendant encore longtemps. Beaucoup discuté à l'époque de sa parution, „Energiewende”, le livre publié en 1986 par Volker Hauff, illustre bien ces arguments. De 1978 à 1982, Volker Hauff avait dirigé plusieurs ministères au sein du gouvernement d'Helmut Schmidt, et depuis 1983, il était membre de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations Unies, qui rédigea sous le nom de Commission Brundtland un rapport sur le développement durable qui fait encore autorité aujourd'hui. Dans son livre, Volker Hauff voulait montrer une voie qui permette de „passer de l'indignation à la réforme”, selon son sous-titre, et présenter les étapes pratiques d'une sortie du nucléaire.

Il expliquait que la principale source d'énergie consiste à mieux utiliser l'énergie disponible, mais il considérait aussi le charbon propre comme une énergie d'avenir, et avait de solides arguments pour étayer cette thèse. Certes, le charbon continuait de dégager des quantités considérables d'émissions polluantes – et notamment des oxydes d'azote et de l'acide sulfurique, objets de critiques depuis bien longtemps et vigoureusement dénoncés au milieu des années 1980 comme étant à l'origine des pluies acides – mais on disposait de possibilités techniques efficaces pour réduire considérablement ces pollutions. C'est ce qu'évoquait Hauff lorsqu'il parlait du „charbon propre”, auquel il voulait conférer un rôle essentiel (Hauff 1986 : 95).

Quelques années auparavant, Erhard Eppler avait déjà défendu des positions similaires. Au sein du SPD, Eppler fut l'un des premiers dirigeants politiques à prôner l'abandon du nucléaire, et il passe pour l'un des précurseurs de la transition énergétique. Dès juin 1979, il expliquait dans un long article que la sortie du nucléaire ne poserait pas de problème majeur si l'on procédait aux adaptations et aux changements nécessaires dans nos habitudes. Il considérait même qu'il serait possible d'augmenter nettement l'offre d'électricité, mais que cela pouvait nécessiter un doublement de la consommation de charbon (Eppler 1979). Cela poserait des problèmes, parmi lesquels Eppler mentionnait expressément la production accrue de CO₂. Toutefois, pour réduire la dépendance vis-à-vis du pétrole, qu'Eppler considérait comme aussi importante que l'abandon du nucléaire, le recours au charbon était acceptable, d'autant que les centrales „de cogénération d'électricité et de chaleur, fonctionnant au charbon sur lit fluidisé, propres” étaient déjà disponibles. Eppler plaçait également de grands espoirs dans les centrales thermiques au gaz décen-

tralisées, tandis que, s'il mentionnait bien le recours à l'énergie solaire, il ne lui prédisait pas un grand rôle.

D'une manière générale, au cours des années 1980, les indications du potentiel de l'énergie solaire se sont multipliées. Mais même ses partisans étaient réservés dans leur jugement (Hauff 1986 ; Krause et al. 1980). Il est donc trompeur de dire, comme on le fait parfois aujourd'hui, qu'on a manqué à ce moment-là une occasion de passer aux énergies renouvelables. Ce qui semblait plus réaliste pour la grande majorité des personnes à l'époque, c'était d'utiliser davantage le charbon, d'autant plus qu'on disposait de technologies permettant de réduire considérablement les émissions de polluants dégagés par sa combustion. A l'époque – comme aujourd'hui – on ne pouvait toutefois pas empêcher les émissions de CO₂. Mais le réchauffement climatique n'apparaissait pas encore comme un problème essentiel. La priorité, c'était surtout de sortir du nucléaire et de se rendre indépendant vis-à-vis du pétrole dont les réserves se tarissaient.

3

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ACTUELLE

3.1 OBJECTIFS

Les objectifs de la transition énergétique actuelle sont faciles à énumérer : elle doit permettre de sortir du nucléaire, de remplacer les combustibles fossiles par des énergies renouvelables, et de réduire les émissions de gaz néfastes pour le climat. Pour y parvenir, la dernière centrale nucléaire sera arrêtée en 2022. En outre, d'ici 2050, les énergies renouvelables devront fournir jusqu'à 80% des besoins en électricité, la consommation d'énergie primaire devra être réduite de 50% par rapport à 2008, et les émissions de gaz à effet de serre devront diminuer de 95% par rapport à 1990 (BMW 2014c).

Ces projets paraissent ambitieux, mais ils sont réalistes, puisqu'on enregistre déjà des succès remarquables. Rien qu'entre 2000 et 2014, la part des énergies renouvelables dans la consommation brute d'électricité est passée de 6,2 à presque 26%. Si l'on continue de développer rapidement les énergies renouvelables, elles pourraient remplacer d'abord les centrales nucléaires, puis ensuite les énergies fossiles. Comme elles ne dégagent en outre que de très faibles quantités de CO₂, les émissions diminueront également fortement. Pour atteindre ces objectifs ambitieux, il est essentiel de poursuivre la transition au rythme de ces dernières années (BMW 2014b).

Mais les choses ne sont pas aussi simples. En effet, la transition énergétique n'a pas seulement produit des succès remarquables. Elle a aussi montré qu'elle était également porteuse de grands défis, de contradictions et de conflits. Ce sont ces aspects qui seront développés dans les paragraphes suivants. Et les conflits ne concernent pas seulement les producteurs traditionnels d'énergie, qui craignent de perdre leur influence, ils existent aussi entre les diverses sources d'énergie renouvelable. Ainsi, le solaire, l'éolien, l'hydraulique ou la biomasse génèrent des coûts différents et offrent des niveaux différents de sécurité d'approvisionnement, de sorte qu'il va falloir décider à quels niveaux il convient de les développer respectivement. Mais plutôt que de continuer à les développer, il serait également possible de consommer moins d'énergie et de mettre au point d'autres formes de croissance économique.

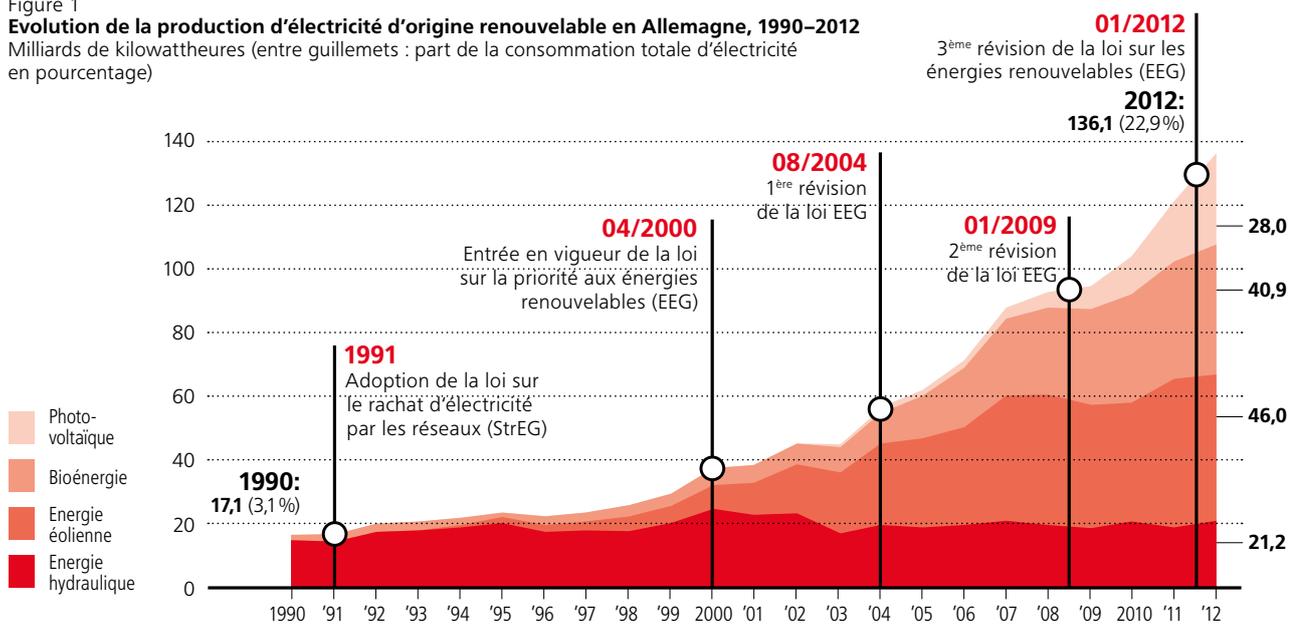
En principe, ces potentiels peuvent être combinés, et ne sont pas contradictoires. Dans la pratique, il faut néanmoins prendre des décisions, ne serait-ce que pour éviter des coûts inutiles. En outre, il est clair que ce qu'on attend de la transition énergétique va bien au-delà de ce qui était envisagé à l'origine : en plus des objectifs mentionnés plus haut, il s'agit aussi de réduire notre dépendance vis-à-vis des importations de gaz et de pétrole ; de créer des emplois ; de soutenir les régions structurellement plus fragiles ; de parvenir à une plus grande efficacité dans la consommation d'énergie, de contribuer à la modernisation écologique et de réaliser une multitude d'autres projets. Il va de soi qu'une telle pléthore d'attentes conduit à des conflits, dans lesquels les divers intérêts et motivations en présence sont souvent difficiles à identifier.

Certaines réflexions vont encore plus loin. Hermann Scheer, l'un des pionniers de la transition énergétique, la voyait comme „la mutation structurelle économique la plus profonde depuis le début de l'ère industrielle“. Pour lui, la transition énergétique avait „une signification pour l'histoire de la civilisation“, et allait modifier profondément notre manière de vivre et de travailler (Scheer 2010 : 23, 28). Rares sont ceux qui vont aussi loin. Mais même sans partager les objectifs de Scheer, il faut être conscient que la transition énergétique signifie davantage que l'installation de turbines éoliennes et de panneaux solaires. Elle doit aboutir à la transformation complète de notre système énergétique actuel, ce qui va nécessiter des efforts importants qu'il faudra soutenir dans la durée. C'est pourquoi le gouvernement fédéral parle de la mission de toute une génération, et veut dire par là un processus dont les objectifs sont plus ou moins fixés, mais dont chaque étape doit être définie, et le cas échéant, corrigée au fur et à mesure. Et il s'agit d'un processus dont les débuts ont été modestes. En effet, au début de la transition énergétique actuelle, il s'agissait surtout d'accroître la part des énergies renouvelables, qui avaient sans cesse cédé du terrain depuis le début de l'ère industrielle.

Figure 1

Evolution de la production d'électricité d'origine renouvelable en Allemagne, 1990–2012

Milliards de kilowattheures (entre guillemets : part de la consommation totale d'électricité en pourcentage)



Source : Agentur für Erneuerbare Energien – Agence allemande des énergies renouvelables 2013

3.2 LA LOI SUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES : ANTÉCÉDENTS ET GENÈSE

En 1990, les énergies renouvelables ne représentaient encore qu'à peine 3,1 % de la production d'électricité (cf. figure 1), soit 17,1 milliards de kilowattheures. En 2012, cette production avait été pratiquement multipliée par huit et atteignait 136,1 milliards de kilowattheures. L'essentiel de la production renouvelable provenait dans les années 1990 des centrales hydrauliques, tandis que le solaire et l'éolien engendraient des coûts encore trop élevés et ne jouaient donc pratiquement aucun rôle à l'époque. Pourtant, les moulins à vent avaient fait leurs preuves depuis longtemps. L'Allemagne en comptait quelques 18.000 en 1895, avant que les moteurs compacts et le développement des réseaux électriques ne les supplantent. Toutefois, au cours des années 1930, l'énergie éolienne sembla connaître un nouvel essor.

Hermann Honnef, un inventeur et pionnier du secteur éolien, voulait construire d'immenses éoliennes d'altitude pour produire de l'électricité bon marché (Heymann 1990 : chapitre 6). Ces centrales devaient se dresser dans le ciel jusqu'à 430 mètres de hauteur, et porter des turbines dont les diamètres auraient mesuré entre 60 et 160 mètres, c'est à dire plus encore que la tour de la radio de Berlin (150 mètres). Selon Honnef, il fallait pourtant qu'elles soient aussi hautes pour capter les vents d'altitude et produire de l'électricité. Il imaginait que les coûts de production seraient tellement faibles que les agriculteurs pourraient aller jusqu'à chauffer les terres pour produire trois à quatre récoltes par an. Aujourd'hui, ces propositions nous paraissent fantastiques, mais elles avaient beaucoup de partisans à l'époque, jusqu'à ce que des calculs plus précis montrent que ces projets étaient véritablement illusoire. Les tours géantes posaient des problèmes de stabilité insurmontables, et leurs coûts de construction auraient été bien trop élevés.

C'est pourquoi seules les centrales hydrauliques restèrent concurrentielles, même si elles n'étaient guère appréciées des défenseurs de l'environnement, à cause des barrages de retenue qui modifiaient considérablement les paysages – une réticence que l'on retrouve aujourd'hui à propos des centrales de pompage-turbinage. Ainsi, leur contribution globale à la production électrique resta limitée, mais en 1990, elle atteignit tout de même les 3% mentionnés plus haut, tandis que les autres énergies renouvelables ne parvenaient pas à dépasser des pourcentages beaucoup plus modestes. Cela tenait non seulement à leurs coûts élevés, mais aussi à l'attitude des grands groupes producteurs d'énergie, qui ne semblaient pas vouloir s'engager eux-mêmes activement dans les énergies renouvelables, et qui rechignaient aussi à en racheter la production. Cet obstacle fut surmonté en 1991 par la „loi sur le rachat de l'électricité“, qui apportait deux nouveautés : à partir de ce moment, les fournisseurs d'électricité furent contraints de racheter l'électricité d'origine renouvelable, et la loi définit également un prix minimum. Cela profita aux installations éoliennes, hydrauliques et de biomasse, qui pouvaient produire de l'électricité à un prix relativement bas. En revanche, les panneaux solaires coûtaient encore trop cher et restèrent encore marginaux ; d'ailleurs, la part des énergies renouvelables n'augmenta que très lentement.

3.3 LA SORTIE DU NUCLÉAIRE, PHASES I ET II

Cette situation changea pour la première fois après la victoire de la coalition rouge-verte aux élections de 1998 ; la transition énergétique devint alors une tâche essentielle du nouveau gouvernement pour lequel elle réunissait deux objectifs : sortir du nucléaire et développer les énergies renouvelables. Pour y parvenir, le nouveau gouvernement adopta en l'an 2000 la loi sur les énergies renouvelables (Erneuerbare-Ener-

Figure 2
Situation actuelle et objectifs de la transition énergétique

Catégorie	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Emissions de gaz à effet de serre						
Emissions de gaz à effet de serre (par rapport à 1990)	-25,6 %	-24,7 %	au moins -40,0 %	au moins -55,0 %	au moins -70,0 %	au moins -80,0 bis -95,0 %
Energies renouvelables						
Part de la consommation brute d'électricité	20,4 %	23,6 %	au moins 35,0 %	au moins 50,0 % (2025: 40,0-45,0 %)	au moins 65,0 % (2035: 55,0-60,0 %)	au moins 80,0 %
Part de la consommation brute d'énergie finale	11,5 %	12,4 %	18,0 %	30,0 %	45,0 %	60,0 %
Efficacité						
Consommation d'énergie primaire (par rapport à 2008)	-5,4 %	-4,3 %	-20,0 %		-50,0 %	
Consommation brute d'électricité (par rapport à 2008)	-1,8 %	-1,9 %	-10,0 %		-25,0 %	
Part de la cogénération dans la production d'électricité	17,0 %	17,3 %	25,0 %			
Productivité de l'énergie finale	17,0 % Par an (2008-2011)	1,1 % Par an (2008-2011)	2,1 % Par an (2008-2011)			
Parc immobilier						
Besoin en énergie primaire	-	-	-		De l'ordre de -80,0 %	
Besoin de chauffage	-	-	-20,0 %	-	-	-
Taux de rénovation	env. 1,0 %	env. 1,0 %		Doublement sur 2 % par année		
Transports						
Consommation d'énergie finale (par rapport à 2005)	-0,7 %	-0,6 %	-10,0 %		De l'ordre de -40,0 %	
Nombre de véhicules électriques	6.547	10.078	1 million		6 millions	

Source : Ministère fédéral de l'Economie 2014c : 11

gien-Gesetz - EEG), qui s'appliquait à la production électrique éolienne, photovoltaïque, à la biomasse, la géothermie ou l'énergie hydraulique et qui ne semblait pas apporter beaucoup d'éléments nouveaux. En effet, elle fixait également des obligations de rachat de la production et des prix garantis. Mais ces nouveaux prix garantis étaient nettement plus élevés que les précédents, en particulier pour les panneaux solaires. En outre, ils s'appliquaient sur 20 ans, et offraient ainsi la promesse de revenus garantis dans la durée, ce qui apporta aux énergies renouvelables l'essor escompté.

En parallèle, le gouvernement passa avec les entreprises du secteur de l'énergie une convention régissant la sortie du nucléaire et modifia en 2002 la loi sur l'énergie atomique. La nouvelle loi limitait les quantités d'électricité que les centrales nucléaires étaient autorisées à produire et prévoyait l'arrêt des dernières centrales en 2021. La mesure répondait à des exigences fortes des Verts et de nombreux groupes écologistes mais ne put voir le jour que parce que le SPD partageait aussi ces objectifs et garantissait la majorité nécessaire au Parlement – jusqu'à ce que la victoire des conservateurs et des libéraux ne change la donne en octobre 2009. Le nouveau gouvernement de coalition CDU/CSU et FDP maintint l'idée d'une sortie du nucléaire mais prolongea tout de même la durée d'exploitation des centrales nucléaires ; cette décision déclencha de vives protestations parmi la population et l'opposition. Le SPD, les Verts, Die Linke et neuf Länder annoncèrent qu'ils allaient déposer une plainte devant la Cour Constitutionnelle fédérale. Cela allait toutefois se révéler inutile quelques mois plus tard. En effet, la situation changea à

nouveau, et cette fois ci du jour au lendemain, lorsque le 11 mars 2011 se produisit à Fukushima (au Japon) une catastrophe d'ampleur similaire à celle qui était survenue 25 ans plus tôt à Tchernobyl.

Après un violent séisme et le tsunami qu'il avait déclenché, les cœurs de plusieurs réacteurs entrèrent en fusion dans la centrale nucléaire de Fukushima. Les dispositifs de sécurité ne fonctionnèrent pas, et de grandes quantités de matériaux radioactifs furent relâchés dans l'environnement, se répandirent en mer et menacèrent de se disséminer sur l'ensemble de la planète. Le monde entier fut pris de peur face aux effets combinés du séisme et du tsunami et au risque d'explosion d'un réacteur, comme à Tchernobyl mais celle-ci ne se produisit pas. De même, le nombre des victimes fût beaucoup plus limité, même s'il est encore trop tôt pour mesurer de manière fiable les effets à long-terme de l'accident. Selon des chercheurs américains, le nombre de décès probablement dus à l'accident de Fukushima se situe entre 15 et 1.300 (Süddeutsche Zeitung 2012). Ce que l'on connaît en revanche avec précision, c'est le nombre de victimes du tsunami, dont les conséquences ont été désastreuses, et qui a tué 16.000 personnes – un nombre dont les médias allemands ont toutefois nettement moins parlé.

En tout cas, le choc fut profond et fit réagir le gouvernement allemand, et notamment la Chancelière Angela Merkel. Elle annonça un moratoire sur le nucléaire, soumettant toutes les centrales à des contrôles de sécurité, et les sept centrales les plus anciennes furent immédiatement arrêtées pour une durée de trois mois. Ensuite, le gouvernement alle-

mand fit adopter une nouvelle loi sur l'énergie nucléaire, par laquelle il revenait sur les prolongations de la durée de vie des centrales, accordées peu de temps auparavant. Pour huit des 17 centrales, les permis d'exploitation allaient arriver sous peu à expiration et les autres seraient arrêtées progressivement selon un calendrier défini jusqu'en 2022. La loi rappelait les règles adoptées par la coalition rouge-verte en 2002, mais intervenait plus massivement sur le secteur de l'énergie, détaillait avec précision le plan de sortie, et arrêta la date de 2022 pour son achèvement. En outre, à la différence de la loi de 2002, la décision fut prise sans un consensus avec les exploitants des centrales nucléaires.

L'un des deux objectifs de la transition énergétique, la sortie du nucléaire, était ainsi atteint. Dans le même temps, le développement des énergies renouvelables accomplissait de grands progrès, que la coalition entre conservateurs et libéraux ne remit pas en cause. En 2013, ces énergies renouvelées fournissaient 25,3 % de l'électricité consommée en Allemagne, soit plus de quatre fois plus qu'au moment de l'adoption de la loi sur les énergies renouvelables ; elles permirent ainsi d'éviter l'émission de 145,8 millions de tonnes de CO₂ (BMW 2014a : 32). Le ministère fédéral de l'Environnement, les entreprises concernées, les associations de défense de l'environnement et les partis politiques se félicitent de la loi, et y voient l'instrument le plus efficace dans le monde pour promouvoir les énergies renouvelables et enclencher une transition énergétique. Il y a de bonnes raisons à cela, comme le montre la figure 1. Au sein de la population également, cette loi est largement approuvée. Des enquêtes d'opinion réalisées en 2014 ont fait apparaître que plus de 90 % des personnes interrogées jugeaient „important“ ou „extrêmement important“ de développer davantage les énergies renouvelables (AEE 2014). Et à travers le monde, plusieurs pays souhaitent adopter des législations similaires, d'autres l'ont déjà fait, d'autant que l'électricité ainsi produite est de plus en plus abordable – au moins en bourse. L'électricité renouvelable parvient à y être meilleur marché que celle produite dans des centrales classiques, ce qui montre que nous sommes sur la bonne voie.

En principe, cette affirmation est exacte, mais dans la réalité, la situation est beaucoup plus complexe. En témoigne la mention du prix de marché, extrêmement bas, qui est une conséquence de la loi sur les énergies renouvelables et qui cause de très nombreux problèmes à l'ensemble du marché de l'énergie. D'autres évolutions n'ont pas été anticipées non plus, mais elles ne causaient pas de difficulté tant que les énergies renouvelables ne jouaient pas un rôle majeur. Néanmoins, maintenant que celles-ci représentent une part considérable de la production d'électricité, de chaleur, de gaz ou d'essence, il faut apporter des réponses à tout une série de questions : quelles sont les énergies renouvelables les plus adaptées à l'Allemagne, celles qui mériteraient donc un soutien privilégié : l'énergie solaire, l'éolien, l'hydraulique, la géothermie ou la biomasse ? Doivent-elles avant tout servir à produire de l'électricité et de la chaleur, ou bien également du gaz et de l'essence ? L'approvisionnement doit-il reposer sur des sources le plus décentralisées possibles, ou bien avons-nous besoin d'un système interconnecté au plan national, voire européen ? Pendant combien de temps devons-nous continuer d'exploiter les centrales thermiques à la houille et au lignite ?

Devons-nous continuer à nous fixer comme priorité le développement des énergies renouvelables, ou bien serait-il plus judicieux de veiller à une meilleure efficacité de l'énergie employée et à une meilleure isolation thermique des bâtiments ?

Cette liste de questions n'évoque que quelques-uns des défis qui se posent nécessairement lorsqu'on modifie en profondeur un système énergétique. Dans le même temps, il existe des réponses à ces questions et des solutions tout à fait performantes qui ont été en permanence améliorées au cours des dernières années. Toutefois, nous sommes également confrontés à des difficultés qui existaient déjà avant l'industrialisation, et qui réapparaissent aujourd'hui : d'une part, les énergies renouvelables sont tributaires du temps et des saisons, ce qui rend ces systèmes énergétiques vulnérables ; et d'autre part, il est difficile de stocker l'énergie. Ces deux aspects ont des conséquences considérables, notamment sur la sécurité d'approvisionnement.

3.4 LA MISE EN ŒUVRE DE LA LOI SUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

3.4.1 SÉCURITÉ D'APPROVISIONNEMENT

Le charbon, le pétrole et le gaz

Depuis l'avènement du charbon, puis plus tard, du pétrole, on a régulièrement vu s'exprimer la peur d'un épuisement des ressources. Cette peur s'amplifie à partir des années 1970, lors de la parution du rapport du Club de Rome ; le Chancelier Helmut Schmidt met en garde contre une prochaine pénurie de l'énergie et l'Institut d'études de l'environnement de Fribourg et de nombreux autres spécialistes partagent son analyse. Dans la transition énergétique actuelle, ces craintes sont toujours aussi vives, au point que le gouvernement fédéral évoque la fin des réserves de pétrole et de gaz et la dépendance vis-à-vis des importations d'énergie comme motifs essentiels de la transition.

En principe, c'était et c'est toujours une crainte légitime. Il ne fait aucun doute qu'un jour où l'autre, les gisements de combustibles fossiles sont appelés à s'épuiser. Mais ce constat n'apporte pas grand-chose. Ce qu'il faut surtout, c'est déterminer le moment à partir duquel les réserves vont effectivement se raréfier et se renchérir. C'est visiblement très difficile à prévoir, comme le montre la situation actuelle. Lors de l'adoption de la loi sur les énergies renouvelables, en l'an 2000, la consommation mondiale d'énergie augmentait fortement, et les prix du pétrole et du gaz également. Il semblait assuré que cette tendance allait se poursuivre, et il fallait donc passer aux énergies renouvelables, ne fût-ce que pour garantir les approvisionnements. Puisqu'en outre les prix des combustibles fossiles continuaient d'augmenter, cela allait rendre compétitives les énergies renouvelables, qui allaient même devenir meilleur marché que les énergies fossiles. Dans un premier temps, c'est effectivement ce qui s'est produit. Mais depuis 2011, le prix du pétrole, si essentiel, n'a pratiquement plus augmenté, et il a même fortement diminué ces derniers temps (cf. figure 3) – à l'instar du prix du charbon. Ces cours ne vont pas rester durablement aussi bas, mais il est difficile d'indiquer quand et dans quelle mesure ils pourraient recommencer à augmenter.

Figure 3
Evolution du prix du pétrole entre 2002 et 2014
Prix mensuel moyen du baril de Brent en dollars US



Source : Bundeszentrale für politische Bildung – Centre fédéral pour l'éducation politique 2015

Partout dans le monde, les politiques se félicitent de la baisse des cours de l'énergie, et en espèrent une plus forte croissance économique. Pour l'environnement, en revanche, les énergies fossiles peuvent avoir des conséquences néfastes, à cause de leurs émissions polluantes, et cela montre que le véritable problème n'est pas la pénurie. Au contraire. Les énergies fossiles sont disponibles dans une telle abondance et à des prix tellement faibles que non seulement l'approvisionnement est assuré pour encore longtemps, mais surtout, leur consommation va augmenter à l'échelle mondiale, entraînant encore une augmentation des quantités de CO₂ dégagées. En quelques années, la situation a changé du tout au tout. Alors que, récemment encore, la crainte d'un épuisement des énergies fossiles était dans tous les esprits, il s'agit à présent, dans toute la mesure du possible, de ne pas exploiter les gisements existants de charbon, de pétrole et de gaz, pour limiter les émissions de gaz à effet de serre, et d'employer à leur place des énergies renouvelables.

En principe, celles-ci aussi permettent une sécurité d'approvisionnement. Mais les fluctuations naturelles que subissent inéluctablement les énergies renouvelables, du fait des variations de la météorologie et des saisons, soulèvent de graves problèmes. Les sociétés préindustrielles n'avaient pas grand-chose à opposer à ces fluctuations. Aujourd'hui, nous disposons de beaucoup plus de possibilités, mais elles exigent des efforts considérables.

Les fluctuations et le stockage

Les énergies renouvelables sont fondamentalement tributaires du vent et du rayonnement solaire qui sont inéluctablement soumis à des variations considérables. Selon la durée et l'intensité d'exposition aux conditions favorables, elles produisent des quantités variables d'électricité et ne sont pas disponibles en permanence. En 2013 les générateurs solaires ont fonctionné en moyenne 867 heures (soit dix pour cent du temps). Les centrales éoliennes terrestres parviennent à un meilleur chiffre, de 18 %, qui grimpe même jusqu'à 22 % dans les ré-

gions particulièrement venteuses du Schleswig-Holstein (BDEW 2015 : p 25 et suivantes). Quand on annonce que leur puissance installée, ou celle des panneaux solaires, dépassent la puissance des centrales nucléaires, c'est en principe une bonne nouvelle. Mais elle est également trompeuse parce que la puissance installée est en principe disponible, mais elle n'est exploitée que dans une moindre mesure. En haute mer, le taux d'utilisation des turbines éoliennes peut atteindre 50 % et faciliter un approvisionnement continu et il est donc prévu d'en construire davantage. Mais ces installations offshore posent aussi des problèmes techniques considérables et entraînent des coûts nettement supérieurs ; c'est pour cette raison que les éoliennes en mer ne fournissent aujourd'hui qu'un pour cent de la production totale d'électricité (BDEW 2014 : 11) et ne verront cette part progresser que petit à petit.

La nature contribue elle-même à établir un équilibre entre les fluctuations. Ainsi, les installations photovoltaïques produisent leurs plus grandes quantités d'électricité en été et en milieu de journée, lorsque le besoin en énergie est particulièrement élevé. En hiver, en revanche, elles sont souvent improductives, mais les vents sont souvent plus forts, et l'énergie éolienne prend ainsi le relais. De toute façon, la force du vent et l'ensoleillement varient énormément d'un instant à l'autre et d'un endroit à l'autre, et cela peut aussi contribuer à un équilibre, mais avec un degré limité de sécurité. Ainsi en 2012, le solaire et l'éolien ont produit, dans les journées les plus favorables, 22.121 mégawatts d'électricité, mais à peine plus de cinq pour cent de cette quantité les mauvais jours (Commission allemande sur les monopoles, rapport 2013 : 185). Pour compenser ces fluctuations, on peut s'appuyer sur les livraisons d'électricité en provenance de pays dans lesquels les conditions de vent et d'ensoleillement sont particulièrement stables. Il existait un projet particulièrement ambitieux en la matière (Desertec) qui prévoyait de produire de l'électricité au Sahara et de la transporter vers l'Europe. Mais le projet a accumulé des problèmes techniques, économiques et politiques, et sa réalisation a été reportée à un avenir lointain. Pourtant, malgré de tels revers, la réussite de

la transition énergétique doit passer par une coopération européenne (cf. chapitre 3.5).

Il ne serait pas nécessaire d'envisager les choses sous cet angle si l'on parvenait à stocker la chaleur et l'électricité. Pour la chaleur, on dispose de certaines possibilités, mais elles sont limitées, engendrent des coûts considérables, et signifient aussi des déperditions. D'ailleurs, ces déperditions se produisent lorsque l'on convertit une forme d'énergie en une autre, ce qui est nécessairement le cas pour le stockage. Pour le stockage de l'électricité, la situation est particulièrement défavorable. Les possibilités existantes sont moins efficaces, les coûts plus élevés et les déperditions plus importantes, de sorte que l'énergie ainsi produite ne peut pour le moment être stockée qu'en petites quantités et sur de courtes périodes. On parle beaucoup des stations de pompage-turbinage qui peuvent déstocker des masses d'eau en fonction des besoins pour produire de l'électricité. Mais ces systèmes imposent des atteintes importantes à la nature et à l'environnement, offrent des performances limitées, et se vident en quelques heures. Ces stations peuvent donc compenser des goulets d'étranglement de la production sur de courtes périodes mais pas garantir l'approvisionnement en énergie dans la durée.

Puisqu'il est si important de disposer de moyens de stockage efficaces, on expérimente les possibilités les plus diverses, dont certaines semblent relever du fantastique. C'est notamment le cas des essais dans les puits de mines désaffectées, qui plongent à bien plus de 1000 mètres de profondeur. Cette dénivellation permettrait d'installer en surface des réservoirs d'eau pour faire fonctionner des turbines installées en profondeur pour produire de l'électricité. Mais les défis techniques et les problèmes de coûts sont considérables. On a davantage progressé sur les performances des batteries qui alimentent aujourd'hui les véhicules électriques. Mais là-aussi, il est encore difficile de fabriquer des batteries performantes à des prix abordables. Si celles-ci sont disponibles dans un avenir proche, cela offrira des possibilités supplémentaires. Puisque les véhicules électriques, comme tous les véhicules, sont la plupart du temps à l'arrêt, on pourrait relier entre elles leurs batteries pour créer un gigantesque réservoir d'électricité.

D'autres projets visent à transformer l'électricité en chaleur. Un jour ou l'autre, ces projets, et d'autres, pourraient offrir des solutions. Pour le moment en tout cas, on n'a pas encore vu de batteries ou de dispositifs comparables capables de stocker des quantités d'énergie suffisantes pour garantir la sécurité d'approvisionnement. Cependant il existe aussi parmi les énergies renouvelables une variante qui non seulement n'est pas soumise aux fluctuations, mais qui permet même de stocker l'énergie à l'instar du charbon ou du gaz et qui est de nature à compenser les fluctuations des autres sources d'énergie : il s'agit de la biomasse.

La biomasse

La biomasse inclut les matériaux organiques les plus divers, parmi lesquels les excréments animaux et de nombreux autres déchets. L'élevage intensif en produit de grandes quantités sous forme de lisier, dont l'utilisation comme énergie renouvelable résout également un grave problème environne-

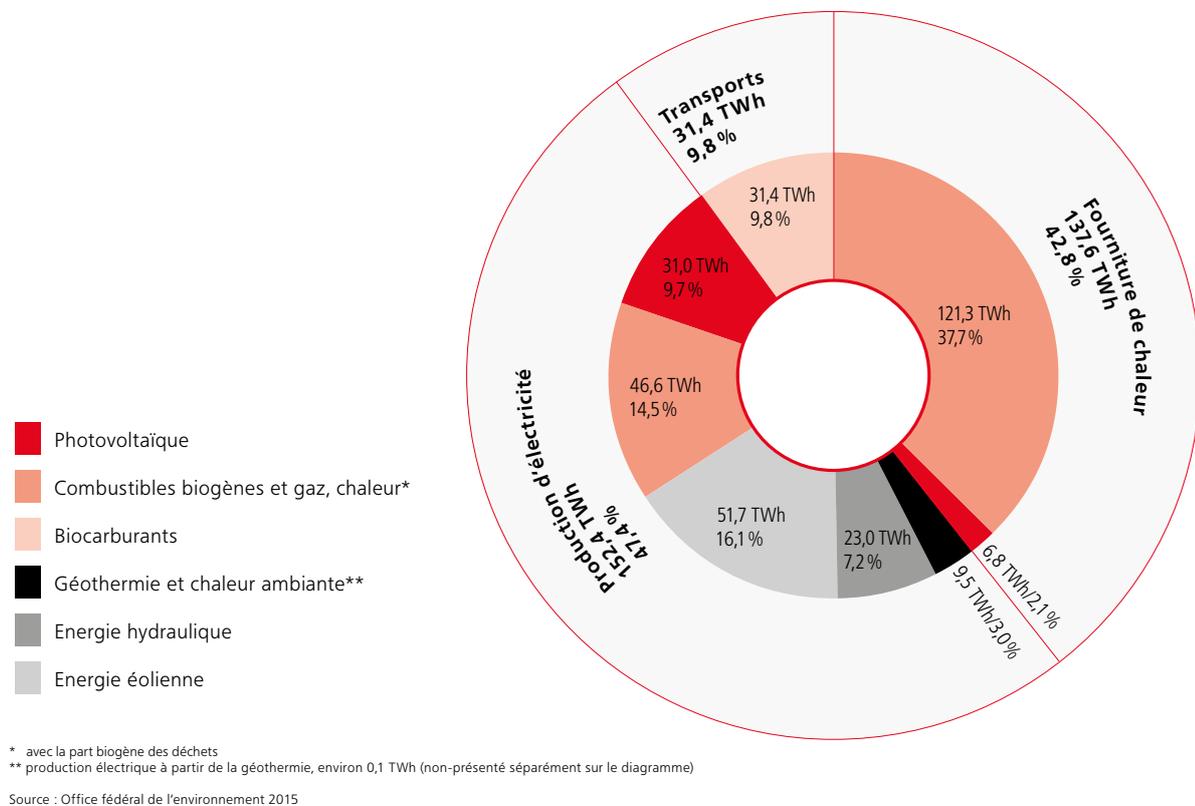
mental. A cela s'ajoute d'autres déchets de l'agriculture et des abattoirs, les déchets organiques et combustibles des ménages et de l'industrie, ainsi que les gaz émanant des mines ou des décharges, même si ces derniers ne sont pas à proprement parler des énergies renouvelables. Indépendamment de cela, les divers types de biomasse se caractérisent par le fait qu'ils fournissent l'énergie sous forme stockée, permettant ainsi de l'utiliser en fonction des besoins.

Ces caractéristiques font qu'on n'utilise pas seulement les déchets existants, mais qu'on cultive même des surfaces uniquement pour produire de la biomasse afin de fournir de l'énergie. C'est le cas depuis longtemps pour le bois, qui connaît actuellement une carrière remarquable comme matériau de chauffage sous la forme de pellets. Mais c'est bien connu, les arbres poussent lentement et n'offrent donc une perspective d'exploitation qu'à relativement long terme. A court terme, en revanche, on peut utiliser le maïs, qui est un remarquable fournisseur d'énergie, et que l'on cultive de plus en plus ces dernières années. Cela tient notamment aux subventions élevées accordées à ces cultures parce que le maïs et la biomasse en général se prêtent bien à la transition énergétique. Ils poussent d'année en année, sont donc renouvelables au sens strict du terme, et peuvent fournir non seulement de l'électricité et de la chaleur, mais aussi servir de base à la fabrication de gaz, d'essence, et de nombreuses matières premières.

En conséquence, la biomasse a connu au cours des dernières années un essor considérable, et en 2013, elle a fourni plus de 60 % des énergies renouvelables, laissant loin derrière elle l'éolien (16,1 %), le solaire photovoltaïque (9,7 %), et enfin l'énergie hydraulique (7,2 %), les autres sources étant quant à elles négligeables (cf. figure 4). Le développement de la biomasse apparaît donc comme une réussite impressionnante, qui ne sert pas seulement à compenser les fluctuations. Puisqu'elle permet avant tout de faire fonctionner des installations de faible taille, la biomasse peut aussi apporter une contribution importante à la décentralisation de l'approvisionnement et permettre un ajustement local ou régional du mix entre les diverses sources d'énergie. Les centrales de cogénération en sont un bon exemple : elles produisent à la fois de l'énergie et de la chaleur, ont un degré élevé d'efficacité énergétique, et sont surtout bien adaptées pour produire de l'électricité ou de la chaleur en petites quantités.

Malgré ces potentiels, il serait problématique de développer davantage le recours à la biomasse : d'une part, parce que son utilisation génère des coûts élevés, et d'autre part parce que les surfaces qui lui sont consacrées en font une concurrente de la production alimentaire. Dans une Europe bien approvisionnée, cette concurrence ne pose pas de problème majeur. En revanche, dans les pays du tiers monde, l'approvisionnement alimentaire pâtirait si de grandes superficies - souvent porteuses en outre d'une grande biodiversité - étaient consacrées à la culture de plantes énergétiques. Cette évolution s'est aussi produite sous une forme dérivée en Europe. Comme le maïs est particulièrement adapté à la production de biomasse, on a vu se développer des monocultures sur de grandes superficies, qui nécessitent de grandes quantités d'engrais et de pesticides, polluent les sols et les eaux de ruissellement et menacent la biodiversité. Les aides à la production de biomasse ont donc diminué, tandis que l'on cherchait en parallèle de nouveaux moyens d'éviter

Figure 4
Total de l'énergie produite à partir de sources d'énergie renouvelables en 2013



ces inconvénients. Cela passe notamment par les efforts déployés pour se concentrer sur les déchets, limiter la culture de plantes énergétiques, en s'attachant à y respecter des critères d'environnement ; cela passe aussi par l'emploi d'algues et d'autres plantes ou de bactéries qui ne sont pas concurrentes de la production alimentaire.

A long terme, il peut y avoir là un potentiel considérable. Mais pour le moment, il faut trouver des moyens supplémentaires de compenser les fluctuations, notamment grâce à des réseaux de transport d'électricité performants, qui revêtent donc une importance capitale. Ils doivent en effet relier entre elles les zones produisant soit beaucoup, soit peu d'électricité grâce au soleil, au vent et à l'énergie hydraulique, et permettre ainsi l'équilibrage nécessaire entre les productions respectives de ces zones.

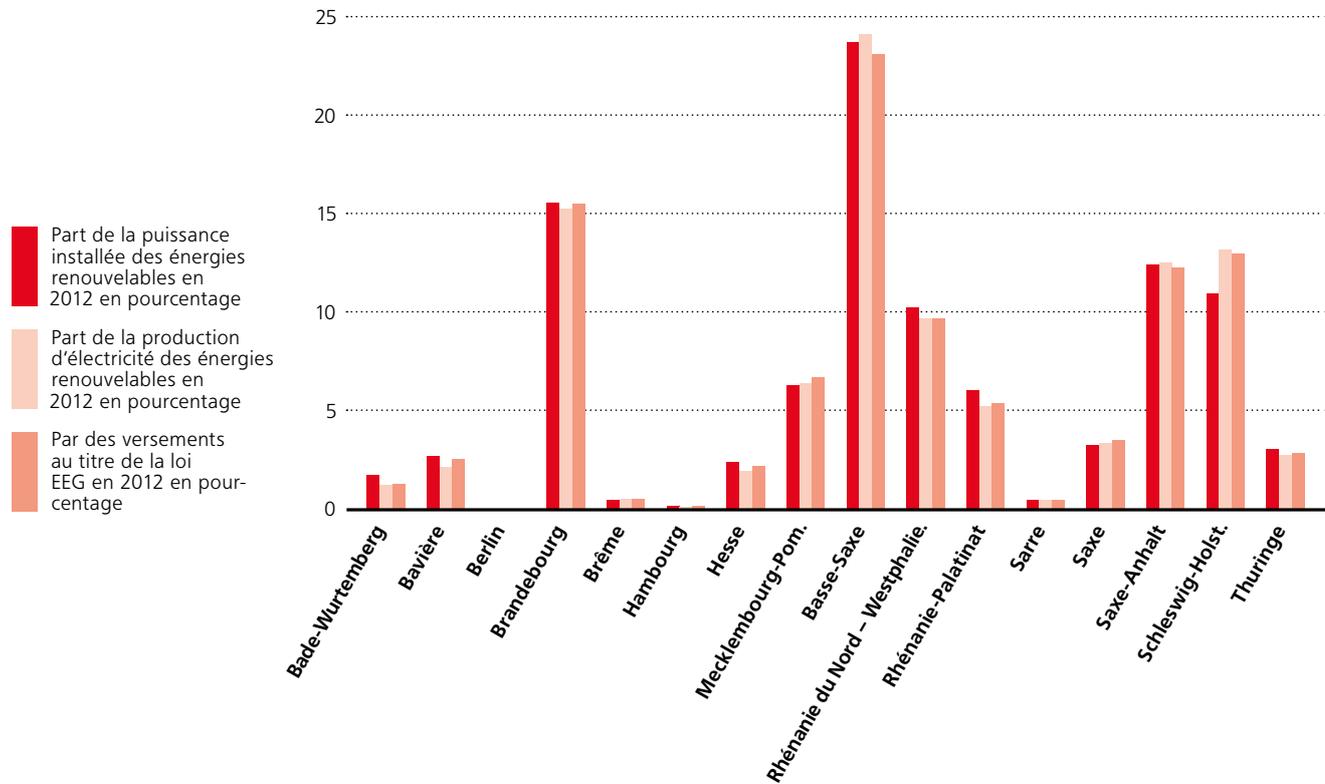
Les réseaux

En matière d'approvisionnement en électricité, il faut distinguer trois types de centrales chargées de gérer la charge de base, la charge moyenne et la charge de pointe. Pour la charge de base, c'est à dire pour le besoin existant de façon pratiquement continue, on utilise les centrales nucléaires et les centrales thermiques au lignite, qui, du point de vue de l'économie de fonctionnement, produisent l'électricité à coût particulièrement bas. Toutefois, leur puissance ne peut s'adapter que très lentement aux fluctuations des besoins, mais là n'est pas leur mission. Pour cela, on s'ap-

puie sur les centrales de charge moyenne qui fonctionnent surtout aux périodes dont on sait qu'elles vont correspondre à un besoin élevé d'électricité. Elles peuvent réagir plus rapidement à la demande, et utilisent la houille, le gaz, la vapeur et l'énergie hydraulique. Pour les courtes périodes de besoins particulièrement élevés (charge de pointe), on dispose enfin des centrales thermiques au gaz, capables de réagir très rapidement à l'évolution de la demande, mais qui génèrent également des coûts supérieurs. Ces centrales sont reliées par des réseaux, mais ceux-ci peuvent être relativement limités dans la mesure où les centrales classiques utilisent l'énergie stockée dans le charbon, le pétrole ou le gaz. Pour exprimer les choses simplement, les énergies fossiles se comportent comme des batteries qui ont été chargées pendant des millions d'années et qui vont être consommées en très peu de temps. Comme en outre, ces combustibles sont faciles à transporter, on peut installer les centrales thermiques partout où existe un besoin. Là-aussi, l'offre et la demande peuvent diverger, certaines centrales peuvent s'arrêter et des situations d'urgence peuvent se produire. Mais les grandes fluctuations constituent une exception, et sont assez faciles à maîtriser, puisqu'on dispose à proximité de suffisamment d'autres centrales capables de prendre le relais.

Avec les énergies renouvelables, c'est plus compliqué. On ne peut pas simplement installer les centrales là où se trouve le besoin d'énergie ; il faut au contraire leur trouver des emplacements offrant suffisamment d'ensoleillement ou de

Figure 5
Energie éolienne terrestre : répartition régionale des capacités, de la production électrique et de la rémunération en 2012
 Part en pourcentage



Source : BDEW - Fédération allemande des entreprises des secteurs de l'énergie et de l'eau 2014: 80

vent. En d'autres termes : avec les énergies renouvelables, la production et la consommation ne se font pas au même endroit. Vu le rôle prépondérant de l'énergie éolienne, les installations sont surtout développées dans le Nord et dans l'Est de l'Allemagne, tandis que les centres industriels se situent dans l'Ouest et le Sud, dans des régions vers lesquelles il faut donc acheminer l'électricité produite (cf. figure 5).

En principe, on pourrait imaginer d'implanter les entreprises énergivores – comme c'était le cas avant l'ère industrielle – là où les énergies renouvelables peuvent être produites en abondance et avec un niveau élevé de fiabilité. Les conditions y sont particulièrement favorables dans le Nord de l'Allemagne, où les vents sont forts, et les régions structurellement faibles du Nord se féliciteraient d'une telle évolution. Mais elle se ferait au détriment des Länder du Sud et poserait des problèmes considérables. C'est pourquoi l'idée de délocaliser les activités consommatrices dans le Nord du pays ne joue tout au plus qu'un rôle théorique dans les réflexions. S'il est un consensus dans la transition énergétique, c'est qu'il faut livrer l'électricité là où existent les besoins et il faut la livrer à des prix similaires en tous points du pays. La conséquence logique évidente qui en découle, c'est qu'il faut des réseaux de transport performants pour acheminer cette électricité.

Cette performance requiert des lignes très longues et des pylônes en grandes quantités, mais elle passe aussi par d'autres approches, parmi lesquelles on trouve les systèmes d'information intelligents (les réseaux intelligents ou „Smart

Grids”), qui ne prennent pas seulement en compte l'offre et la demande d'électricité et sa répartition. Ils doivent aussi orienter la consommation, afin, par exemple, de mener les activités plus énergivores lorsque l'électricité est disponible en abondance (gestion de la charge en fonction de la demande). Il peut notamment s'agir de faire tourner les lave-linge et les lave-vaisselle pendant la nuit ou le week-end ; de bien isoler les entrepôts frigorifiques pour qu'ils puissent se passer de courant pendant certaines périodes, mais aussi de régler les pics de production des fonderies d'aluminium, extrêmement gourmandes en énergie, en fonction des moments où elle est disponible en abondance.

Au fond, il s'agit d'assouplir un pilier fondamental du système énergétique actuel. Celui-ci met l'accent sur la nécessité de fournir l'énergie partout où l'on en a besoin. Sans totalement changer cette approche, on pourrait faire en plus des efforts pour adapter la demande à l'offre. De tels efforts rappellent le monde préindustriel, dans lequel de telles adaptations étaient indispensables, et se faisaient, qu'on le veuille ou non. Aujourd'hui, au contraire, nous disposons de systèmes performants qui offrent de multiples possibilités de compensations et d'équilibrage et permettent de réduire le besoin en période de pointe d'autant mieux que l'on parvient à adapter la demande. En la matière, il n'existe pas de limite à l'imagination, mais en revanche, il faut surmonter des difficultés, notamment en ce qui concerne la protection des données à caractère personnel. En effet, pour piloter la consommation, on peut être amené à recueillir d'énormes quan-

tités de données, ce qui comporte un risque d'empiètement sur la vie privée des personnes.

Une autre possibilité consiste à parvenir à une plus grande autonomie d'approvisionnement à l'échelle régionale, locale, ou à l'échelle des ménages. Les panneaux solaires, les éoliennes ou les chaudières combinées existent dans les tailles les plus variées, et permettent aussi de produire de petites quantités d'énergie – par exemple pour couvrir sa propre consommation privée. On aborde là l'une des caractéristiques centrales de la transition énergétique : la décentralisation de la production d'énergie. Si traditionnellement la production se faisait dans de grandes centrales thermiques, celles-ci sont de plus en plus remplacées par de petites unités, qui parfois n'alimentent qu'un seul foyer. À côté de cela, on peut aussi réunir ces petites unités en grandes quantités, en déployant par exemple des panneaux solaires sur de grandes superficies, ou en érigeant de gigantesques parcs éoliens en mer. Toutefois, même ces parcs n'atteignent pas la taille des centrales conventionnelles. La production décentralisée d'énergie va donc se développer, et elle impose de combiner entre elles différentes énergies renouvelables, pour parvenir à une plus grande sécurité d'approvisionnement. Cela inclut les pompes à chaleur, les procédés de cogénération (énergie et chaleur), les installations de biogaz, les batteries de stockage, qui ont une grande efficacité énergétique en modules de petite et moyenne taille, et facilitent la décentralisation de l'approvisionnement.

Jusqu'à présent, on n'exploite que partiellement ces potentiels qui se prêtent surtout à des unités petites et moyennes. En revanche, dans les grandes villes et partout où l'industrie et d'autres gros consommateurs ont besoin de quantités considérables d'énergie, on continuera d'avoir besoin de grands réseaux pour pouvoir compenser les inévitables fluctuations de puissance. Cela vaut également pour la production décentralisée. Même si ces systèmes très sophistiqués de production et de stockage d'énergie s'imposent, on risquera toujours de connaître par phase des goulets d'étranglement, d'autant plus que les moyens techniques vont être pendant longtemps d'une efficacité limitée et entraîner des coûts importants. Dans la plupart des cas, il n'est donc guère judicieux d'opposer l'approvisionnement décentralisé et les réseaux nationaux voire européens. Ils doivent plutôt se compléter, étant entendu que la définition de leurs parts respectives peut être une source de conflits. Mais un approvisionnement décentralisé indépendant des fluctuations naturelles et capable de livrer l'énergie nécessaire en toute fiabilité, de s'affranchir des grands réseaux interconnectés, cela restera pour le moment une exception rare et coûteuse.

La nécessité de ces interconnexions fait donc consensus, ne serait-ce que parce que les éoliennes ayant le meilleur rendement se situent essentiellement dans le Nord de l'Allemagne, tandis que dominant dans le Sud des panneaux photovoltaïques dont la production électrique est moins fiable. C'est en outre aussi la région où se concentrent les centrales nucléaires qui sont autorisées à fonctionner jusqu'en 2022. Puisque par ailleurs, les Länder du Sud accueillent aussi des industries performantes très consommatrices d'énergie, c'est vers ces régions que l'électricité doit être acheminée. Mais en quelle quantité ? Comment doivent être dimensionnés les réseaux, et surtout les pylônes des lignes à haute-tension,

et où faut-il implanter ces lignes ? Selon l'agence fédérale des réseaux, il va falloir construire dans les prochaines années quelques 2.800 kilomètres de nouvelles lignes à haute-tension, et renouveler 2.900 kilomètres de lignes existantes. Il faut en plus construire entre 135.000 et 193.000 kilomètres de réseaux de distribution et modifier entre 21.000 et 25.000 kilomètres de lignes des réseaux existants (Agence allemande de l'énergie 2012 : 7).

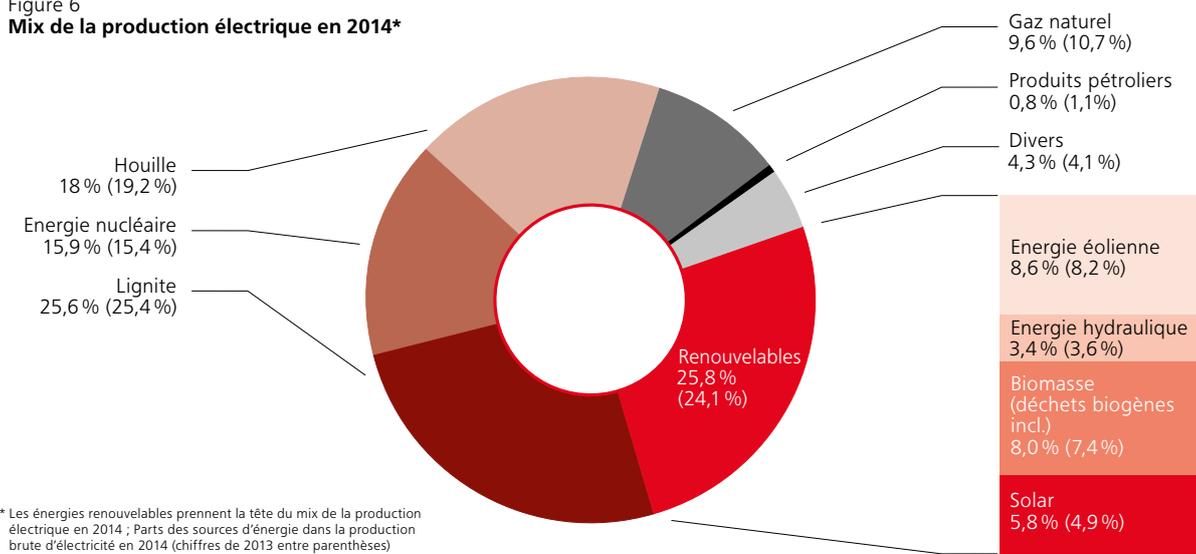
Ces chiffres suscitent des controverses et déclenchent des protestations de grande ampleur. Celles-ci ne reposent pas uniquement sur la réticence de chacun à l'implantation d'un pylône électrique devant sa maison, mais aussi, sur la difficulté qu'il y a à évaluer précisément le besoin effectif. Il sera moindre et nécessitera moins de lignes nouvelles si la production décentralisée prend davantage d'ampleur et si l'on parvient à utiliser plus efficacement l'énergie, et donc, à en avoir besoin en moindre quantité. Reste enfin la question du rôle que sont appelés à jouer à long terme les énergies fossiles, et en particulier le gaz.

Les énergies fossiles

Jusqu'ici, la transition énergétique a surtout entraîné des changements dans la production d'électricité, puisque les énergies renouvelables fournissent (en 2014) un quart de l'électricité consommée (cf. figure 6). Mais cela signifie également que les combustibles fossiles continuent de fournir l'essentiel de la production d'énergie. Pour la production électrique, elles représentent presque 55 % de la production, et cette part doit diminuer dans les prochaines années, avec le développement des réseaux, l'amélioration de la gestion des ajustements entre l'offre et la demande, et la progression globale de la part des énergies renouvelables. Mais même si cette part atteint d'ici 2050 l'objectif espéré de 80 %, il restera un manque à produire, plus faible lorsque les conditions météorologiques seront favorables, et nettement plus important lorsqu'elles seront défavorables. Les centrales conventionnelles continueront donc d'être nécessaires, pour répondre au besoin de base, et surtout comme capacités de réserve.

Les centrales classiques devraient à l'avenir surtout fonctionner au gaz, qui dégage moins de polluants que les autres combustibles fossiles, mais qui engendre en revanche des coûts plus élevés. C'est ce qui explique son recul actuel dans le mix, et même des centrales très efficaces et très propres, comme la centrale au gaz d'Irsching, doivent être fermées pour des raisons de coûts ; ainsi, on en arrive à couvrir les besoins de base avec des centrales thermiques à la houille, et plus encore au lignite. Elles devraient continuer de jouer un rôle important pendant encore longtemps, notamment pour compenser l'arrêt des centrales nucléaires dans les prochaines années dans le Sud de l'Allemagne. Si on construit donc les nouvelles lignes haute-tension, elles transporteront dans un premier temps non seulement l'électricité d'origine éolienne, mais aussi celle produite par les centrales au lignite. Les combustibles fossiles vont conserver durablement un rôle encore plus grand dans les transports et la production de chaleur. Il est difficile de trouver un carburant de substitution à l'essence et de remplacer le pétrole ou le gaz pour le chauffage. Le gouvernement fédéral finance de nombreux projets de recherche qui étudient les possibilités de trans-

Figure 6
Mix de la production électrique en 2014*



former l'électricité en chaleur ou en gaz pour remplacer les énergies fossiles. Les pouvoirs publics placent de grands espoirs dans la voiture électrique, dans laquelle l'électricité se substitue à l'essence, et souhaitent parvenir à une meilleure isolation thermique des bâtiments. Dans un cas comme dans l'autre, ces évolutions entraînent toutefois des coûts considérables, et cela explique le peu de progrès enregistré dans ces recherches. Nous en venons ainsi à la question des coûts qui n'a pas encore été traitée jusqu'à présent. Dans ce chapitre, nous avons présenté les solutions possibles, ce qui est déjà techniquement faisable et les technologies dont on disposera prochainement. En revanche, nous avons laissé de côté la question des coûts – comme le fait l'étude de l'Office fédéral de l'Environnement qui indique qu'il serait même possible de produire 100 % de l'électricité à partir d'énergies renouvelables d'ici 2050 (Umweltbundesamt 2010). Cette omission se comprend lorsqu'il s'agit de montrer la variété des solutions envisageables et de souligner que leur mise en œuvre est en principe possible. Cette mise en œuvre dans les faits ne dépend que partiellement des possibilités théoriques. L'autre élément au moins aussi important, ce sont les coûts qu'engendrent ces solutions, comme en témoignent les vifs débats déclenchés par la hausse du prix de l'électricité au cours des dernières années.

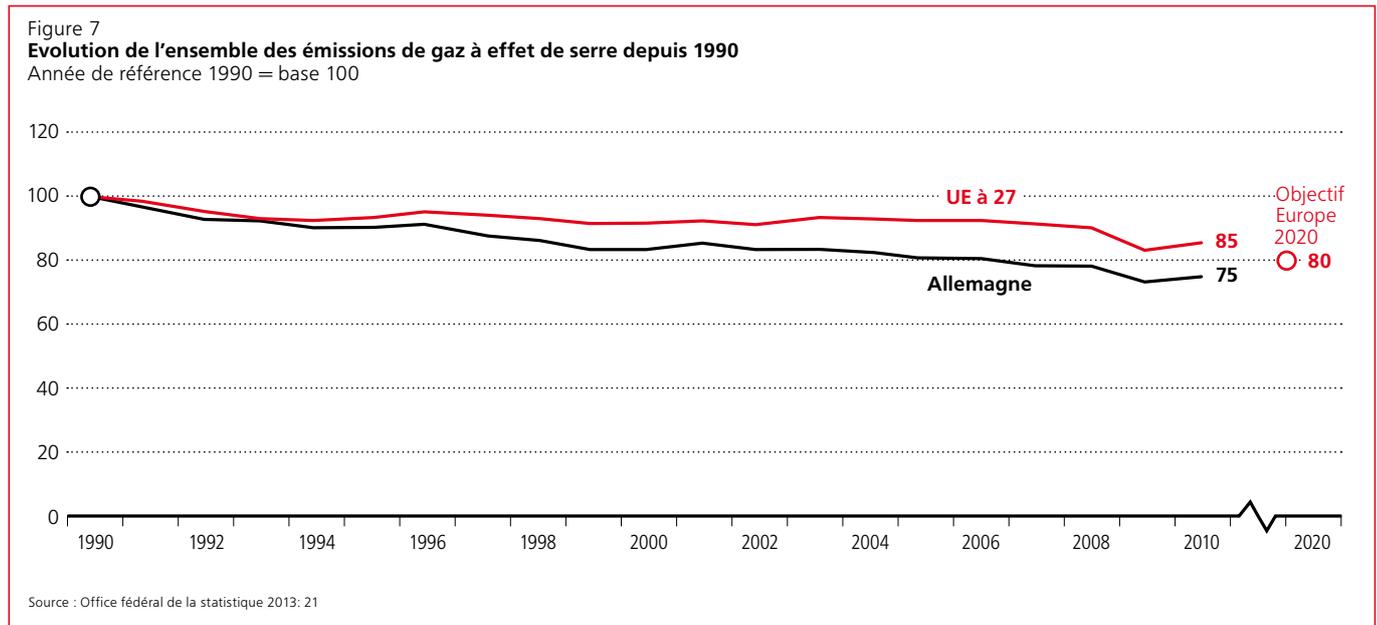
3.5 L'EUROPE

La transition énergétique requiert une coopération à l'échelle européenne, ne serait-ce que parce qu'en matière de lutte contre le changement climatique, il ne sert pas à grand-chose qu'un seul pays consomme moins d'énergie, diminue ses émissions de gaz à effet de serre ou développe les énergies renouvelables. Les autres pays européens doivent aussi poursuivre ces mêmes objectifs si l'on veut vraiment changer la donne. En outre, l'interconnexion des réseaux européens facilite les rééquilibres des fluctuations inévitables de la production d'origine renouvelable et permet

davantage d'assurer la sécurité d'approvisionnement. Et enfin, la coopération est aussi nécessaire pour parvenir à un partage équitable des coûts de cette transition. Si seuls quelques Etats prennent les devants et infligent à leurs industries et à leurs consommateurs un renchérissement de l'énergie, cela suscitera à plus ou moins longue échéance des conflits considérables.

C'est dans cet esprit que dès 1997, les 15 Etats membres que comptait alors l'Union européenne ont décidé de réduire d'ici 2012 leurs émissions de gaz à effet de serre de 8 % par rapport au niveau de 1990. En 2009, l'Union européenne, qui s'était entretemps élargie, adoptait le paquet changement climatique 20/20/20. Il prévoit que d'ici 2020, l'Europe doit réduire ses émissions polluantes (cf. figure 7) et sa consommation totale d'énergie de 20 %, et augmenter d'autant la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique. Et maintenant (en 2015), la Commission européenne a proposé une Union de l'énergie dont les objectifs sont encore plus ambitieux. Elle doit notamment permettre de réduire considérablement la dépendance de l'Europe vis-à-vis des combustibles fossiles, d'améliorer la sécurité d'approvisionnement, d'encourager une croissance économique „verte” et bénéficier à la lutte contre le changement climatique. Pour cela, la Commission souhaite parvenir à une plus grande efficacité énergétique, augmenter la part des énergies renouvelables, et réduire les émissions de CO₂ d'au moins 40 % d'ici 2030 (Commission européenne 2015).

Pour atteindre ces objectifs, il faut prendre tout un ensemble de mesures, notamment des dispositions légales efficaces, moderniser le marché européen de l'énergie, établir une plus grande transparence des prix et des coûts, construire les infrastructures nécessaires, accroître l'efficacité énergétique des bâtiments et réduire la consommation de combustibles fossiles dans les transports. Ainsi, l'Europe pourra non seulement améliorer la situation à l'intérieur de ses frontières, mais aussi assumer un rôle de pionnier à l'échelle mondiale en matière de politique énergétique et de lutte contre le réchauffement. Donner l'exemple, c'est déjà ce que faisaient



les résolutions de 1997 et le paquet climat de 2008, et c'est aussi justifié parce que l'Europe est beaucoup plus avancée en matière d'industrialisation, consomme davantage d'énergies fossiles et émet plus d'émissions que des pays plus pauvres.

Toutefois, en Europe aussi, il existe des pays relativement pauvres. C'est pourquoi la Bulgarie, la Roumanie, et d'autres pays en retard au plan économique ont été autorisés, dans le cadre du paquet climat, à accroître leurs émissions dans les prochaines années, afin de parvenir à la croissance économique dont ils ont absolument besoin. En contrepartie, des pays comme l'Allemagne, le Danemark et la Grande-Bretagne s'engagent sur des objectifs particulièrement ambitieux, pour garantir que l'Europe dans son ensemble parvienne à la situation souhaitée. Il existe donc déjà une démarche commune en matière d'énergie et de lutte contre le changement climatique, et l'Union de l'énergie est destinée à amplifier ce mouvement. Elle doit ce-faisant s'attendre à rencontrer des obstacles sur son parcours. Parce qu'à côté de toutes les intentions communes, il existe aussi entre les Européens des différences considérables et des conflits d'intérêt (Zachmann 2015).

Le principal conflit réside vraisemblablement dans le fait qu'individuellement et malgré les déclarations de principe, les pays restent accrochés à leur politique énergétique nationale. Cela peut ressembler à une forme d'égoïsme superflu, mais cela s'explique en réalité par les situations très diverses des différents pays. Ainsi, en Pologne la production d'électricité repose à plus de 80 % sur le charbon dont l'exploitation assure en outre un grand nombre d'emplois. En France, au contraire, c'est la part du nucléaire qui est particulièrement élevée et que les Français justifient par le fait que cette production électrique ne dégage pratiquement pas de CO₂. Les mêmes arguments sont utilisés en Grande-Bretagne pour justifier la construction d'une nouvelle centrale nucléaire que le gouvernement de Londres subventionne avec l'accord de la Commission européenne. Selon la presse, les avis sur cette subvention étaient partagés au sein de la Commission, et l'Autriche a annoncé une action en justice. Celle-ci aboutira peut-être, mais elle ne changera pas grand-chose au fait

que des différences importantes vont subsister pendant encore longtemps entre les Etats membres de l'UE quant à la politique énergétique (Kurier 2015).

On pourrait multiplier les exemples. Ainsi, la Commission souhaite entreprendre des achats groupés de gaz, ce dont la Pologne se félicite, pour parvenir à une plus grande indépendance à l'égard des livraisons russes. Le gouvernement allemand et la plupart des autres pays européens préféreraient quant à eux continuer d'agir de façon autonome sur ce point, et utiliser les relations mises en place souvent depuis des décennies avec leurs fournisseurs. Le développement des énergies renouvelables est lui-aussi parsemé d'embûches. S'il s'agit uniquement de lutter contre le changement climatique, ces énergies devraient être produites là où elles engendrent les moindres coûts, afin d'éviter des dépenses inutiles. Par conséquent, la loi allemande sur les énergies renouvelables devrait aussi s'appliquer à l'électricité d'origine solaire du Sud de l'Europe et à l'électricité éolienne du Nord de l'Europe. Mais les consommateurs (et les politiques) allemands ne sont sans doute pas massivement prêts à payer pour cela des prix plus élevés, d'autant plus que la promotion des énergies renouvelables n'est pas seulement un enjeu climatique ; elle relève aussi d'un soutien à l'industrie, d'une politique de développement structurel et de la création d'emplois dans les régions les moins favorisées.

Un autre exemple montre également à quel point les aspects nationaux et européens peuvent entrer en conflit : en Allemagne, les entreprises énergivores sont largement, et parfois même, totalement exonérées de la redevance pour le financement des énergies renouvelables. La Commission européenne y a vu une infraction au droit de la concurrence, puisque cette disposition revient à favoriser les entreprises exonérées. L'affaire a donné lieu à des débats animés qui ont finalement débouché sur un compromis. Il fixe des critères plus stricts pour les entreprises qui continuent de bénéficier d'une exonération, mais n'en remet pas en cause le principe. D'un point de vue purement écologique, ce compromis peut sembler décevant. Mais dans ce cas aussi, il serait difficile

d'expliquer que l'Allemagne consacre des sommes importantes à la transition énergétique, mais que parallèlement, ses entreprises perdent leur compétitivité sur la scène internationale parce qu'elles ont à subir des coûts plus élevés que leurs concurrents étrangers.

On ne sait pas encore dans quelle mesure les objectifs ambitieux de l'Union de l'énergie seront atteints ni quelles seront ses prérogatives. Néanmoins, des points communs existent déjà entre les Européens. C'est notamment le cas de l'interconnexion des réseaux électriques européens qui contribue déjà depuis longtemps à compenser les fluctuations de l'offre et à surmonter les goulets d'étranglement de la demande. Avec le développement des énergies renouvelables, ces mécanismes de rééquilibrage vont devenir encore plus importants, et l'un des objectifs importants de l'Union de l'énergie, c'est de parvenir à intégrer d'ici 2020 au moins 10 % des „capacités de production existantes des pays membres dans les interconnexions „ (Commission européenne 2015 : 9). D'ici 2030, on s'oriente même vers un objectif de 15 %, qui faciliterait beaucoup l'utilisation en réserve de l'électricité des centrales hydrauliques des Alpes ou du Nord de l'Europe, ou la fourniture sur l'ensemble du continent d'électricité d'origine photovoltaïque produite dans le Sud de l'Europe.

Les conditions sont réunies pour que ce projet fonctionne, parce que les systèmes d'interconnexion existent et fonctionnent déjà, et le plus grand de ces systèmes intègre les pays d'Europe continentale, de l'Espagne à l'Ouest jusqu'à la Hongrie à l'Est, la Grèce au Sud et le Danemark au Nord. A cela s'ajoutent des systèmes propres au Royaume-Uni, à l'Irlande, aux pays baltes et aux pays scandinaves. La jonction de ces réseaux va se renforcer au cours des prochaines années. La Commission européenne évalue à 200 milliards d'euros par an les sommes nécessaires pour cela et pour le développement général des réseaux européens d'électricité. Des investisseurs privés sont prêts à faire ces investissements qui promettent un rendement sûr. En outre, la Commission européenne souhaite soutenir ces développements grâce à ses fonds structurels et d'investissement, de sorte que l'interconnexion souhaitée à l'échelle de l'Europe apparaît comme un objectif réaliste qui facilite la transition énergétique.

3.6 LA GESTION ÉCONOMIQUE

Au début de la transition énergétique, il y avait une promesse. Comme le disait Franz Alt en 1994, „le soleil ne nous envoie pas de facture“. Aujourd'hui encore, on entend régulièrement cet argument, selon lequel les énergies solaire et éolienne seraient disponibles gratuitement.

Au sens strict, cette affirmation est même exacte parce que le soleil et le vent n'envoient pas eux-mêmes de facture. Mais si l'on essaie de produire de l'énergie grâce à eux, de la transporter, de l'utiliser ou de la stocker, cela génère des coûts plus ou moins importants.

Pour l'énergie hydraulique ou l'incinération du bois ou des déchets, les coûts sont relativement faibles, ce qui fait que ces énergies renouvelables sont économiquement compétitives, qu'on les utilise depuis des décennies, et qu'elles ne recevront plus ou plus beaucoup de soutien financier. Pour la

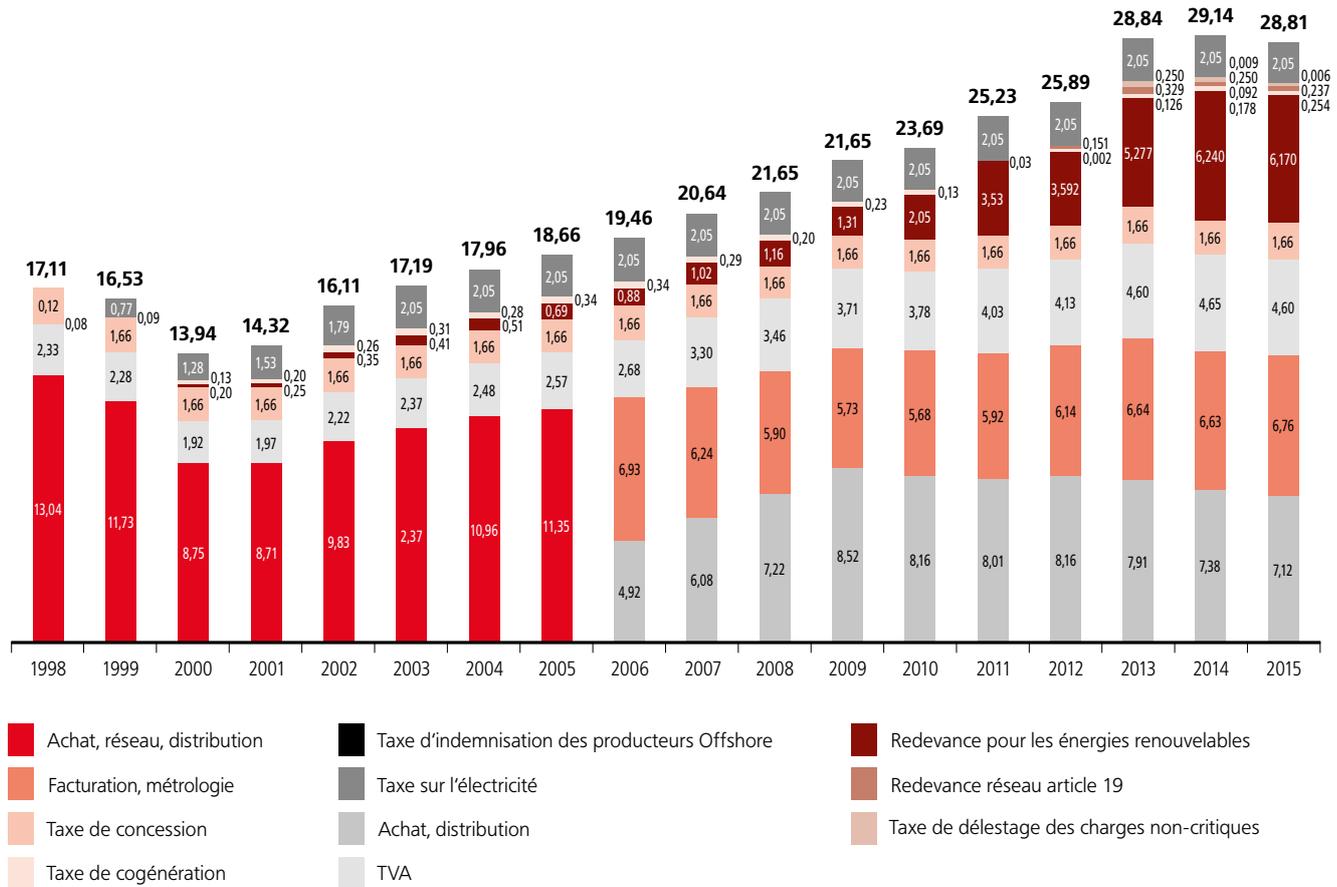
plupart des autres sources d'énergie renouvelables en revanche, la situation est différente. Depuis le début de la transition énergétique, il était évident que, au moins pendant un certain temps, elles coûteraient plus cher que la production „classique“ d'électricité. C'est pourquoi la loi sur les énergies renouvelables leur a garanti des prix de rachat fixes, qui étaient et sont encore supérieurs au prix du marché, et qui s'appliquent pour une période de 20 ans. La loi a également mis en place, également pour une durée de 20 ans, une garantie de rachat, grâce à laquelle il devenait rentable d'investir dans les énergies renouvelables ; elles ont ainsi connu un essor bien supérieur à ce qui avait été anticipé.

On n'avait pas non plus anticipé la hausse des coûts ; au moment de l'adoption de la loi, en l'an 2000, ils nécessitaient des subventions de l'ordre d'un milliard d'euros. Elles ont ensuite augmenté, et s'élèvent désormais à presque 24 milliards, ce qui représente une charge annuelle d'environ 270 euros pour un ménage de trois personnes, non seulement du fait de la redevance de financement des énergies renouvelables, mais aussi d'autres taxes complémentaires en faveur des énergies renouvelables (BDEW 2014a : 6). Cette charge financière est également la conséquence de la loi EEG, qui a mis en place un système de contributions sur la consommation d'électricité pour financer ces coûts supplémentaires (cf. figure 8). Certains affirment donc qu'il ne s'agit pas de subventions puisque l'Etat ne dépense pas un centime dans cette affaire. C'est techniquement exact, mais l'argumentation est un peu fallacieuse, et elle vire à l'absurde quand elle en vient à dénoncer une tromperie des pouvoirs publics. Selon Claudia Kemfert, l'Etat se soustrait à sa responsabilité puisqu'il se décharge sur le consommateur d'électricité de taxes financées auparavant sur le trésor public (Kemfert 2013 : 77). Mais l'Etat ne finance pas ses budgets avec des billets gagnants du loto, et il ne peut dépenser que l'argent qu'il reçoit des citoyens sous la forme d'impôts ou par d'autres biais. Qu'un financement se fonde donc sur l'impôt, sur une redevance sur la consommation d'électricité, ou sur la vente de quotas d'émission, cela ne fait pas une grande différence. Au bout du compte, il n'y a pas d'autre moyen pour financer des dépenses que de faire supporter les coûts du projet aux contribuables et/ou aux consommateurs.

Il est également exact que le charbon et l'énergie nucléaire ont aussi bénéficié et bénéficient encore aujourd'hui de subventions considérables. Mais dans le cas du charbon destiné à la production électrique, il était disponible sur les marchés mondiaux à des prix compétitifs, et les subventions servaient (et servent encore, jusqu'en 2018) à assurer l'exploitation des gisements et les emplois en Allemagne. Pour l'énergie nucléaire en revanche, évoquer les subventions est une arme à double tranchant et une mise en garde contre leur utilisation. En effet, dans le cas du nucléaire, ce sont les financements publics qui ont permis des développements qui ne seraient pas réalisés sans ces aides de l'Etat, et dont nous payons aujourd'hui à grands frais les pots cassés (FÖS 2010b).

Mais quelque soit le poids et la portée politique de ces arguments, il est en tout cas difficile d'indiquer avec exactitude les coûts de la transition énergétique, et surtout d'en tirer des conclusions. Parce qu'il serait trop simple de définir les coûts simplement comme les prix de l'électricité, du chauffage ou de l'essence. Les coûts externes, c'est à dire les

Figure 8
Evolution des prix de l'électricité pour les particuliers entre 1998 et 2015



Source : BDEW - Fédération allemande des entreprises des secteurs de l'énergie et de l'eau 2015: 48

conséquences sur l'environnement et le climat, sont ici au moins aussi importants, et ils sont très différents selon que l'on s'appuie sur les ressources fossiles ou sur les énergies renouvelables.

3.6.1 LES COÛTS EXTERNES

De leur extraction jusqu'à leur utilisation, les ressources fossiles dégagent non seulement du CO₂, mais aussi beaucoup d'autres substances nocives. Ces substances sont à l'origine des maladies les plus diverses, polluent énormément l'environnement, et engendrent des coûts considérables que l'on qualifie de coûts „externes“, parce qu'ils ne pèsent pas sur les producteurs, mais sont au contraire externalisés, et doivent être supportés par d'autres. C'est ainsi qu'ils n'apparaissent pas dans les prix de l'essence, du charbon ou de l'électricité, et doivent faire l'objet de calculs distincts. Une étude de l'Office fédéral de l'Environnement (Umweltbundesamt - UBA) chiffre „les coûts externes de la production d'électricité à partir de la houille et du lignite entre 6 et 8 centimes“ par kilowattheure. Le lignite et la houille causent le plus de dommages, avec des coûts externes estimés respectivement à 8,7 et 6,8 centimes par kilowattheure, tandis que pour le gaz naturel, relativement plus propre, ces coûts externes sont de 3,9 centimes selon cette étude, c'est à dire bien moindres (UBA 2007 : 76, 82).

Les énergies renouvelables génèrent elles-aussi des coûts externes, lors de la production, du transport, de la mise en place des installations ou de l'élimination en fin de vie des panneaux solaires et des matériaux isolants. Mais ces coûts sont nettement inférieurs à ceux générés par les énergies fossiles, et en particulier, leur part de responsabilité dans le réchauffement mondial est très faible. L'étude de l'UBA indique un chiffre de moins d'un centime par kilowattheure. Pour réellement mesurer complètement les coûts réels de la production et de la consommation d'électricité, il faudrait intégrer ses effets externes dans son prix ; sur une telle base, les énergies renouvelables seraient plus compétitives et auraient besoin de moins de subventions. Toutefois, les centrales nucléaires ont elles-aussi un bilan carbone relativement bon, et c'est la raison pour laquelle certains écologistes les défendent. Par ailleurs, elles produisent une électricité particulièrement bon marché. Mais ce n'est vrai que dans le cadre d'un calcul comptable en exploitation. En réalité, les centrales nucléaires engendrent des coûts externes particulièrement élevés, comme en témoignent les débats actuels sur les coûts très élevés des centres de stockage des déchets radioactifs, du démantèlement des centrales en fin de vie, et des éventuels accidents (FÖS 2010b).

La référence aux coûts externes est importante, et il faudrait en tenir compte pour parvenir à une estimation fiable

des coûts réels. Mais en pratique, cela paraît difficile, malgré les études dont on dispose. En effet, ces études doivent s'en remettre à des estimations, et il va de soi que la probabilité et le montant des dommages causés font l'objet d'évaluations et d'analyse très éloignées les unes des autres. A cela s'ajoute un autre problème, pas nécessairement moins important : il faut trouver un consensus au plan international pour la prise en compte de ces coûts externes dans la détermination des prix de l'énergie. Certains pays peuvent jouer un rôle de pionnier en la matière. Mais dans ce cas, les prix de l'énergie seraient plus élevés dans ces pays, et cela pèserait sur les consommateurs privés et sur les entreprises. Il est donc nécessaire de parvenir à une réglementation européenne qui existe déjà sous la forme des quotas d'émission. Leur principe est extrêmement simple. Quiconque émet du CO₂, doit pour cela acheter des droits d'émission. Leur prix doit augmenter progressivement, de sorte que les énergies „polluantes“ deviennent de plus en plus chères, et ne parviennent plus à s'imposer sur le marché.

C'est en tout cas l'intention, mais le principe n'a pas fonctionné jusqu'ici. Les prix n'ont pas augmenté, ils sont même tombés à un niveau tellement bas que les quotas ne jouent pratiquement aucun rôle (cf. figure 9). Cela tient avant tout à la crise économique mondiale qui a débuté en 2008 et qui a conduit à un recul de la production industrielle. Ce recul a entraîné une diminution des émissions et le prix des quotas a ainsi chuté au point d'atteindre (en 2013) un niveau tellement bas, de cinq euros la tonne de dioxyde de carbone, qu'il n'a plus aucun pouvoir d'incitation. L'autre élément qui a nui à l'efficacité du dispositif, c'est qu'à sa mise en place, on a distribué généreusement des quotas gratuits à l'industrie pour ne pas l'handicaper. Pour aboutir enfin à ce que le système produise les effets escomptés, il faudrait arriver au moins à un prix de 60 euros par tonne de CO₂. Mais c'est plus facile à dire qu'à faire, parce que ce sont les politiques qui doivent relever ces prix, et ils subissent une pression considérable des entreprises et des nombreux électeurs qui craignent les unes pour leurs ventes et les autres pour leurs emplois. Il est donc plus probable que le prix des quotas n'augmente que très progressivement, ce qui signifie que les coûts externes ou les dommages environnementaux continueront à ne jouer aucun rôle majeur dans la définition des prix de l'électricité pendant encore longtemps.

C'est un handicap pour la transition énergétique, parce que les efforts déployés pour ménager l'environnement génèrent des dépenses supplémentaires qui – à la différence des coûts externes – impactent directement le prix de l'électricité à la hausse. C'était une conséquence déjà connue au moment de l'adoption de la loi EEG mais on parlait de l'hypothèse que ces coûts supplémentaires allaient diminuer progressivement, jusqu'à devenir dérisoires.

3.6.2 REDEVANCE POUR L'ÉLECTRICITÉ D'ORIGINE RENOUVELABLE ET PRIX DE MARCHÉ

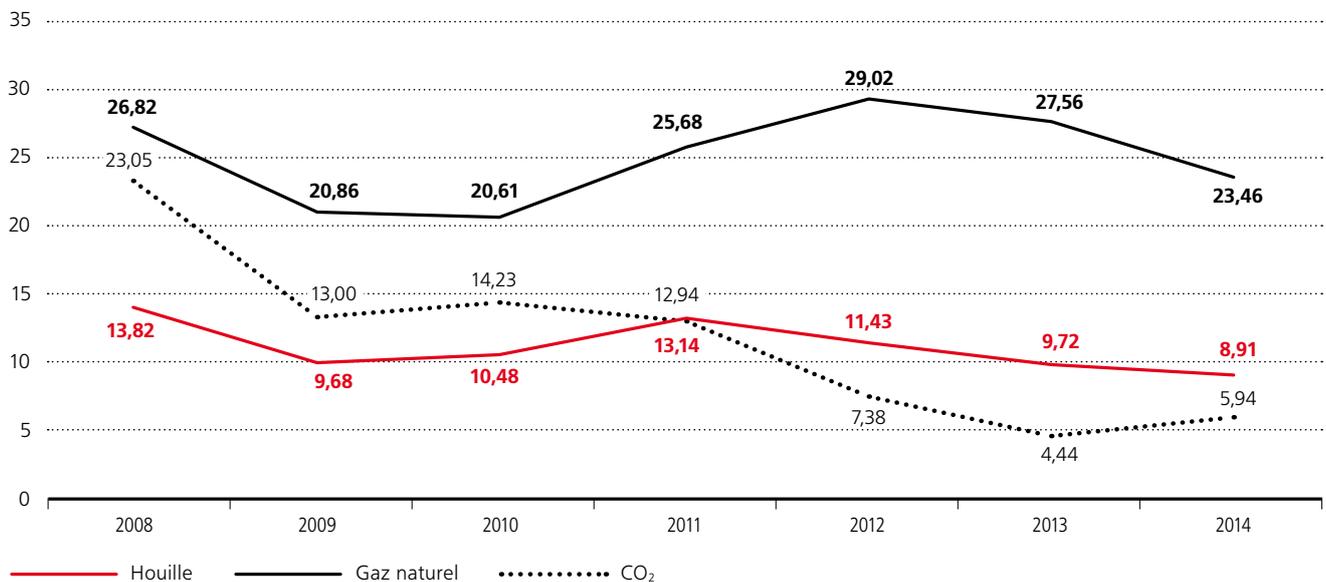
Lorsque, au moment de l'adoption de la loi EEG, en l'an 2000, on a fixé les prix garantis, il devait s'agir d'une disposition temporaire. Elle devait servir à amorcer le financement du projet et conduire à un accroissement de la demande d'énergie renouvelable, amener une augmentation de la recherche et

une diminution des coûts de fabrication des équipements. Puisque qu'on se fondait dans le même temps sur l'hypothèse d'une hausse des cours du pétrole, du charbon et du gaz à l'échelle mondiale, on s'attendait à ce que les énergies renouvelables deviennent d'abord compétitives, puis parviennent même à être moins chères que les énergies fossiles. Cette hypothèse ne s'est qu'en partie réalisée. Dans les turbines éoliennes, les installations de biogaz ou les panneaux solaires, des progrès techniques ont été accomplis, les rendements ont été accrus et les coûts de fabrication ont diminué, de façon particulièrement nette pour les installations photovoltaïques. Au départ, l'électricité ainsi produite était tellement chère que le prix garanti est monté jusqu'à 57,4 centimes par kilowattheure. Aujourd'hui (en juin 2015), en revanche, il n'est plus que de 12,4 centimes pour les petites installations, et de 8,59 centimes seulement pour les installations de plus grande taille. Mais parallèlement à cette évolution – et en dépit de toutes les hypothèses émises – les prix des énergies fossiles ont également diminué.

Ce recul des prix correspond à une évolution mondiale, dont il est difficile de dire si elle va durer. A un moment donné, les prix de l'énergie vont à nouveau augmenter, mais actuellement, leur niveau est tellement bas que l'écart entre prix garanti et prix du marché (le différentiel de coût) est étonnamment grand et entraîne des dépenses supplémentaires. En Allemagne, ce phénomène est également amplifié par le développement extrêmement rapide des énergies renouvelables dont la croissance a également poussé les prix de l'électricité à la baisse. Les prix garantis s'accompagnaient en effet d'une garantie de rachat dont les conditions étaient si favorables qu'on a produit de plus en plus d'électricité, et cette électricité est négociée à la bourse de Leipzig où s'échange toute la production électrique, qu'elle soit d'origine renouvelable ou fossile. Cette bourse existe depuis 2000, l'année où le commerce de l'électricité a été libéralisé en Europe pour favoriser le développement de la concurrence. Cet objectif a été atteint. Après avoir augmenté pendant un premier temps, le cours de l'électricité a chuté jusqu'à ne plus valoir que 4,2 centimes d'euros (en décembre 2014), la crise économique ayant entraîné une diminution de la demande alors que l'offre continuait d'augmenter. Pour les producteurs d'électricité d'origine renouvelable, cette évolution ne crée aucune difficulté, puisqu'ils perçoivent le prix garanti pendant 20 ans. Mais comme l'écart entre le prix garanti et le prix de marché a augmenté, il a fallu mettre en place des aides beaucoup plus importantes que prévu, financées par une redevance sur le prix de l'électricité, et qui ont poussé ce prix à la hausse.

Cette offre excédentaire a aussi été due aux centrales au charbon (houille et lignite), dont l'exploitation doit être continue et stable pour produire l'électricité à prix faible. Ces centrales ne peuvent réagir que lentement aux fluctuations de la demande et ne peuvent réduire leur puissance que dans certaines limites. Cette adaptation à la demande est moins compliquée pour les centrales thermiques au gaz qui présentent en outre l'avantage de dégager des quantités relativement faibles de CO₂. Mais c'est là qu'intervient l'effet dit de „l'ordre de mérite“ (cf. figure 10). Lorsque les cours de l'électricité baissent en bourse, on arrête successivement les centrales dont les coûts de production sont supérieurs aux cours

Figure 9
Ecart entre les prix du charbon, du gaz et du CO₂ entre 2008 et 2014*
 Frais d'importation en Euro/MWh et prix des quotas en Euro/tonne de CO₂



Source : AGORA transition énergétique 2015

* L'écart entre les prix du charbon et du gaz s'est beaucoup accru depuis 2010 et ne se réduit quelque peu que depuis 2014. Les prix du CO₂ restent à un niveau très bas.

de bourse. Les premières centrales qu'on arrête sont donc les centrales au gaz qui produisent l'électricité à un prix relativement élevé ; elles perdent ainsi de leur intérêt. La centrale d'Irsching, déjà évoquée plus haut, en est un très bon exemple. C'est l'une des centrales les plus modernes et les plus performantes d'Europe. Deux blocs de la centrale n'ont pas produit la moindre électricité pour le marché l'année dernière et n'ont, au contraire, été mis en service que pour compenser les pointes temporaires de la demande. Il existe des mécanismes de rémunération compensatoire pour ces installations mises en réserve, mais les contrats qui les régissent arrivent à échéance, et les exploitants ont annoncé leur intention de fermer ces deux blocs.

Les bénéficiaires de cette situation, ce sont les centrales qui fonctionnent à la houille, et plus encore au lignite, dont les coûts d'exploitation sont faibles, et qui ont donc connu un véritable essor au cours des dernières années. Pourtant, la combustion du lignite dégage des quantités considérables de gaz à effet de serre, et met ainsi à mal l'un des objectifs centraux de la transition énergétique.

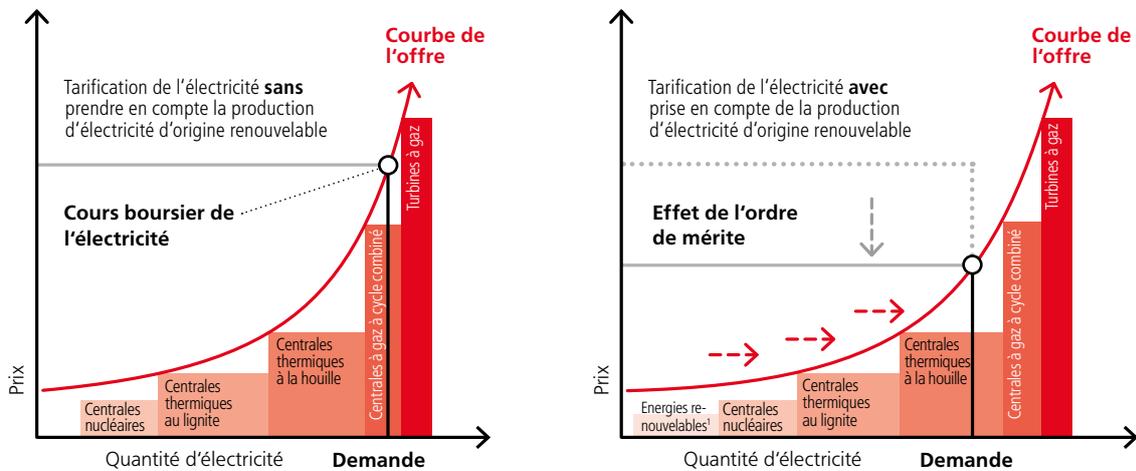
La chef de file des Verts, Simone Peter, parle même d'un échec retentissant, et est rejointe dans cette analyse par Greenpeace et d'autres organisations écologistes : „C'est un aveu d'impuissance de voir que les technologies les moins émettrices de CO₂ passent sous leur seuil de rentabilité, tandis que les vieilles centrales au charbon qui empoisonnent le climat restent en service" (Tagesschau 2015).

Cette déclaration n'est pas fausse, mais pour autant, les arguments de Simone Peter sont un peu simplistes. En effet, le phénomène qu'elle dénonce est une des conséquences (non-voulues) de la loi EEG à laquelle les Verts ont eux-mêmes énormément contribué lorsqu'ils étaient au pouvoir. La loi adoptée à leur demande insistante devait favoriser le démar-

rage des énergies renouvelables, elle s'est concentrée sur leur production et a connu un succès retentissant. D'une certaine manière, elle a connu trop de succès parce que l'augmentation de la production d'électricité a été tellement rapide que les prix se sont effondrés, que les centrales au gaz ont perdu leur intérêt et que les centrales au charbon ont tourné et tournent à plein régime. C'est une évolution qui n'était pas souhaitée, mais sur laquelle il est difficile d'influer, ne serait-ce que parce que les centrales électriques, avant leur mise en service, sont soumises à des procédures d'autorisation très longues sur lesquelles il n'est pas aisé de revenir par la suite. N'oublions pas non plus qu'elles ont été construites il y a quelques années seulement dans un consensus général, pour rendre à l'Allemagne son indépendance vis-à-vis du pétrole et de l'énergie nucléaire.

La hausse rapide des coûts est elle aussi arrivée comme une surprise et elle a été difficile à piloter. Année après année, les experts compétents ont défini de nouveaux prix garantis pour les diverses sources d'énergie renouvelables, sans pouvoir évaluer avec certitude la manière dont évoluaient les coûts des centrales éoliennes, solaires ou de biomasse. C'est ainsi que purent se produire des évolutions erratiques, et notamment le boom des panneaux photovoltaïques. Lorsque leurs coûts d'installation ont baissé nettement plus vite que les prix garantis, cela a généré des possibilités de gains inhabituelles. Entre 2009 et 2012, on a ainsi installé chaque année une puissance supplémentaire de 7,5 gigawatts et la part de ces installations dans le mix a fait un grand bond en avant. Mais les subventions versées pour ces installations ont bondi encore plus vite, puisqu'en 2014, elles représentaient près de 49 % du total des aides, alors que ces installations, du fait de leur faible utilisation, ne produisaient que 25,1 % de l'électricité d'origine renouvelable (BDEW 2014 : 69).

Figure 10
Présentation schématique de l'effet de l'ordre de mérite



Remarque : La prise en compte des installations à énergie renouvelable fait glisser la courbe de l'offre vers la droite dans l'image de droite. A demande constante, cela entraîne une baisse du cours de l'électricité en bourse. La différence de prix représente l'effet de l'ordre de mérite.

¹ électricité produite par des sources d'énergie renouvelables fluctuantes (photovoltaïque, éolien) : coût marginal = 0

Source : Ministère fédéral de l'Économie 2014b : 33

Comme ces subventions ont également augmenté pour d'autres énergies renouvelables, la loi EEG a connu en 2014 des modifications importantes („loi EEG 2.0“), destinées à permettre un meilleur pilotage de la situation et à éviter une hausse trop rapide des coûts. Pour cela, on a abaissé les taux de subvention des différentes énergies renouvelables, on a limité leur croissance quantitative, et on a fixé des objectifs de développement pour les prochaines années. Les détails de ces règles sont extrêmement compliqués et seuls des experts aguerris peuvent s'y retrouver parmi les quelques 4.000 types de rémunération différents. Le dispositif offre aussi une certaine souplesse, notamment lorsqu'il s'agit de remplacer des éoliennes existantes par des nouvelles, plus puissantes („repowering“). L'objectif en tout cas est clair. Les nouvelles règles doivent garantir le financement du dispositif et la sécurité d'approvisionnement.

Toutefois, elles ne couvrent qu'une partie des coûts qu'il va falloir engager dans les prochaines années pour créer de meilleures capacités de stockage, développer les réseaux ou maintenir certaines centrales en réserve. Ainsi, les seuls coûts liés au développement des réseaux électriques sont estimés entre 27,5 et 42,5 milliards d'euro (Commission allemande sur les monopoles, rapport 2013 : 121) ; ces coûts sont plus difficiles à évaluer pour les capacités de stockage, les compteurs électriques intelligents, etc., mais on sait qu'ils seront également considérables. Pour les juguler, on réfléchit aussi à des modifications profondes du dispositif d'aides. Depuis l'adoption de la loi EEG, celui-ci se fonde essentiellement sur les garanties de prix et de rachat qui offrent une grande sécurité aux investissements.

Ces garanties s'appliquent non seulement aux turbines éoliennes, aux installations de biomasse et aux panneaux solaires, et donc à la production d'énergies renouvelables, mais

aussi aux infrastructures associées nécessaires pour le transport, l'utilisation ou le stockage de ces énergies. Ainsi les gestionnaires de réseaux reçoivent également des aides des pouvoirs publics, et les riverains des pylônes électriques doivent également recevoir leur part des recettes des réseaux. Les rendements correspondants ne sont sans doute pas très élevés, mais ils n'en constituent pas moins des recettes assurées, et sont donc attractifs, d'autant que les autres formes de placement ne rapportent pratiquement pas d'intérêts. Les exploitants de centrales demandent aussi à bénéficier de règles comparables pour les équipements qu'ils doivent maintenir en réserve, et avec eux, les propriétaires de centrales de pompage-turbinage et beaucoup d'autres opérateurs susceptibles de contribuer également à compenser les fluctuations de puissance des réseaux, et de participer ainsi, à accroître la sécurité d'approvisionnement. Dans ce contexte, menacer de fermer la centrale de Irsching peut également apparaître comme une tentative de l'exploitant pour s'assurer le maintien d'une subvention s'il poursuit l'exploitation.

Les prix garantis ont eu le succès qu'on sait, mais ils ont aussi conduit à des évolutions erratiques, des dépenses inutiles, et ont amené de plus en plus d'acteurs à vouloir à leur tour percevoir des revenus garantis. C'est pourquoi des réflexions sont en cours pour introduire davantage d'éléments de marché et de concurrence dans les mécanismes de la transition énergétique. Une possibilité consisterait à verser des primes à ceux qui réduisent d'une quantité définie leurs émissions de CO₂ ou qui produisent une certaine quantité d'électricité à partir d'énergies renouvelables. Celui qui propose le prix le plus favorable remporte la mise et décide lui-même de la manière d'atteindre l'objectif : avec des panneaux solaires, des éoliennes, des économies d'énergie ou d'autres méthodes. Comme pour les quotas d'émission, cette

idée paraît séduisante. Mais les expériences menées jusqu'à présent ne donnent pas de résultats aussi nets, de sorte qu'on peut s'attendre à d'autres tentatives et d'autres débats, d'autant que toute modification remet en cause les structures en place et les intérêts existants.

On s'interroge aussi beaucoup sur la participation adéquate des entreprises industrielles aux coûts de la transition énergétique. La question ne se pose pas pour l'industrie dans son ensemble, puisqu'en 2014, près de 96 % des entreprises industrielles ont payé la redevance pour les énergies renouvelables au taux plein, au même titre que toutes les entreprises de la production manufacturière, du commerce et des services. Le point litigieux, ce sont plutôt les quelques 2000 entreprises industrielles qui sont exonérées à des degrés divers du paiement de cette redevance, et qui ne supportent donc qu'en partie, voire pas du tout, les coûts de la transition énergétique. Cela paraît d'autant plus „injuste” que les critères de sélection de ces entreprises ne sont pas toujours convaincants. Toutefois, le cas souvent cité d'un terrain de golf qui aurait bénéficié de l'exonération relève du mythe. Mais il existe bel et bien des entreprises qui bénéficient de cette exonération sans motifs convaincants. Néanmoins, d'une manière générale, les entreprises exonérées de la redevance EEG sont surtout celles dont la compétitivité est tributaire d'une énergie à bon marché. Cela inclut les fonderies d'aluminium, qui consomment d'énormes quantités d'électricité, mais aussi les entreprises des transports publics, qui ont besoin d'une électricité bon marché pour faire fonctionner leurs trains et leurs tramways, ou bien encore les services météorologiques, qui utilisent des ordinateurs très gourmands en électricité.

Le nombre d'entreprises exonérées est réduit, mais elles consomment près de 20 % de l'électricité produite, de sorte que l'exonération dont elle bénéficie représente un manque à gagner de quelques 4 milliards d'euros. Si ce traitement de faveur disparaissait, la redevance EEG supportée par les consommateurs passerait de 24 à 20 milliards d'euros, mais cela engendrerait aussi de nouveaux problèmes. En effet, il faudrait alléger par d'autres moyens les charges qui pèsent sur les entreprises tributaires d'une électricité bon marché. Sans cela, elles seraient contraintes d'accroître leurs recettes, par exemple en augmentant leurs prix, c'est à dire le prix des billets dans le cas des entreprises de transport. Le gouvernement de la coalition rouge-verte avait déjà pris conscience de ce dilemme, et c'est pour cela qu'il avait mis en place en 2003 une possibilité d'exonération, et donc de répartition différente des coûts au titre d'un „mécanisme de rééquilibrage spécifique”. Il est possible de procéder à des ajustements sur ce mécanisme, et de diminuer le nombre des entreprises qui en bénéficient. Mais les économies engendrées par ces ajustements seraient probablement limitées si l'on ne veut pas trop nuire aux entreprises particulièrement énergivores.

Toutefois, ces entreprises profitent de la baisse des prix de l'électricité, au même titre que toutes celles qui achètent leur électricité en bourse ou directement auprès des producteurs. Dans une certaine mesure, les particuliers le peuvent aussi en changeant de fournisseur d'électricité. Mais pour eux, les économies réalisables sont plus limitées, tandis que pour les entreprises qui représentent une demande suffisamment importante, il est possible d'imposer à leurs fournisseurs

les prix du marché, en baisse depuis un certain temps. C'est ainsi que des entreprises de tous secteurs peuvent aussi profiter de la baisse des prix de l'électricité. En principe, on pourrait imaginer de récupérer une partie de ces gains sous forme de taxe adaptée ou de redevance spécifique. Mais cela impliquerait de déployer des efforts importants pour mettre en place un mécanisme complexe qui amplifierait encore la complexité du dispositif existant, et il est donc peu probable qu'une telle démarche aboutisse.

Il est tout aussi difficile de toucher à la clé de répartition des charges mise en place entre les Länder. Ils ne bénéficient pas tous de la même façon de la transition énergétique puisque les éoliennes, les installations de biomasse, de panneaux solaires et autres équipements ne sont pas répartis de façon uniforme sur l'ensemble du territoire. Le Schleswig-Holstein, le Mecklembourg-Poméranie et les régions du Nord produisent une part particulièrement élevée des énergies renouvelables, dégagent ainsi des excédents et profitent aussi des créations d'emplois générées par l'installation des éoliennes. Puisque ces régions connaissent des difficultés économiques, les énergies renouvelables agissent comme un programme de soutien économique qui crée également des emplois ailleurs. On estime à près de 400.000 le nombre d'emplois dans le secteur en 2012, même si ce chiffre est à prendre avec des pincettes. En effet, la transition énergétique supprime également des postes ailleurs, notamment dans les centrales classiques. Il faudrait en outre vérifier si l'argent consacré à cette transition énergétique ne fait pas défaut dans d'autres domaines dans lesquels il aurait également pu créer des emplois.

Parmi les Länder, en 2013, c'est la Bavière qui a dégagé le plus gros excédent, elle qui n'a pas besoin de ce type d'aides, alors que la Rhénanie du Nord Westphalie, région en crise, a perdu 2,9 milliards d'euros avec ce dispositif et déplore ainsi le plus grand déficit. Enfin, il existe aussi une redistribution sociale. En effet, les aides bénéficient avant tout aux ménages aisés, qui peuvent se permettre d'installer des panneaux solaires et perçoivent pour cela des subventions ; ce sont eux qui bénéficient de cette redistribution. Les ménages plus modestes, en revanche, n'en bénéficient pas, alors même que les coûts élevés de l'électricité les obligent à y consacrer une plus grande part de leurs revenus limités.

3.6.3 EFFICACITÉ ET ÉCONOMIES

Depuis le début, les débats sur la transition énergétique ont mis en lumière la nécessité d'utiliser l'énergie de façon plus efficace et plus économe. C'est que ce soulignait Eppler dans son article de 1979 ; il fut rejoint dans cette idée par Volker Hauf et de nombreux spécialistes, qui reprirent ainsi un argument déjà très répandu au XIX^{ème} siècle, à une époque où l'énergie était chère et où, ne fut-ce que de ce fait, on en utilisait peu. Avec l'essor du charbon, puis plus tard du pétrole, le prix de l'énergie a diminué. On est ainsi entré dans „l'ère de la combustion” qui a conduit à un „gaspillage inutile” des énergies fossiles, que déplorait déjà le chimiste Clemens Winkler en 1900 (Winkler 1900 : p 4 et suivantes).

La situation n'a changé qu'à partir de la crise pétrolière de 1973/74. On a alors vu grimper les cours du pétrole et d'autres ressources, au point que les seuls motifs économiques

suffisaient à limiter la consommation. Depuis, des progrès remarquables ont été accomplis (cf. figure 11). Alors que traditionnellement, la croissance économique conduisait à consommer davantage de ressources, on est aujourd'hui parvenu à découpler partiellement les deux processus. L'économie peut croître alors même que la consommation des ressources reste stable, voire recule. Mais ce constat vaut avant tout pour la consommation de produits transformés, alors qu'au total, la consommation de ressources ne diminue que lentement, voire pas du tout. On peut en outre constater un „effet rebond“, lorsque les gains d'efficacité entraînent des baisses de coûts qui poussent à une relance de la consommation – on le constate notamment sur les ventes de voitures : les moteurs plus sobres incitent davantage de personnes à acheter des voitures, et ainsi à consommer davantage de ressources.

De ce point de vue, il faut avoir à l'esprit deux défis. D'une part, les pays industrialisés continuent de consommer trop de ressources et ils devraient réduire nettement cette consommation. Ernst Ulrich von Weizsäcker a publié avec d'autres experts en 1995 un nouveau rapport au Club de Rome (Weizsäcker et al. 1995). Il y plaide pour que les gains de productivité ne soient plus utilisés, comme dans le passé, pour produire plus avec moins de travail, mais au contraire, pour ménager davantage la nature et ses ressources. Si nous parvenions à quadrupler notre efficacité dans l'utilisation des biens naturels, nous pourrions en utiliser moitié moins tout en doublant la richesse qu'ils nous procurent. Le résultat à atteindre, ce serait ce facteur quatre, auquel une révolution de l'efficacité pourrait nous conduire.

Nous en sommes encore bien loin, même si la consommation d'énergie continue de diminuer. Le gouvernement allemand a pour ambition de ramener la consommation d'énergie primaire d'ici 2050 à la moitié de ce qu'elle était en 2008. C'est un objectif ambitieux, sur lequel les actions politiques auront en outre plus de mal à agir que sur le développement des énergies renouvelables. Pour celui-ci, on a pu récompenser financièrement l'isolation des bâtiments, la diminution de la consommation d'essence ou l'utilisation d'équipements donnant lieu au paiement de subventions. Mais il faut consacrer à ces dispositifs des recettes fiscales qui ne sont disponibles qu'en quantité limitée et dont l'utilisation est toujours sujette à controverse. C'est pourquoi il faudra aussi miser sur la mise en place de règles plus strictes exigeant une isolation thermique plus efficace, une réduction de la consommation d'essence ou l'installation de pompes à chaleur. Conjugué aux incitations financières, ce durcissement des règles devra conduire à une plus grande sobriété et à une plus grande efficacité – mais cela ne se fera que par étapes. La révolution de l'efficacité dont parle Weizsäcker n'est pas encore en vue, et elle risque d'avoir bien du mal à s'imposer tant que les prix de l'énergie n'augmenteront pas sensiblement. Parce que la principale incitation à économiser l'énergie et les autres ressources, cela reste la hausse des coûts.

3.7 RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

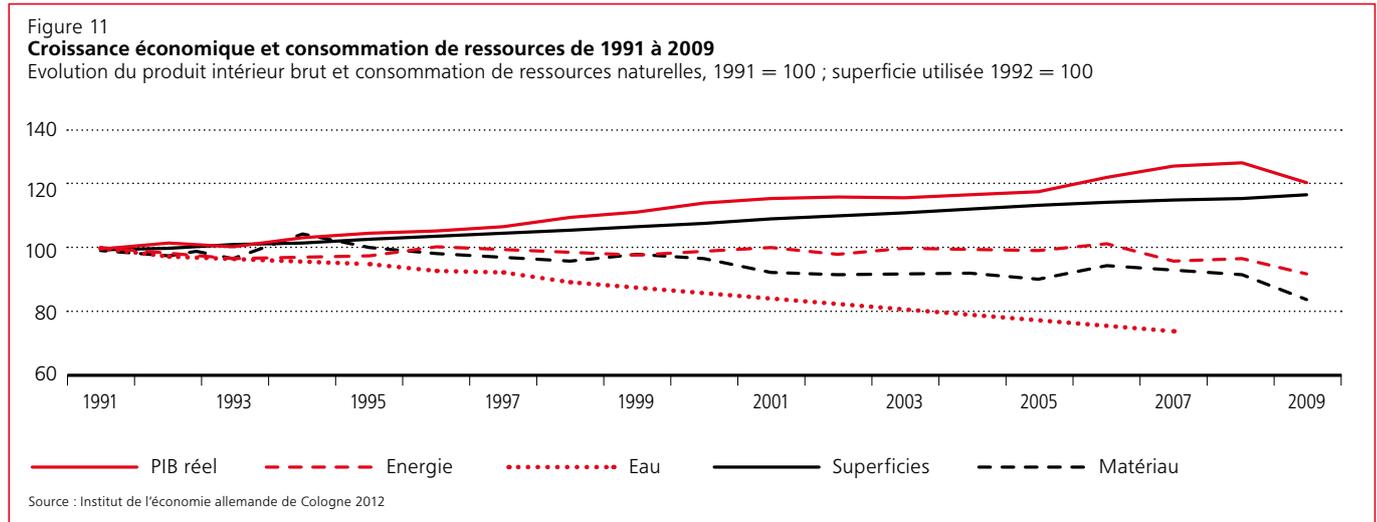
Il est facile de répondre à la question du caractère écologique durable de la transition énergétique. La meilleure façon de

la rendre durable, c'est de réduire la consommation d'énergie (et des autres ressources). La deuxième contribution consiste à développer la part des énergies renouvelables dans le mix. Ce sont elles qui engendrent le moins de coûts externes, et qui permettent notamment de réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre. En 2013, on a diminué ces émissions de 145,8 millions de tonnes, grâce au soleil, au vent, à l'eau, à la biomasse, et à d'autres sources. Mais l'utilisation de la biomasse renvoie à un autre problème (BMW 2014 : 7). Elle peut contribuer à réduire des émissions de gaz à effet de serre, mais elle peut aussi avoir des inconvénients considérables pour l'environnement, dès lors qu'elle conduit à créer des monocultures, à polluer des cours d'eau ou à mettre en péril la biodiversité. C'est pourquoi on en est venu à limiter son développement, alors que pour les énergies renouvelables dans leur ensemble, le bilan écologique est nettement positif.

Ce bilan inclut aussi des aspects sanitaires. L'utilisation des ressources fossiles et biogènes ne dégage pas seulement des gaz à effet de serre, mais aussi d'autres substances nocives comme les oxydes d'azote, les particules fines ou le mercure. Ces éléments pèsent à la fois sur l'environnement et sur la santé humaine et il faut réduire autant que possible leurs émissions. Par ailleurs, le changement climatique – au-delà de la multiplication des phénomènes météorologiques extrêmes – peut aussi conduire à la disparition d'espèces et d'habitats naturels, même s'il faut être conscient que le développement des énergies renouvelables peut lui aussi amener à modifier la nature et les paysages. Il faut donc choisir soigneusement les sites adaptés pour y implanter des énergies renouvelables, de façon à limiter leur impact sur l'environnement (BMW 2014c : 10).

Malgré ce bilan globalement positif, les émissions de CO₂ ont à peine diminué en Allemagne depuis le début de la transition énergétique. Elles ont nettement diminué après 1990 mais cela tenait surtout à la fermeture d'usines très émettrices de CO₂ dans l'ancienne RDA. Quand les chiffres officiels prennent comme référence l'année 1990 pour proclamer la réussite de la politique environnementale, cela englobe aussi cet effet unique, qui ne s'est pas reproduit par la suite. On embellit aussi la situation lorsqu'on évoque les 145,8 millions de tonnes de gaz à effet de serre économisés grâce aux énergies renouvelables en 2013. Le chiffre est exact, mais seuls 84,3 millions de tonnes sont imputables à la loi EEG et à ses dispositions financières. Le reste des économies, qui représente tout de même 42 % de la réduction des émissions, est le fait des centrales hydrauliques, de la combustion du bois et d'autres sources traditionnelles qui auraient réalisé les mêmes performances sans la transition énergétique (BMW 2014 : 7).

Néanmoins, même si les chiffres sont un peu embellis, les émissions ont reculé après 1990 et atteint leur point bas en 2009. Elles ont ensuite à nouveau augmenté, et en 2012, les émissions de CO₂ étaient pratiquement revenues au niveau de 2000 (cf. figure 12). Les derniers chiffres de 2014 sont un peu plus réjouissants mais ils sont surtout la conséquence d'un hiver doux (AGEB 2014). On peut donc dire que l'un des objectifs centraux de la transition énergétique n'a pour le moment été que partiellement atteint. Et surtout : c'est précisément au cours des dernières années, dans lesquelles les énergies renouvelables ont énormément progressé, que



la situation s'est détériorée. Il existe à cela une explication simple : L'augmentation de la production d'énergie renouvelable a conduit à l'excédent, déjà évoqué, de l'offre d'électricité, et à la baisse des prix, à laquelle les centrales thermiques à la houille et au lignite sont justement les plus aptes à faire face parce qu'elles produisent une électricité particulièrement bon marché, et elles ont ainsi pu accroître leur part du mix énergétique.

Cette abondance de l'offre va encore durer quelques années. On peut se réjouir que les centrales thermiques classiques qui fonctionnent aux énergies fossiles, puissent ainsi contribuer à garantir la sécurité d'approvisionnement. Il s'agit en effet d'un objectif important, mais il faut aussi parvenir à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Pour les raisons que nous avons exposées précédemment, les quotas d'émission ne vont vraisemblablement pas y contribuer avant un moment. Une politique alternative consisterait à compliquer l'utilisation de la houille et du lignite, comme le demandent certaines voix (Greenpeace 2015). Mais là-encore, le diable est dans les détails. Comme nous l'avons rappelé, les centrales concernées disposent d'autorisations d'exploitation valables pour de nombreuses années encore, et les révoquer entraînerait des difficultés juridiques et des coûts supplémentaires. En outre, ces centrales fournissent également des emplois, et bon nombre d'entre elles n'appartiennent pas à des „capitalistes” anonymes, mais sont la propriété de fournisseurs d'énergie ou de communes.

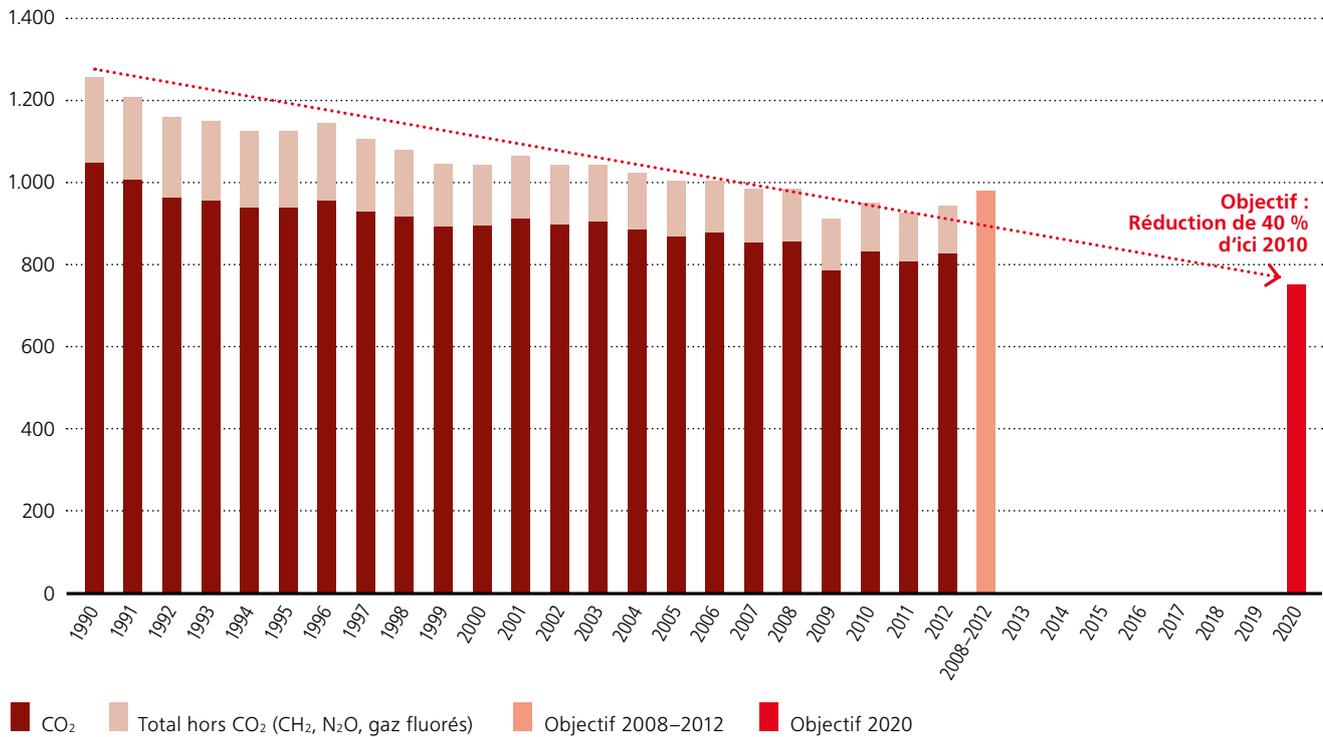
Parmi les fournisseurs d'énergie, ce sont les grands groupes qui dominent, ceux-là mêmes qui ont longtemps compliqué, voire entravé la transition énergétique, et qui encore récemment dégageaient des profits importants sur la production d'énergie. Mais cet âge d'or est révolu – ce qui ne déclenche pas une immense vague de compassion. Et pourtant, parmi leurs actionnaires, on trouve aussi des fonds de retraite, des compagnies d'assurance ou des communes qui subissent des pertes douloureuses au fur et à mesure que leurs participations se dévalorisent et que leurs dividendes diminuent. C'est notamment le cas des communes de la Ruhr qui ont acquis des centrales électriques au moment où celles-ci offraient de bons niveaux de rentabilité et contribuaient ainsi à financer les budgets publics. Aujourd'hui au contraire, pour

ces villes déjà mal en point, elles représentent une charge importante, de sorte que toute décision pour ou contre les centrales thermiques au charbon doit prendre en compte un grand nombre d'intérêts et d'objectifs contradictoires.

Le ministre fédéral de l'Economie, Sigmar Gabriel, en a fait l'expérience en mars 2015 lorsqu'il a proposé de ramener d'ici 2020 les émissions de CO₂ de 349 millions de tonnes, leur niveau de 2014, à 290 millions de tonnes. Cela aurait surtout concerné les anciennes centrales thermiques au charbon qui dégagent beaucoup de dioxyde de carbone. La proposition prévoyait de fixer à ces centrales des plafonds d'émission et de les assujettir à une „contribution climat” de 18 à 20 euros par tonnes de CO₂ en cas de dépassement de ces plafonds. Les exploitants devaient donc décider s'ils préféraient payer la contribution, réduire leur production ou arrêter des centrales. Le WWF, le Fonds mondial pour la nature considérait qu'il s'agissait là du „début d'une politique crédible de lutte contre le changement climatique” qui allait permettre progressivement „d'éliminer les centrales les plus anciennes et les plus polluantes” (Süddeutsche Zeitung 2015). Mais ce début met en péril des emplois, non seulement dans les centrales concernées, mais aussi chez leurs fournisseurs et dans l'extraction du lignite. De là à considérer que la mesure menace 100.000 emplois, comme l'annonce Frank Bsirske, le président du syndicat ver.di, cela paraît un peu exagéré (Hamburger Abendblatt 2015). Mais des emplois seraient sans aucun doute touchés, et justement dans des régions défavorisées et financièrement mal en point. Pourtant, le changement structurel en cours est inévitable. Il s'agit uniquement de ne pas ajouter des contraintes aux difficultés.

Ces décisions sont encore compliquées par la fin de vie programmée des centrales nucléaires. Lorsqu'elles s'arrêteront, non seulement l'abondance de l'offre, qui tire depuis quelques temps les prix à la baisse, va s'estomper sur le marché de l'électricité, mais il pourrait aussi devenir plus difficile d'assurer la sécurité d'approvisionnement ; et enfin, avec la fermeture des centrales nucléaires disparaissent des producteurs d'électricité qui n'émettent que peu de gaz à effet de serre. Pour les remplacer, on va s'appuyer sur les énergies renouvelables, mais celles-ci ont besoin des centrales au char-

Figure 12
Emissions de gaz à effet de serre de 1990 à 2012 et objectifs
En millions de tonne équivalent CO₂



Source : Ministère fédéral de l'économie 2014 : 85

bon pour assurer la sécurité d'approvisionnement. Le développement des réseaux électriques ne servira donc pas seulement à transporter l'électricité produite par les éoliennes du Nord vers le Sud, mais aussi l'électricité produite par ces centrales au charbon. Les centrales thermiques au gaz constituent une alternative, car elles émettent beaucoup moins de polluants que les centrales au charbon, et elles pourraient en outre permettre de ne construire que deux des trois nouvelles lignes électriques prévues. Cependant, une fois construites et mises en service, elles fonctionneraient pendant de nombreuses années et compliqueraient la poursuite du développement des énergies renouvelables. En outre, elles engendrent en exploitation des coûts plus élevés que les centrales au charbon, de sorte que leurs exploitants réclament eux-aussi des aides financières.

Malgré la complexité et les contradictions inhérentes à la situation, on peut penser que les centrales au gaz vont jouer un rôle accru dans les prochaines années et supplanter les centrales au charbon – c'est d'ailleurs ce qui se produit à l'échelle mondiale. L'une des raisons principales de cette évolution, c'est ce qu'on appelle le fracking, ou la fracturation hydraulique. Cette technique est utilisée en Basse-Saxe depuis les années 1960, sans engendrer de problèmes notoires. Toutefois, on envisage aujourd'hui d'utiliser de nouvelles méthodes, dites non-conventionnelles : il s'agit de mélanger à l'eau du sable siliceux et des produits chimiques, et de les injecter sous haute-pression dans les couches de schiste et de minerai de charbon pour en extraire le gaz. Les détracteurs

de la méthode mettent en garde contre les produits chimiques utilisés et doutent de l'utilité d'employer cette technique en Allemagne (Sachverständigenrat für Umweltfragen – Comité d'expert sur l'environnement 2013). Fin mars 2015, le gouvernement fédéral a adopté un projet de loi interdisant la fracturation hydraulique à des profondeurs inférieures à 3.000 mètres ainsi que dans les zones naturelles et aquifères sensibles mais autorisant la poursuite des forages scientifiques expérimentaux. Par la suite, une commission d'experts devra rendre une analyse qui pourrait autoriser la fracturation hydraulique dans des cas concrets précis (Frankfurter Allgemeine Zeitung 2015).

Pour les uns, la fracturation hydraulique est dangereuse et inutile, et les règles ne sont pas assez strictes puisqu'elles autorisent toujours l'utilisation de cette méthode. Pour les autres en revanche, les dangers de la fracturation hydraulique ne sont pas si grands et peuvent être maîtrisés ; ceux-là considèrent que la loi fait obstacle à l'utilisation de cette technique. Les deux positions sont inconciliables, et là-encore, il est bien difficile de trancher entre les deux, tant il existe d'aspects divers à prendre en considération. Ainsi, aux Etats-Unis, grâce à la fracturation hydraulique, le gaz est devenu tellement bon marché que les centrales au charbon ne peuvent plus lui faire concurrence, et on a ainsi pu faire reculer les émissions de CO₂. De même, partout dans le monde, le gaz ainsi produit peut supplanter le charbon pour les centrales. Du point de vue du climat, il serait préférable de passer directement aux énergies renouvelables. Mais étant donné le rôle que joue

le charbon et les projets de construction de centrales au charbon à l'échelle mondiale, il faut au moins avoir en tête ces conséquences pour porter un jugement global sur la fracturation hydraulique.

Enfin, les centrales au charbon modernes peuvent, elles aussi, contribuer à la transition énergétique et servir de technologie de transition. Une telle affirmation peut surprendre parce qu'il s'agit en principe de réduire le plus tôt possible leur part du mix énergétique. En Allemagne, on peut atteindre cet objectif. Mais tant que ces combustibles fossiles resteront aussi bon marché et abondants à l'échelle mondiale, ils continueront de jouer un rôle important en Chine, en Inde et dans d'autres pays. On perçoit bien une tendance à la limitation voire à la réduction de la consommation de charbon, mais la route sera longue. Il serait donc peut-être judicieux d'utiliser les connaissances accumulées dans ce domaine en Allemagne et de modifier les centrales existantes ou d'en développer de nouvelles qui atteignent des niveaux d'efficacité énergétique supérieurs et réduisent les émissions de CO₂. Il existe des différences considérables entre les anciennes technologies et les nouvelles, et l'utilisation de centrales au charbon, plus efficaces en Chine ou en Inde, pourrait aussi améliorer le bilan climatique global de la planète – surtout si l'on parvient à séquestrer le carbone émis.

4

CONCLUSIONS

Toute présentation requiert une synthèse qui se doit d'être brève et claire. Quand on parle de transition énergétique, c'est chose difficile sur les deux plans. Le projet est tellement complexe et ambitieux que les chapitres qui précèdent n'ont permis que d'évoquer quelques aspects particuliers, et uniquement pour les esquisser à grands traits. Comme le dit le célèbre adage, le diable est dans les détails. C'est particulièrement vrai pour la transition énergétique dans laquelle s'imbriquent tellement de questions et de problèmes d'où surgissent sans cesse des conséquences imprévues. Il n'est donc pas possible de produire une synthèse brève des constats entrepris, pas plus qu'on ne peut les réduire à des résultats nets et tranchés.

Tout ce que l'on peut affirmer de manière à peu près nette, c'est que la transition énergétique continue de bénéficier d'un large soutien dans l'opinion publique qui se montre largement disposée à en assumer les coûts. On peut de même énoncer clairement les objectifs du gouvernement fédéral : il souhaite porter d'ici à 2050 la part des énergies renouvelables à 60 % de la consommation globale d'énergie et à 80 % de la production d'électricité, réduire dans les mêmes proportions les émissions de gaz à effet de serre et diminuer de moitié la consommation d'énergie primaire. Il s'agit là d'objectifs ambitieux mais ils peuvent en principe être atteints, même si, dans le détail, les avis divergent sur les meilleures solutions, les mesures à prendre en priorité, et le degré de réalisme de chacune d'entre elles. Pour ne prendre qu'un exemple : est-ce qu'en 2020, un million de véhicules électriques circuleront en Allemagne, comme le prévoit le gouvernement ? Si nous atteignons ce chiffre et si, parallèlement, nous parvenons à faire reculer la consommation d'énergies fossiles, et notamment d'essence, il nous faudra en contrepartie davantage d'électricité. Est-il dès lors réaliste d'imaginer qu'on puisse réduire notre consommation d'énergie d'ici 2050, conformément aux prévisions officielles ?

Il n'est pas possible aujourd'hui d'apporter une réponse claire et définitive à ces questions. La transition énergétique se situe plutôt dans une sorte de flottement entre la nécessité de continuer de prendre des mesures concrètes et l'incertitude sur des différentes étapes et l'orientation générale du dispositif. Disposera-t-on bientôt de moyens de stockage ef-

ficaces et de méthodes écologiquement durables pour produire de la biomasse ? Les installations photovoltaïques et les éoliennes vont-elles arriver à des rendements encore meilleurs et des taux d'utilisation plus élevés, et ainsi, contribuer davantage à la sécurité d'approvisionnement ? Les progrès nécessaires dans l'isolation thermique et les économies d'énergie vont-ils se produire ? Faut-il continuer de mettre l'accent sur les garanties de prix et de rachat ou bien le marché peut-il, en partie, offrir des solutions plus favorables ? La décentralisation va-t-elle progresser et serons-nous davantage capables d'adapter la demande à l'offre ?

Les réponses à ces questions ne peuvent être trouvées que dans un cadre européen. Pour faire avancer la transition énergétique allemande, les sociaux-démocrates allemands ont donc tout intérêt à donner corps à l'Union européenne de l'énergie, qui n'en est encore qu'à ses balbutiements. Pour autant, même dans ce cadre, il ne faut pas escompter de réponses claires à l'ensemble des questions qui se posent. L'incertitude est au contraire appelée à perdurer, et c'est pourquoi, il faut mener différentes approches en parallèle, et tirer les enseignements de l'expérience pour voir ensuite quelles sont les méthodes qui font leurs preuves. Pour formuler les choses autrement : la transition énergétique est ce processus, dont on connaît en gros les objectifs, mais dont les étapes évoluent en permanence.

Face à la menace du réchauffement climatique, cette incertitude peut susciter du désespoir. Ne faudrait-il pas prendre des mesures drastiques qui produisent des effets immédiats ? En principe, peut-être, mais en réalité, on ne dispose pas de telles mesures qui comporteraient même le risque, une fois les décisions imposées et prises, de se révéler être les mauvais choix qui seraient ensuite difficiles à corriger. Nous devons donc nous accommoder de cette incertitude, ce qui ne veut pas dire que nous devons rester inactifs. Bien au contraire : nous ne pourrions surmonter cette incertitude qu'en acceptant les difficultés et les contradictions qui caractérisent la transition énergétique ; et en prenant sans cesse un nouvel élan pour atteindre les objectifs.

Dans ce cadre, le SPD va devoir continuer d'assumer la mission qui lui incombe depuis longtemps pour la transition énergétique : établir un point d'équilibre entre les gagnants

et les perdants du projet ; tenir compte des divers intérêts en jeu, trouver des compromis et surtout préserver le consensus nécessaire à ce projet ambitieux. La mission n'est pas simple, et elle n'engendre pas que de la gratitude. Elle est néanmoins indispensable pour atteindre les objectifs de la transition énergétique.

Index des illustrations

- 12 Figure 1
Evolution de la production d'électricité d'origine renouvelable en Allemagne entre 1990 et 2012
- 13 Figure 2
Situation actuelle et objectifs de la transition énergétique
- 15 Figure 3
Evolution du prix du pétrole entre 2002 et 2014
- 17 Figure 4
Total de l'énergie produite à partir de sources d'énergie renouvelables en 2013
- 18 Figure 5
Energie éolienne terrestre : répartition régionale des capacités, de la production électrique et de la rémunération en 2012
- 20 Figure 6
Mix de la production électrique en 2014
- 21 Figure 7
Evolution de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre depuis 1990
- 23 Figure 8
Evolution des prix de l'électricité pour les particuliers entre 1998 et 2015
- 25 Figure 9
Ecart entre les prix du charbon, du gaz et du CO₂ entre 2008 et 2014
- 26 Figure 10
Présentation schématique de l'effet de l'ordre de mérite
- 29 Figure 11
Croissance économique et consommation des ressources de 1991 à 2009
- 30 Figure 12
Emissions de gaz à effet de serre de 1990 à 2012 et objectifs

Index des abréviations

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. – Groupe de travail bilans énergétiques
AKW	Atomkraftwerk – centrale nucléaire
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. – Fédération des entreprises des secteurs de l'énergie et de l'eau ; elle a son siège à Berlin
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie – Ministère fédéral de l'Economie et de l'Energie
Bpb	Bundeszentrale für politische Bildung – Centre fédéral de formation politique
CEE	Communauté économique européenne, association de six Etats européens créée en 1958 ; c'est le précurseur de l'Union européenne
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz – Loi sur les énergies renouvelables
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung – Cogénération d'électricité et de chaleur
PIB	Produit Intérieur Brut
TVA	Taxe sur la Valeur Ajoutée
UBA	Umweltbundesamt – Office fédéral de l'environnement
UE	Union européenne, groupement de 28 Etats d'Europe (en 2015) ; elle existe depuis 1992

Glossaire

Biodiversité Le terme „biodiversité“ désigne la variété au sein des espèces, la variété entre les espèces et la variété des écosystèmes.

Biogène L'adjectif „biogène“ décrit la nature biologique / organique d'un élément.

Biomasse Le terme „biomasse“ englobe différentes matières d'origine organique comme par exemple les excréments. Dans le domaine de l'énergie, le terme désigne les matières qui peuvent servir à produire de l'énergie ou être utilisées comme carburants.

Centrale de cogénération Les centrales de cogénération sont des installations (la plupart du temps, de petite taille) destinées à produire de l'électricité et/ou de la chaleur et qui sont en règle générale érigées à l'endroit où sont utilisées la chaleur / l'électricité ainsi produites.

Centrales photovoltaïques Les installations photovoltaïques transforment l'énergie solaire en énergie électrique.

Centrales de pompage-turbinage Les centrales de pompage-turbinage servent à utiliser l'excédent de production électrique et/ou les périodes où les cours de l'électricité sont au plus bas pour pomper l'eau vers un réservoir (la plupart du temps un lac de retenue), afin de pouvoir produire de l'électricité dans une turbine hydraulique en cas de besoin particulier. Pour la transition énergétique, ces centrales doivent servir de réserve pour compenser les fluctuations de la production d'électricité.

Chaleur ambiante Le terme désigne la chaleur contenue dans l'air, le sol ou l'eau de nappe et qui peut fournir de l'énergie. Les pompes à chaleur servent à récolter cette énergie.

Club de Rome Le Club de Rome a été fondé à Rome en 1968, et c'est aujourd'hui un think tank mondial composé d'une panoplie de personnalités influentes du monde de la politique, des sciences et de l'entreprise. En 1972 a été publié le rapport „Les limites de la croissance“, qui évoquait surtout le caractère fini des ressources naturelles.

Cogénération Le terme de „cogénération“ décrit la conversion simultanée de combustible en énergie électrique et en chaleur dans des installations techniques sédentaires.

Consommation brute d'électricité La consommation brute d'électricité correspond au total de la production intérieure d'électricité (éolienne, hydraulique, solaire, charbon, pétrole, gaz et autres) auquel on ajoute l'électricité en provenance de l'étranger et dont on soustrait les ventes d'électricité à l'étranger. La consommation nette d'électricité est équivalente à la consommation brute dont on déduit les pertes de réseau et les pertes de transport (pertes en ligne).

Consommation d'énergie primaire Le terme de „consommation d'énergie primaire“ désigne la somme du solde de la production intérieure, du solde du commerce extérieur des ressources énergétiques, déduction faite des quantités destinées au transport maritime national et international et stockées dans les ports allemands, et compte-tenu des variations de stock.

Consommation finale brute d'énergie La consommation finale brute d'énergie comprend la consommation d'énergie des utilisateurs finaux et les pertes d'énergie dans les installations de production et lors du transport. La consommation finale brute des énergies renouvelables est la somme de la consommation finale d'énergie des ménages, des transports, de l'industrie et du secteur de l'industrie manufacturière, du commerce et des services et de la consommation propre du secteur de la transformation ainsi que des pertes de puissance et de torçage (flaring).

Consommation finale d'énergie La consommation finale d'énergie est la part de l'énergie primaire dont disposent les consommateurs après déduction des pertes en ligne et des pertes de transformation.

Coûts externes Les coûts externes sont les coûts générés par une activité économique mais non-inclus dans le prix de marché de cette activité. Les dommages à l'environnement et à la santé sont des exemples de coûts externes.

Décentralisation de l'approvisionnement énergétique Un approvisionnement en énergie décentralisé repose sur la production d'énergie à proximité des lieux de sa consommation.

Degré d'efficacité ou rendement Le degré d'efficacité est une donnée statistique employée dans l'établissement d'un bilan énergétique. Pour les sources d'énergie pour lesquelles il n'existe pas de valeur de conversion unique comme le pouvoir calorifique, on se base sur des rendements théoriques définis. Pour l'énergie nucléaire, l'hypothèse de base repose sur un rendement de 33%, pour les énergies éolienne, solaire et hydraulique, on part d'un rendement de 100%.

Desertec C'est le nom d'un groupement d'entreprises, d'organisations écologistes et de particuliers constitué pour produire de l'électricité écologique sur des sites riches en énergie. Il s'est fait connaître par les efforts entrepris pour produire dans le Sahara de l'électricité d'origine solaire afin de la transporter vers l'Europe.

Ecart de coûts / redevance pour les énergies renouvelables L'écart de coûts, qui correspond à la redevance pour les énergies renouvelables correspond à l'écart entre les dépenses et les recettes prises en compte pour la rémunération de l'électricité d'origine renouvelable ou pour sa vente.

Effet rebond Grâce à l'augmentation de l'efficacité énergétique, la production et la consommation nécessitent moins de ressources. Puisque cela entraîne une diminution des coûts pour les consommateurs, il peut arriver que les produits devenus meilleur marché soient achetés et/ou utilisés en plus grande quantité. Au total, chaque produit nécessite moins de ressources, mais la consommation totale des ressources peut tout de même augmenter.

Efficacité énergétique L'efficacité énergétique consiste à atteindre le rendement le plus élevé possible lors de la conversion de l'énergie ou à consommer le moins d'énergie possible pour les bâtiments, les équipements et les machines.

Energie finale L'énergie dont disposent les consommateurs sous forme de chaleur, d'électricité ou de carburant, après déduction de toutes les pertes, est appelée l'énergie finale. Parmi les formes d'énergie finale, on trouve notamment le chauffage urbain, le courant électrique, les carburants carbonés comme l'essence, le kérosène, le fioul domestique ou le bois et les divers gaz tels que le gaz naturel, le biogaz et l'hydrogène.

Energie primaire Le terme „énergie primaire“ intègre l'énergie finale et tous les autres éléments tels que les pertes de transformation et les pertes en ligne.

Energies fossiles Les ressources d'énergie fossiles sont constituées de biomasse qui s'est compactée au cours de millions d'années sous l'effet de pressions et de températures élevées. Elles incluent le pétrole et le gaz naturel, ainsi que le lignite et la houille. Leur combustion dégage des gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone, qui produit des effets délétères sur le climat.

Energies renouvelables On entend par énergies renouvelables les énergies obtenues à partir de sources durables et renouvelables comme l'énergie hydraulique, le vent, le soleil, la biomasse et la géothermie. Contrairement aux énergies fossiles telles que le pétrole, le gaz naturel, la houille et le lignite, mais aussi à l'uranium du combustible nucléaire, ces sources d'énergie ne s'épuisent pas – elles sont renouvelables.

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) - Loi sur les énergies renouvelables

Cette loi allemande adoptée en l'an 2000 prescrit que les exploitants des réseaux électriques doivent utiliser en priorité des énergies renouvelables, elle fixe des taux de rémunération (prix garantis) pour chacun des différents modes de production et régit la répartition des coûts supplémentaires liés aux énergies renouvelables entre tous les consommateurs d'électricité.

Fracturation hydraulique - Fracking La méthode dite de la fracturation hydraulique permet d'exploiter de manière non-conventionnelle des gisements de gaz et de pétrole fixés dans les couches rocheuses du sous-sol. Elle utilise un mélange d'eau, de sable et de produits chimiques qu'on injecte à haute pression dans les couches de roche pour les fracturer.

Gaz à effet de serre Les gaz à effet de serre sont des substances gazeuses présentes dans l'atmosphère et qui contribuent à l'effet de serre. Ils peuvent être d'origine naturelle, mais ils peuvent aussi être produits par les activités humaines. Parmi les principaux gaz à effet de serre, on trouve notamment le dioxyde de carbone, le méthane, le protoxyde d'azote ou oxyde nitreux (le gaz hilarant), les chlorofluorocarbones (ou CFC), l'hexafluorure de soufre et le trifluorure d'azote. La combustion des ressources d'énergie fossiles dégage de grandes quantités de dioxyde de carbone.

Géothermie La géothermie, c'est l'utilisation de l'énergie stockée dans les couches supérieures du sol ou dans les nappes phréatiques. En fonction de la température et des besoins, elle peut être utilisée pour fournir de la chaleur, du froid pour la climatisation, ou pour stocker de l'énergie.

Gestion de la charge par la demande Il s'agit du contrôle ciblé des capacités par la demande.

Ordre de mérite L'ordre de mérite est l'ordre d'utilisation des centrales électriques. Il est déterminé par les coûts marginaux de production d'électricité dans ces centrales. Ainsi, on utilise en priorité les centrales générant les moindres coûts d'exploitation. L'effet correspondant désigne la conséquence qui en résulte, c'est à dire la baisse du cours de l'électricité en bourse.

Particules fines Les particules fines sont constituées d'un mélange complexe de matières fluides et solides d'une taille comprise en un maximum de 10 microns (μm) et moins de 0,1 μm .

Pluie acide Le terme de „pluie acide“ désigne les précipitations dont le pH est inférieur à celui de l'eau pure. La principale cause des pluies acides, c'est la pollution atmosphérique, notamment par des gaz qui se dissolvent dans l'eau en formant des acides. La pluie acide endommage la nature et l'environnement et est considérée comme la principale cause du phénomène de dépérissement des forêts (définition partiellement tirée de Wikipedia).

Production brute d'électricité La production brute d'électricité englobe le total de la quantité d'électricité produite dans un pays. Quand on en déduit la consommation propre des installations de production, on obtient la production nette d'électricité.

Productivité énergétique Le terme de „productivité énergétique“ décrit le degré d'efficacité dans l'utilisation de l'énergie.

Produit Intérieur Brut Le produit intérieur brut est la valeur cumulée de tous les biens (marchandises et services) produit sur une année sur le territoire d'une économie nationale, après déduction de toutes les consommations intermédiaires.

Quotas d'émission (droits d'émission) Pour être autorisées à dégager une certaine quantité de dioxyde de carbone, les centrales électriques et certaines installations industrielles doivent acquérir des quotas d'émission de CO₂. Leur quantité est limitée et diminue au fil du temps.

Rapport Brundtland Le rapport Brundtland „Our Common Future“ a été publié sous la direction de Gro Harlem Brundtland (alors Premier-Ministre norvégien). Ce rapport souligne l'importance du développement durable.

Redevance réseau article 19 Cet article du décret régissant la rémunération des réseaux électriques (Stromnetzentgeltverordnung - NEV) permet d'exonérer partiellement les gros consommateurs des redevances sur les réseaux.

Repowering Le repowering, c'est le processus qui consiste à améliorer le rendement énergétique des anciennes éoliennes en les dotant de nouveaux équipements plus performants afin de continuer à les exploiter.

Réseau électrique Le terme de „réseau électrique“ désigne un réseau de lignes électriques, de centrales de transformation, les centrales électriques et les consommateurs qui y sont connectés.

Smart Grids – réseaux intelligents Les nouvelles technologies numériques doivent permettre d'associer efficacement la production, le transport et la gestion de la charge (c'est à dire la gestion de la demande) d'électricité.

Spinning Jenny C'est le nom donné à la première machine à filer industrielle utilisée dans l'industrie textile.

Technologies de transition Les technologies de transition sont destinées à faciliter temporairement une transition. Ainsi, les centrales thermiques au gaz peuvent être utilisées pour permettre la transition vers les énergies renouvelables, parce qu'elles dégagent moins de CO₂ que les centrales thermiques fonctionnant avec les autres combustibles fossiles.

Tsunami Le terme de „Tsunami“ désigne une vague de crue déclenchée par un séisme, qui peut se déplacer sur de très grandes distances, atteindre des proportions considérables et causer des dommages catastrophiques.

Bibliographie

- Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) 2013: Auch am kürzesten Tag des Jahres liefern Erneuerbare Energien reichlich Strom, <http://www.unendlich-viel-energie.de/auch-am-kuerzesten-tag-des-jahres-liefere-erneuerbare-energien-reichlich-strom> (14.7.2015).
- AEE 2014: 92 Prozent der Deutschen wollen den Ausbau Erneuerbarer Energien, <http://www.unendlich-viel-energie.de/92-prozent-der-deutschen-wollen-den-ausbau-erneuerbarer-energien> (16.7.2015)
- AGORA Energiewende 2015: Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2014, Berlin.
- Alt, Franz 1994: Die Sonne schickt uns keine Rechnung: Die Energiewende ist möglich, München.
- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AG Energiebilanzen) 2014: Energieverbrauch in Deutschland: Daten für das 1. bis 4. Quartal 2014, Berlin, http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=quartalsbericht_q4_2014.pdf (4.2.2015).
- Barthelt, Klaus; Montanus, Klaus 1983: Begeisterter Aufbruch: Die Entwicklung der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland bis Mitte der siebziger Jahre, in: Hohensee, Jens; Salewski, Michael (Hrsg.): Energie – Politik – Geschichte: Nationale und internationale Energiepolitik seit 1945, Stuttgart, S. 89–100.
- Bataille, Marc; Hösel, Ulrike 2014: Energieeffizienz und das Quotenmodell der Monopolkommission, DICE Ordnungspolitische Perspektiven 57, Düsseldorf.
- Bofinger, Peter 2013: Förderung fluktuierender erneuerbarer Energien: Gibt es einen dritten Weg?, Gutachten im Auftrag der Baden-Württemberg Stiftung, Würzburg.
- Brandt, Leo 1957: Die zweite industrielle Revolution, München.
- Brüggemeier, Franz-Josef 2014: Schranken der Natur: Umwelt, Gesellschaft, Experimente 1750 bis Heute, Essen.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2014a: Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2013, Berlin.
- BMWi 2014b: Erneuerbare Energien in Zahlen: Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2013, Berlin.
- BMWi 2014c: Zweiter Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft“, Berlin.
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) 2014: Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2014), Berlin.
- BDEW e.V. 2015: Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2015), Berlin.
- Bundeszentrale für politische Bildung 2015: Die Talfahrt des Ölpreises, <http://www.bpb.de/politik/hintergrund-aktuell/200167/entwicklung-des-oelpreises> (14.7.2015).
- Deutsche Energie-Agentur 2012: dena-Verteilnetzstudie. Ausbau und Innovationsbedarf der Stromverteilnetze in Deutschland bis 2030, Berlin.
- Ehrhardt, Hendrik; Kroll, Thomas (Hrsg.) 2012: Energie in der modernen Gesellschaft: Zeithistorische Perspektiven, Göttingen.
- Eppler, Erhard 1979: Die Bundesrepublik gleicht einem schlecht isolierten Haus, in: Frankfurter Rundschau, 27.6.1979, S. 14.
- Ethik-Kommission Sichere Energieversorgung 2011: Deutschlands Energiewende: Ein Gemeinschaftswerk für die Zukunft, Berlin.
- Europäische Kommission 2015: MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS, DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN UND DIE EUROPÄISCHE INVESTITIONSBANK: Rahmenstrategie für eine krisenfeste Energieunion mit einer zukunftsorientierten Klimaschutzstrategie, 52015DC0080 Final, Brüssel
- Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS) 2010a: Staatliche Förderungen der Stein- und Braunkohle im Zeitraum 1950–2008, FÖS-Studie im Auftrag von Greenpeace, Berlin.
- FÖS 2010b: Staatliche Förderungen der Atomenergie im Zeitraum 1950–2010, FÖS-Studie im Auftrag von Greenpeace, Berlin.
- Frankfurter Allgemeine Zeitung 2015: Abgeordnete stellen sich gegen Fracking-Gesetzentwurf, <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftspolitik/kabinetts-beschliesst-fracking-gesetzentwurf-in-deutschland-13517422.html> (16.7.2015).
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) 2013a: Kohleverstromung zu Zeiten niedriger Börsenstrompreise, Studie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen, Freiburg.
- ISE 2013b: Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien, Freiburg.
- ISE 2014: Kurzstudie zur historischen Entwicklung der EEG-Umlage, Freiburg.
- Fücks, Ralf 2013: Intelligent Wachsen: Die grüne Revolution, München.
- Greenpeace 2015: Brennstoff Kohle, <https://www.greenpeace.de/themen/energiewende/fossile-energien/kohle> (3.8.2015)
- Hamburger Abendblatt 2015: Bsirske: Gabriels Kohle-Abgabe gefährdet 100.000 Jobs, <http://www.abendblatt.de/politik/article205240955/Bsirske-Gabriels-Kohle-Abgabe-gefaehrdet-100-000-Jobs.html> (16.7.2015)
- Hauff, Volker 1986: Energie-Wende – von der Empörung zur Reform: Mit den neuesten Gutachten zum Ausstieg aus der Kernenergie, München.
- Helm, Dieter 2012: The Carbon Crunch: How We're Getting Climate Change Wrong – and How to Fix it, New Haven.
- Hennicke, Peter; Fishedick, Manfred 2010: Erneuerbare Energien: Mit Energieeffizienz zur Energiewende, München.
- Heymann, Matthias 1990: Die Geschichte der Windenergienutzung 1890–1990, Frankfurt; New York.
- Hohensee, Jens; Salewski, Michael (Hrsg.) 1983: Energie – Politik – Geschichte: Nationale und internationale Energiepolitik seit 1945, Stuttgart.
- Institut der deutschen Wirtschaft Köln 2015. Sparsam wachsen, <http://www.iwkoeln.de/infodienste/iw-dossiers/kapitel/der-arbeitsmarkt/beitrag/ressourcen-sparsam-wachsen-102059> (15.7.2015)
- International Energy Agency; OECD et al. 2010: An IEA, OECD and World Bank Joint Report: The Scope of Fossil-Fuel Subsidies in 2009 and a Roadmap for Phasing out Fossil-Fuel Subsidies: Prepared for the G-20 Summit, Seoul 11–12 November 2010, Paris, www.oecd.org/env/cc/46575783.pdf (4.2.2015).
- Kemfert, Claudia 2013: Kampf um Strom: Mythen, Macht und Monopole, Hamburg.
- Kraus, Otto 1960: Bis zum letzten Wildwasser? Gedanken über Wasserkraftnutzung und Naturschutz im Atomzeitalter, Aachen. Krause, Florentin; Bossel, Hartmut et al. 1980: Energie-Wende: Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran: Ein Alternativ-Bericht des Öko-Instituts Freiburg, Frankfurt am Main.

Krewitt, Wolfram; Schломann, Barbara 2006: Externe Kosten aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern, Gutachten im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart; Karlsruhe.

Kurier 2015: Österreich unter Druck wegen AKW-Klage, <http://kurier.at/politik/eu/hinkley-point-c-oesterreich-unter-druck-wegen-akw-klage/110.384.737> (15.7.2015).

Lovins, Amory B. 1978: Sanfte Energie: Das Programm für die energie- und industriepolitische Umrüstung unserer Gesellschaft, Reinbek.

Meyer-Abich, Klaus Michael; Schefold, Bertram 1986: Die Grenzen der Atomwirtschaft: Die Zukunft von Energie, Wirtschaft und Gesellschaft, München.

Monopolkommission Energie 2013: Wettbewerb in Zeiten der Energiewende, Sondergutachten 65, Köln.

Popp, Manfred 2013: Deutschlands Energiezukunft. Kann die Energiewende gelingen?, Weinheim.

Quaschnig, Volker 2013a: Erneuerbare Energien und Klimaschutz, München.

Quaschnig, Volker 2013b: Regenerative Energiesysteme, München.

Radkau, Joachim 1978: Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft 1945–1975: Verdrängte Alternativen in der Kerntechnik und der Ursprung der nuklearen Kontroverse, Reinbek.

Radkau, Joachim 1983: Fragen an die Geschichte der Kernenergie: Perspektivenwandel im Zuge der Zeit (1975–1986), in: Hohensee, Jens; Salewski, Michael (Hrsg.): Energie – Politik – Geschichte: Nationale und internationale Energiepolitik seit 1945, Stuttgart, S. 101–126.

Radtke, Jörg; Hennig, Bettina (Hrsg.) 2013: Die deutsche „Energiewende“ nach Fukushima: Der wissenschaftliche Diskurs zwischen Atomausstieg und Wachstumsdebatte, Marburg.

Sachverständigenrat für Umweltfragen 2013: Fracking zur Schiefergasgewinnung, Ein Beitrag zur energie- und umweltpolitischen Bewertung, http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2012_2016/2013_05_AS_18_Fracking.html (3.8.2015)

Schaaf, Christian 2002: Die Kernenergiepolitik der SPD von 1966 bis 1977 (Magisterarbeit), München.

Scheer, Hermann 2010: Der energetische Imperativ: 100 Prozent jetzt: Wie der vollständige Wechsel zu erneuerbaren Energien zu realisieren ist, München.

Sieferle, Rolf Peter 2003: Nachhaltigkeit in universalhistorischer Perspektive, in: Siemann, Wolfram (Hrsg.): Umweltgeschichte: Themen und Perspektiven, S. 39–60.

Siemann, Wolfram (Hrsg.) 2003: Umweltgeschichte: Themen und Perspektiven, München

Statistisches Bundesamt 2013: Europa 2020 – Die Zukunftsstrategie der EU, Wiesbaden.

Süddeutsche Zeitung 2012: 15 bis 1300 Krebstote – weltweit, <http://www.sueddeutsche.de/gesundheit/die-folgen-von-fukushima-bis-krebstote-weltweit-1.1415333> (16.7.2015).

Süddeutsche Zeitung 2015: Gabriel läutet Ausstieg aus der Kohlekraft ein, <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/energiewende-gabriel-laeutet-ausstieg-aus-der-kohlekraft-ein-1.2401300> (16.7.2015).

Umweltbundesamt (UBA) 2007: Ökonomische Bewertung von Umweltschäden: Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten, Dessau.

UBA 2010: Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbarer Energie, Dessau.

UBA 2014: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2013, Dessau.

UBA 2015: Anteile der erneuerbaren Energieträger, <http://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellung-verbrauch/anteile-der-erneuerbaren-energieerzeuger> (14.7.2015).

Weizsäcker, Ernst Ulrich von; Lovins, Amory B. et al. 1995: Faktor Vier: Doppelter Wohlstand – halbiertes Naturverbrauch: Der neue Bericht an den CLUB of ROME, München.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen 2003: Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit, Berlin, www.wbgu.de/wbgu_jg2003.pdf (4.2.2015).

Zachmann, Georg 2015: Die Europäische Energieunion: Schlagwort oder wichtiger Integrationsschritt? Gute Gesellschaft – Soziale Demokratie 2017plus, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.

Mentions légales :

© 2016

Friedrich-Ebert-Stiftung

Editeur : Division de la politique économique et sociale/
département politique économique et sociale
Godesberger Allee 149 / D-53175 Bonn
Fax 0228 883 9205, www.fes.de/wiso

Commandes/contact : wiso-news@fes.de

L'opinion exprimée dans cette publication ne reflète pas
nécessairement la position de la Friedrich-Ebert-Stiftung.
Sans autorisation préalable écrite de la FES, toute utilisation
commerciale des publications de la FES est interdite.

ISBN: 978-3-95861-431-4

Mise en page : www.stetzer.net

Impression : www.bub-bonn.de

