Énergie en Allemagne

Le secteur de l'**énergie en Allemagne** est l'un des plus importants au monde : il est en particulier 3e importateur net de gaz naturel, 6e importateur net de pétrole, 9e importateur net de charbon, 3e exportateur net d'électricité ; 1er producteur de lignite, 8e producteur de charbon/lignite, 8e producteur d'électricité, 8e producteur d'électricité à base de charbon et lignite, 8e producteur d'électricité nucléaire ; sa place est particulièrement éminente dans la production d'électricité à partir des énergies renouvelables (EnR) : 6e producteur mondial d'électricité renouvelable, 3e rang pour l'éolien, 4e rang pour la biomasse, 5e rang pour le solaire.

Mais c'est aussi l'un des pays où l'électricité est la plus chère : voir Prix de l'électricité en Allemagne, et l'un des plus gros émetteurs de CO_2 lié à l'énergie, au sixième rang mondial en 2019 avec 1,9 % des émissions mondiales pour 1,1 % de la population mondiale. Ses émissions atteignent 7,75 tonnes par habitant, 77 % au-dessus de la moyenne mondiale, contre 4,36 tonnes en France.

Pour sa consommation d'énergie primaire par habitant, l'Allemagne se situe 87 % au-dessus de la moyenne mondiale, mais 1,5 % au-dessous de celle de la France et 47 % au-dessous de celle des États-Unis.

L'Allemagne reste très marquée par sa culture charbonnière : le charbon a été la base de la formidable ascension de l'industrie allemande au XIXe siècle, et reste une des composantes fondamentales de son approvisionnement énergétique (charbon + lignite : 22,2 % de l'énergie primaire consommée en 2018 ; 22,7 % en 2010). L'objectif affiché est cependant de se passer de cette énergie fossile d'ici 2038. L'industrie charbonnière pèse encore très lourd du point de vue de l'emploi et de l'influence politique : le Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie, le plus peuplé (23 % de la population allemande) et le plus fort contributeur au PIB (22 %), est le plus charbonnier avec les mines de lignite et de charbon du bassin de la Ruhr. L'Allemagne est le premier producteur mondial de lignite, utilisé pour produire 22,5 % de son électricité en 2018 (23,0 % en 2010) ; cette production d'électricité à base de lignite est passée de 146 TWh en

Énergie en Allemagne

raffinerie MiRO, à Karlsruhe

Bilan énergétique (2019)

Offre d'énergie primaire (TPES)	300,8 M tep (12 595 PJ)
par agent énergétique	pétrole : 33,7 % gaz naturel : 26,7 % charbon : 18 % électricité : 11,4 % bois : 10,2 %
Énergies renouvelables	16 %
Consommation totale (TFC)	200,9 M tep (8 412,5 PJ)
par habitant	2,4 tep/hab. (101,5 GJ/hab.)
par secteur	ménages : 27 % industrie : 28,8 % transports : 27,9 % services : 14,4 % agriculture : 1,8 % pêche : 0 %

Électricité (2019)

Production	618,24 TWh
par filière	thermique : 45,3 % éoliennes : 20,4 % nucléaire : 12,1 % biomasse/déchets : 9,3 % autres : 7,9 % hydro : 4,2 %

2010 à 161 TWh en 2013, niveau record depuis 1990, lorsque les centrales de l'ex-RDA tournaient à plein régime ; depuis, elle est redescendue à 145,5 TWh en 2018. Un signe flagrant de la persistance de cette culture charbonnière est l'utilisation fréquente dans les statistiques allemandes de l'unité « tec » (tonne équivalent charbon, en allemand : SKE, Steinkohleeinheit) au lieu de la « tep » (tonne équivalent pétrole) utilisée dans les statistiques mondiales. Les émissions de CO_2 des centrales au lignite sont très élevées : 980 à 1 230 gCO_2/kWh, contre 410 à 430 gCO_2/kWh pour les centrales à cycle combiné gaz par exemple.

Depuis le début du XXIe siècle, le pays développe rapidement les énergies renouvelables (EnR), notamment électriques, mais la prépondérance des énergies fossiles dans l'offre d'énergie primaire reste en 2018 toujours la norme : 13,8 % de l'offre est couverte par des sources renouvelables (9,9 % en 2010), contre 79,6 % par des sources fossiles (78,0 % en 2010)[n 1]. Dans le secteur électrique, 35 % de la production provenait d'EnR en 2018, dont 17,3 % d'éolien, 7,1 % de solaire et 7,1 % de biomasse.

Combustibles (2019 (Mtep))	
Production	pétrole : 3,20 gaz naturel : 4,79 charbon : 28,20 bois : 30,74
Commerce extérieur (2018 (Mtep))	
Importations	électricité : 3,45 pétrole : 130,14 gaz naturel : 83,66 charbon : 27,56 bois : 2,69
Exportations	électricité : 6,26 pétrole : 20,23 charbon : 1,53 bois : 2,87
Sources	
Agence internationale de l'énergie[1, 2] NB : dans le bilan énergétique, l'agent « bois » comprend l'ensemble biomasse-déchets.	

Le nucléaire ne contribuait qu'à hauteur de 10,8 % d'énergie primaire en 2010, et cette part a fortement baissé en 2011 : 8,7 % à la suite des fermetures de centrales post-Fukushima ; elle n'est plus que de 6,3 % en 2018 (11,8 % de la production d'électricité).

L'électricité représentait seulement 20,5 % de la consommation finale d'énergie totale en Allemagne en 2018 et la chaleur de réseau 4,5 %.

Une autre particularité allemande est l'ampleur de l'intervention des collectivités locales dans le secteur énergétique : Länder et communes, en particulier sous la forme des Stadtwerke (littéralement "ateliers municipaux"), qui sont l'équivalent des régies municipales françaises, mais avec des domaines d'activité beaucoup plus larges : distribution de l'eau, de l'électricité et du gaz, collecte et traitement des déchets, chauffage urbain, transports urbains, etc. Les grandes villes affichent des objectifs de politique énergétique globale avec souvent une volonté d'autonomie poussée.

Sommaire

- **Vue d'ensemble**
- **Comparaisons internationales**
- **Ressources énergétiques**
  - Ressources énergétiques primaires locales
    - Énergies renouvelables
      - Biomasse
      - Biogaz
      - Solaire thermique
    - Charbon et lignite
    - Pétrole
    - Gaz naturel
  - Ressources énergétiques primaires importées
    - Charbon et lignite
    - Pétrole et produits pétroliers
    - Gaz naturel
  - Énergie nucléaire
  - Coûts de production
    - Financement des énergies renouvelables
    - Prix des énergies renouvelables
- **Consommation d'énergie primaire**
- **De l'énergie primaire consommée à l'énergie finale consommée**
- **Énergie finale consommée**
  - Consommation finale répartie par source
  - Consommation finale répartie par secteur
  - Consommation finale des ménages
  - Consommation finale des transports
- **Secteur de l'électricité**
- **Réseaux de chaleur**
- **Politique énergétique**
  - Quelques dates clés
    - Loi sur l'injection d'EnR de 1990
    - Lois EEG et Atomaustieg de 2001
    - Energiekonzept de 2010
    - Gesetzpaket de 2011 - sortie de l'atome
    - Nouvelle loi EEG de 2014
    - Plan de protection du climat 2050
    - Accord de coalition 2018
    - Plan de sortie du charbon
    - Plan d'action pour le climat
    - Révision à la hausse de l'objectif climatique

- Les difficultés de la transition énergétique
  - Restructuration du réseau électrique
  - Compensation de la perte de 10 GWe nucléaire
  - Compensation de l’intermittence des EnR
  - Hausse excessive du prix de l'électricité
  - Perturbation du marché de l'électricité
  - Augmentation des émissions de CO_2 d'ici 2022
- Prospective

Impact environnemental
- Émissions de gaz à effet de serre
- Émissions de CO_2
- Pollution atmosphérique

Notes et références
- Notes
- Références

Voir aussi
- Articles connexes
- Liens externes

Vue d'ensemble

Évolution des principaux indicateurs de l'énergie en Allemagne[1]						
	Population[k 1]	**Consommation énergie primaire**	**Production**	**Importation nette**	**Consommation électricité**	**Émissions de CO_2**[k 1]
Année	Millions	Mtep	Mtep	Mtep	TWh	Mt CO_2éq
1990	79,4	351	186	167	527	940
2000	81	337	135	206	546	812
2008	81	332	133	210	590	775
2009	80	310	127	198	558	720
2010	80	326	129	204	594	759
2011	80	310	123	199	585	731
2012	80	311	123	199	585	745
2013	81	318	121	207	582	764
2014	81	306	120	196	570	723
2015	82	308	120	198	573	730
2016	82	310	116	205	573	732
2017	82,7	311	115	207	574	719
2018	82,9	302	112	200	568	696
2019	83,1				549	644
variation 1990-2018	+4,5 %	-14 %	-40 %	+20 %	+8 %	-26 %

Comparaisons internationales

Selon les statistiques de l'Agence internationale de l'énergie, l'Allemagne apparait dans le « *top ten* » pour de nombreux indicateurs du domaine de l'énergie:

Place de l'Allemagne dans les classements mondiaux

Source d'énergie	indicateur	rang	année	quantité	unité	% monde	commentaires
Pétrole brut[k 2]	Importation nette	6e	2019	86	Mt	4,2 %	1er : Chine (505 Mt), 2e : Inde (227 Mt), 3e : États-Unis (202 Mt)
Raffinage[k 3]	Capacité de distillation de brut	10e	2020	2,02	Mbarils/jour	2,0 %	1er : États-Unis (18,38 Mb/j), 2e : Chine (17,04 Mb/j)
	Importation nette (brut+produits pétroliers)	5e	2019	106	Mt	4,8 %	1er : Chine (497 Mt)
Gaz naturel[k 4]	Importation nette	3e	2020p	83	Gm³	8,5 %	1er : Chine (125 Gm^3), 2e : Japon (105 Gm^3)
Charbon+lignite[k 5]	Production	8e	2020p	107	Mt	1,4 %	1er : Chine (3 764 Mt)
	Importation nette	9e	2020p	29	Mt	2,3 %	1er : Chine (306 Mt)
Électricité[k 6]	Production	8e	2019	603	TWh	2,2 %	1er : Chine (7 472 TWh), 2e : États-Unis (4 371 TWh)
	Exportation nette	3e	2019	33	TWh	9,8 %	1er : France (58 TWh), 2e : Canada (47 TWh)
Prod.élec.par sources**[k 7]	Charbon/lignite	8e	2019	182	TWh	1,8 %	1er : Chine (4 876 TWh), 2e : Inde (1 181 TWh), 3e : États-Unis (1 070 TWh)
	Renouvelables	6e	2019	242	TWh	3,5 %	1er : Chine (2 015 TWh), 2e : États-Unis (767 TWh)
Nucléaire[k 8]	Production	8e	2019	75	TWh	2,7 %	1er : États-Unis (843 TWh), 2e : France (399 TWh), 3e : Chine (348 TWh)
	Puissance installée	10e	2020	8	GW	2,0 %	1er : États-Unis (97 GW), 2e : France (61 GW)
	% nucléaire/élec*	8e	2019	12,3	%		1er : France (69,9 %)
Énergie éolienne[k 9]	Production élec.	3e	2019	126	TWh	8,8 %	1er : Chine (406 TWh), 2e : États-Unis (298 TWh)
	Puissance installée	3e	2019	60,9	GW	9,8 %	1er : Chine

							(210,3 GW), 2e : États-Unis (103,7 GW)
	% éolien/élec*	1er	2019	20,7	%		2e : Espagne (20,4 %), 3e : Royaume-Uni (19,9 %)
Solaire PV[k 10]	Production élec.	5e	2019	46	TWh	6,8 %	1er : Chine (224 TWh), 2e : États-Unis (94 TWh), 3e : Japon (69 TWh)
	Puissance installée	4e	2019	49,2	GW	8,2 %	1er : Chine (205,2 GW)
	% solaire PV/élec*	2e	2019	7,6	%		1er : Italie (8,1 %)
Biomasse[3]	Production élec.	4e	2018	44,7	TWh	7,0 %	1er : Chine (90,6 TWh), 2e : États-Unis (59,5 TWh), 3e : Brésil (53,9 TWh)
*** % nucléaire (ou éolien ou solaire)/total production d'électricité ** production d'électricité par sources 2020p = estimation provisoire pour 2020.**							

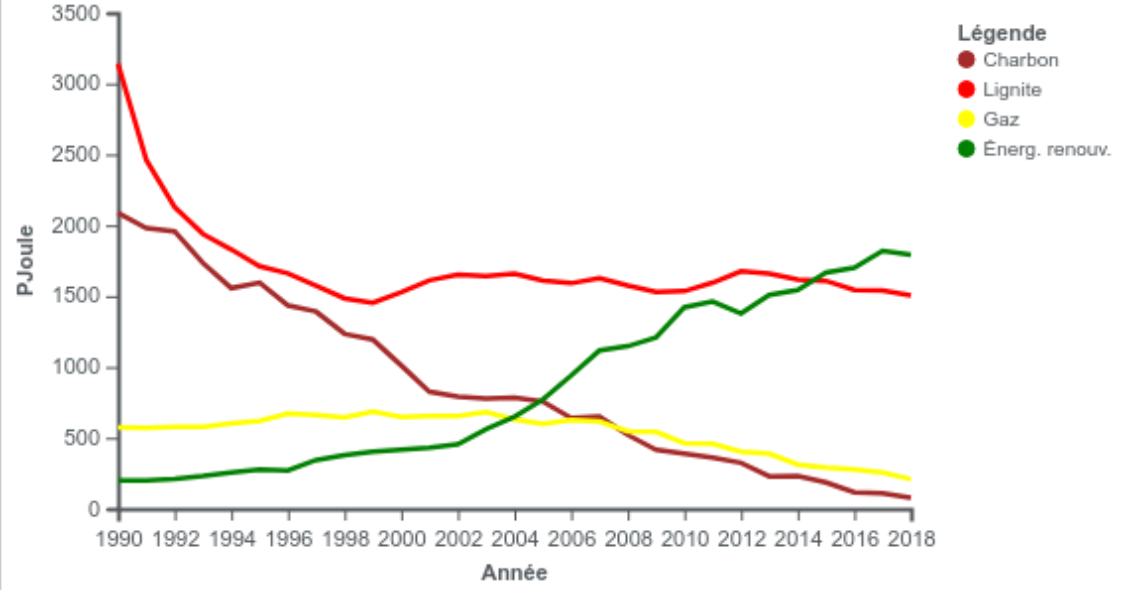
Ressources énergétiques

L'Allemagne utilise de nombreux agents énergétiques primaires pour répondre à ses besoins ; ils proviennent en grande partie de l'importation.

Les statistiques allemandes sont habituellement présentées en pétajoules (PJ ; 1 PJ = 10^{15} joules soit un million de milliards de joules), unité du Système international, alors qu'en France subsiste une vieille habitude de présentation en tep (tonnes équivalent pétrole), unité qui devient obsolète du fait du recul de la part du pétrole dans l'économie énergétique mondiale.

Conversion : 1 kWh = 3 600 000 J ; 1 joule = $2{,}777\,77 \times 10^{-7}$ kWh ; 1 PJ = 0,277 777 TWh.

Ressources énergétiques primaires locales



Production d'énergie primaire par source en Allemagne
Source : AGEB[b 1]

Production d'énergie primaire par source[n 2]

en PJ	**1990**	*%*	**2000**	*%*	**2010**	*%*	**2015**	**2016**	**2017**	**2018***	***% 2018***	**var.2018 /1990**
Charbon	2 089	*33,6*	1 012	*26,7*	387	*9,3*	185	115	108	77	***2,0 %***	-96 %
Lignite	3 142	*50,5*	1 528	*40,3*	1 535	*36,9*	1 608	1 544	1 540	1 506	***38,8 %***	-52 %
Pétrole	156	*2,5*	131	*3,5*	107	*2,6*	103	100	94	88	***2,3 %***	-44 %
Gaz	575	*9,2*	649	*17,1*	462	*11,1*	290	277	254	208	***5,4 %***	-64 %
Énergie renouvelable	200	*3,2*	417	*11,0*	1 421	*34,2*	1 666	1 700	1 820	1 793	***46,1 %***	+796 %
Autres**	62	*1,0*	56	*1,5*	244	*5,9*	224	236	235	214	***5,5 %***	+245 %
Total	**6 224**	*100*	**3 793**	*100*	**4 155**	*100*	**4 076**	**3 973**	**4 051**	**3 886**	***100 %***	-38 %

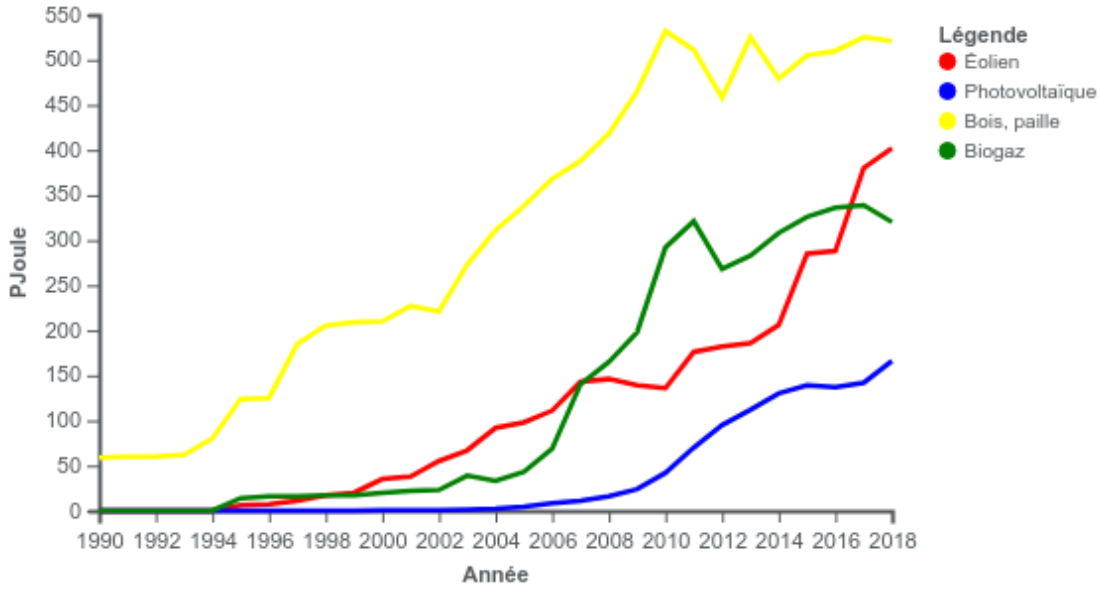
Source des données : AGEB[b 1] ; * 2017 : provisoire
** Autres : déchets non renouvelables et "chaleur résiduelle pour la production d'électricité et de chaleur".

Les combustibles fossiles deviennent minoritaires en 2017 avec 49,3 % de la production totale contre 51,3 % en 2016 ; ils poursuivent leur déclin en 2018 à 48,4 % ; le lignite reste le principal d'entre eux ; bien que sa production ait baissé de moitié en 28 ans, elle a fortement remonté de 2010 à 2012 : +9,2 %, du fait de l'arrêt de plusieurs centrales nucléaires après Fukushima ; elle est revenue en 2017 au niveau de 2010.

Les conventions usuelles pour définir l'énergie primaire dans le bilan énergétique ont pour effet de minorer la part des énergies renouvelables électriques[n 3] ; avec des conventions plus conformes au service réellement rendu par les diverses énergies[n 4], la part des énergies renouvelables en 2018 passerait à près de 54 % au lieu de 46 %.

Énergies renouvelables

En 2018, la production d'énergie renouvelable atteignait 1 815 PJ, soit 13,8 % de la consommation totale d'énergie primaire, répartie en :



Énergies renouvelables dans la consommation primaire d'énergie en Allemagne
Source : BMWE[a 1]

Contribution des énergies renouvelables à la consommation d'énergie primaire[a 1].

PJ	1990	%	2000	%	2010	%	2015	2016	2017	2018	% 2018
Hydraulique	58	*29,5*	92	*22,1*	75	*5,3*	68	74	73	65	***3,6 %***
Éolien	-	-	35	*8,3*	136	*9,6*	285	288	380	402	***22,1 %***
Solaire PV	-	-	0,3	*0,1*	42	*3,0*	139	137	142	166	***9,2 %***
Bois, paille, etc.	59	*29,9*	210	*50,3*	532	*37,6*	505	510	525	521	***28,7 %***
Agrocarburants	-	-	13	*3,0*	191	*13,5*	117	118	118	124	***6,8 %***
Déchets urbains	80	*40,6*	39	*9,3*	106	*7,5*	129	133	138	126	***7,0 %***
Biogaz	-	-	20	*4,7*	292	*20,6*	326	336	339	320	***17,6 %***
Autres	-	-	9	*2,2*	39	*2,8*	74	80	84	91	***5,0 %***
Total ENR	**196**	*100*	**417**	*100*	**1413**	*100*	**1644**	**1676**	**1797**	**1815**	**100 %**
% cons.én.pr.	**1,3 %**		**2,9 %**		**9,9 %**		**12,4 %**	**12,4 %**	**13,3 %**	**13,8 %**	

Solaire PV = Solaire photovoltaïque ; agrocarburants = biodiesel, éthanol, etc. ; déchets urbains : + gaz de décharge
Autres = pompes à chaleur, géothermie, solaire thermique
% cons.én.pr. = part des EnR dans la consommation d'énergie primaire.

NB : les conventions utilisées pour calculer les énergies primaires minorent les énergies renouvelables électriques[n 3] ; avec des conventions plus réalistes[n 4], leur part atteint en 2017 : 7,3 % pour l'hydraulique, 38,6 % pour l'éolien et 14,5 % pour le PV ; au total, la part des EnR dans la consommation primaire atteint 20,2 %.

L'utilisation des EnR se répartit comme suit :

Production d'énergie renouvelable par usage et par filière[a 1] TWh

Usage/filière	2016	2017	2018	*% de la prod. brute*
Production d'électricité				
Hydraulique[n 5]	20,55	20,15	18,00	*2,8 %*
Éolien	79,92	105,69	109,95	*17,1 %*
Photovoltaïque	38,10	39,40	45,78	*7,1 %*
Biomasse	45,00	44,97	44,62	*7,0 %*
Déchets[n 6]	5,93	5,96	6,16	*1,0 %*
Géothermie	0,17	0,16	0,17	*0,03 %*
total prod. électricité	**189,67**	**216,34**	**224,68**	***35,0 %***
Production de chaleur				
Biomasse[n 7]	133,64	136,82	134,55	*11,2 %*
Déchets[n 6]	11,67	12,67	12,95	*1,1 %*
Solaire thermique	7,69	7,85	8,88	*0,7 %*
Géothermie profonde	1,15	1,17	1,13	*0,1 %*
Géothermie de surface[n 8]	11,41	12,41	13,50	*1,1 %*
total production de chaleur	**165,56**	**170,92**	**171,02**	***14,2 %***
Transports				
Biodiesel	20,87	21,29	22,34	*3,5 %*
Huile végétale	0,04	0,04	0,02	*ns*
Bioéthanol	8,66	8,53	8,75	*1,4 %*
Biométhane	0,38	0,44	0,39	*0,1 %*
Électricité	3,71	4,03	4,59	*0,7 %*
total ventes de carburants	**33,66**	**34,33**	**36,09**	***5,2 %***

Les énergies renouvelables électriques[n 3] sont étudiées dans l'article Électricité en Allemagne. Les Enr thermiques, utilisées directement sans transformation en électricité, sont étudiées ci-dessous.

Biomasse

- (de) Cet article est partiellement ou en totalité issu de l'article de Wikipédia en allemand intitulé « Biomasseheizkraftwerk (https://de.wikipedia.org/wiki/Biomasseheizkraftwerk?oldid=114930864) » (voir la liste des auteurs (https://de.wikipedia.org/wiki/Biomasseheizkraftwerk?action=history)).

La biomasse représente en 2018 près de la moitié de la consommation d'énergie renouvelable allemande, dont 28,7 % pour le bois et autres biomasses solides, 7 % pour les déchets, 6,8 % pour les agrocarburants et 17,6 % pour le biogaz ; elle contribue pour 20 % à la production d'électricité renouvelable (7 % de la production totale d'électricité) et pour 79 % à la production de chaleur et de froid à partir d'énergies renouvelables (11,2 % de la production totale de chaleur)[a 1].

Le bois est très utilisé pour le chauffage domestique : en Bavière, 1,8 million de foyers utilisent le bois pour se chauffer, économisant plus de 3 milliards de litres de fioul par an[4]

Les combustibles utilisés dans les centrales à biomasse (électriques et/ou chaleur) sont :

- la plaquette forestière, broyat de bois issu de l'exploitation forestière ou de la collecte de bois usagé (encombrants, traverses de chemin de fer, etc.), ou encore de taillis à courte rotation (saule, peuplier, eucalyptus) ;
- le granulé de bois issu du compactage des résidus de scieries comme les sciures et copeaux provenant directement de la sylviculture ;
- la paille ou les céréales ;
- le miscanthus géant : espèce hybride de plantes herbacées créée dans un but de production énergétique en raison de sa productivité et de sa teneur en lignocellulose ;
- les déchets organiques de toutes sortes ;
- les déchets combustibles : pneumatiques, épaves, sous-produits de papeteries, rejets du système de recyclage des déchets, rejets des casses automobiles (sièges, etc.), boues des stations d'épuration ;
- les fibres textiles…

Centrale biomasse de STEAG à Lünen
Combustible : 135 000 t/an de bois usagé.

Centrale biomasse de Vattenfall à Sellessen (Brandebourg).

Les centrales à biomasse sont de taille modeste, car elles doivent être proches de leurs sources de combustible (forêts, exploitations agricoles, usines de pâte à papier, etc.) afin de minimiser les coûts de transport ; parmi les plus importantes, on peut citer :

- centrale biomasse (20 MW) de STEAG[n 9] à Lünen en Rhénanie-du-Nord-Westphalie : mise en service en 2006, elle brûle 135 000 t/an de bois usagé ;
- une centrale identique est exploitée depuis 2006 à Hambourg ;
- MVV Énergie, Stadtwerk de Mannheim, exploite depuis 2003 deux centrales à plaquette forestière à Flörsheim am Main en Hesse (15 MW) et à Mannheim dans le Bade-Wurtemberg (20 MW) ;
- centrale à cogénération à bois d'Evonik à Ilmenau en Thuringe : alimente en vapeur (10 MWth) le réseau de chauffage urbain et l'usine verrière voisine, et produit de l'électricité (5 MWe) ;
- centrale à cogénération à bois de Vattenfall à Sellesen à Spremberg-Haidemühl dans le Brandebourg : alimente depuis 2006 en vapeur (3,5 MWth) le réseau de chauffage urbain et produit de l'électricité (2,8 MWe) à partir de broyats de bois (30 000 t/an) ;
- centrale à cogénération à bois de GDF Suez à Zolling en Bavière, sur le site d'une centrale charbon : produit depuis 2003 de l'électricité (20 MWe) et de la vapeur en brûlant du bois, y compris des traverses de chemin de fer ;
- centrale à cogénération à bois de RWE Innogy à Berlin-Rudow : alimente depuis 2003 le réseau de chaleur (65 MWth) de la ville de Berlin-Gropiusstadt et produit de l'électricité (20 MWe) à partir de bois usagé.

Biogaz

La part du biogaz et du biométhane dans la consommation d'énergie primaire a atteint 320 PJ en 2018, soit 17,6 %[a 1]. À cela s'ajoute l'utilisation du biogaz comme carburant : les 100 000 véhicules à gaz peuvent s'alimenter dans un tiers des stations à gaz en mélange gaz naturel-biométhane et dans 180 des 919 stations de gaz en biométhane 100 %. Au total, 0,4 TWh de biométhane ont été utilisés comme carburant en 2013[5].

La production de biométhane (*Bio-Erdgas* : biogaz purifié ayant les mêmes qualités que le gaz naturel raffiné, donc injectable dans les réseaux de gaz) augmente rapidement : en 2016, 865 Mm^3 (millions de m^3) de biométhane produits par 196 installations ont été injectés dans les réseaux de gaz naturel contre 780 Mm^3 en 2015 et 275 Mm^3 en 2011[e 1] ; les objectifs du gouvernement fédéral sont de 6 Mds m^3 en 2020 et 10 Mds m^3 en 2030[5] (à comparer avec la production allemande de gaz naturel : 11,1 Mds m^3 en 2013).

Solaire thermique

Charbon et lignite

Les réserves prouvées récupérables de charbon de l'Allemagne étaient estimées par BP[n 10] à 35,9 milliards de tonnes fin 2019 (charbon sub-bitumineux et lignite), soit 268 années de production au rythme de 2019. Ces réserves classaient l'Allemagne au 7e rang mondial avec 3,4 % du total mondial[6].

En 2017, la production primaire de combustibles solides atteignait 1 648 PJ soit 41 % de la production d'énergie primaire allemande[a 2], dont :

- charbon : 108 PJ (2,7 %) ; 3,67 Mt ont été produits en 2017, contre 33,6 Mt en 2000[a 3] ;
- lignite : 1 540 PJ (38,3 %). Les 171,3 Mt (millions de tonnes) produits en 2017 (contre 167,7 Mt en 2000 et 185,4 Mt en 2012) ont été utilisés à raison de 153,2 Mt (89,4 %) pour la production d'électricité[a 4].

Les réserves de charbon économiquement exploitables de l'Allemagne sont évaluées par le BGR[7] (Agence Fédérale pour les Sciences de la Terre et les Matières Premières) à 8 Mt en 2016 (61e rang mondial), plus 83 Mds de tonnes de ressources potentielles (12e rang mondial ; 0,5 % des ressources mondiales) ; les charbonnages allemands (RAG) contestent l'estimation des ressources, qu'elles évaluent à 2,5 Mds de tonnes techniquement exploitables ; la production 2016 atteignait 4,1 Mt (21e rang mondial) contre 14,1 Mt en 2010 ; la consommation 2016 était de 56,9 Mt (11e rang mondial) et les importations de 53,1 Mt (6e rang mondial, 4,2 % des importations mondiales)[g 1].

Le Conseil mondial de l'Énergie évaluait en 2014 les réserves prouvées récupérables à 40,5 Mds de tonnes, presque uniquement sous forme de lignite[8].

Les réserves de lignite sont estimées en 2016 à 36 100 Mt, au 3e rang mondial avec 11,4 % des réserves mondiales, derrière la Russie (28,7 %) et l'Australie (24,2 %), plus 36 500 Mt de ressources potentielles (11e rang mondial, 0,8 % du total mondial) ; l'Allemagne se classe en 2016 au **1er rang mondial** pour sa **production de lignite** avec 171,5 Mt, soit 17,3 % de la production mondiale, devant la Chine : 14,1 %, et pour sa consommation de lignite : 168,2 Mt, soit 17,0 % de la consommation mondiale[g 2].

Mine de lignite de Garzweiler, à l'arrière-plan l'usine de lignite.

Lignite de la mine de Welzow-Sud.

Mine de lignite de Hambach en 2006.jpg.

Le groupe RWE-RHEINBRAUN, filiale du holding RWE en extrait environ 100 millions de tonnes par an dans trois mines à ciel ouvert dans la Rhénanie-du-Nord-Westphalie (entre Cologne, Aix-la-Chapelle et Mönchengladbach). Ces mines sont celles de Hambach I, Inden I et II et Garzweiler I, qu'il est prévu d'exploiter jusque vers 2050, malgré leur contribution majeure à l'émission de gaz à effet de serre : 980-1 230 g CO_2/kWh, contre 410-430 g CO_2/kWh pour les centrales à cycle combiné gaz. Les pelleteuses descendent jusqu'à 450 mètres de profondeur dans des excavations de plusieurs kilomètres de large. Les engins avancent en creusant d'un côté et en comblant de l'autre, ce qui explique que la mine se déplace dans le paysage.

Le charbon a longtemps été un des fondements essentiels de la puissance industrielle allemande, et la culture charbonnière a laissé une empreinte indélébile en Allemagne. Mais l'Allemagne n'est plus, en 2016, que le 21e producteur de charbon du monde, avec 4,1 Mt (0,1 % seulement)[g 1]. En 1970, elle était encore 6e avec 108,6 Mt.

Les gisements allemands de charbon se situent surtout dans la Ruhr et en Sarre ; seules trois mines restent en activité dans la Ruhr, avec une production annuelle d'environ 8 Mt ; la mine Auguste Victoria à Marl ferme fin 2015, les deux autres mines fin 2018. La mine de Prosper-Haniel fermant le 21 décembre 2018[9].

Les charbonnages (RAG Deutsche Steinkohle AG) reçoivent des subventions de l'État fédéral : 2 milliards d'euros en 2008, après 29,9 Mds de 1997 à 2006 (3 Mds/an), plus 4,9 Mds d'euros du Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie ; en 2007, l'État fédéral et les Länder de Sarre et de Rhénanie-du-Nord-Westphalie se sont entendus pour mettre fin à ces subventions d'ici 2018, année où l'extraction de charbon cesse définitivement. La loi qui formalise cet accord est entrée en vigueur le 27/12/2007 : elle prévoit un total de subventions de 13,9 Mds euros de 2009 à 2017. En juillet 2010, la Commission européenne a proposé de cesser les subventions en octobre 2014, mais à la suite des critiques allemandes, le Conseil de l'Union européenne a admis la poursuite des subventions jusqu'à 2018, mais avec un profil de réduction plus rapide.

Pétrole

En 2017, la production de pétrole était de 94 PJ soit 2,3 % de la production d'énergie primaire allemande et 2,0 % des besoins du pays en pétrole[a 2].

En 2016, selon l'Agence allemande des matières premières (Deutsche Rohstoffagentur), l'Allemagne avait 32 Mt de réserves économiquement exploitables plus 240 Mt de ressources potentiellement récupérables, dont 20 Mt de pétrole conventionnel, 70 Mt de pétrole de schiste et 150 Mt de pétrole de réservoirs étanches (*tight oil*) ; elle se classait au 58e rang mondial pour ses réserves et au 85e rang mondial pour les ressources ; sa production 2016 était de 2,4 Mt (58e rang mondial) et sa consommation de 109,8 Mt, au 9e rang mondial avec 2,5 % de la consommation mondiale ; ses importations de brut atteignaient 91,1 Mt, au 6e rang mondial avec 4,0 % des importations mondiales[g 3].

Gaz naturel

Les réserves économiquement exploitables de gaz naturel en Allemagne sont estimées en 2015 à 70 Mds m^3 (57e rang mondial), plus 1 360 Mds m^3 de ressources potentielles (48e rang mondial), dont 20 Mds m^3 de gaz conventionnel, 800 Mds m^3 de gaz de schiste, 450 Mds m^3 de gaz de couche et 90 Mds m^3 de gaz de réservoir compact ; la production 2016 a été de 9,0 Mds m^3 (44e rang mondial, avec 0,2 % de la production mondiale et 3,6 % de la production de l'Europe), sa consommation de 101,5 Mds m^3, au 7e rang mondial avec 2,8 % de la consommation mondiale, ses importations de 112 Mds m^3, au 1er rang mondial, avec 10,3 % des importations mondiales, devant le Japon, et ses exportations de 19,3 Mds m^3, au 13e rang mondial, avec 1,8 % des exportations mondiales[g 4].

En 2017, la production de gaz naturel (surtout dans le Nord du pays) atteignait 241 PJ soit 6,0 % de la production d'énergie primaire allemande et 7,5 % des besoins en gaz du pays[a 2].

En 2011, l'Allemagne était 38e producteur mondial de gaz naturel avec 11,9 milliards de m^3, soit 0,4 % de la production mondiale ; cette production diminue d'année en année : en 1980, elle atteignait encore 26,9 milliards de m^3[10].

La principale entreprise productrice de gaz est BEB Erdgas und Erdöl GmbH (siège à Hanovre), filiale de Shell et Esso.

Les ressources de l'Allemagne en **gaz de schiste** pourraient être importantes : le 4 avril 2011, Gernot Kalkoffen, patron du géant pétrolier ExxonMobil Europe centrale, confiait au journal Handelsblatt qu'il pourrait investir des centaines de millions d'euros pour exploiter les réserves de gaz de schiste en Rhénanie du nord-Westphalie : « Nous tablons pour la phase d'exploration sur une somme significative dans les centaines de millions d'euros ». Avec 2 100 milliards de mètres cubes de réserves estimées de gaz de schiste, la Rhénanie du nord disposerait des deuxièmes ressources en gaz naturel d'Europe[11]. Après avoir commandé une étude sur les différentes réglementations et procédures relatives à l'exploration et l'exploitation de gaz de schiste en Pologne, France, Allemagne et Suède, la Commission européenne a estimé qu'il n'y avait pas lieu d'introduire de nouveaux textes règlementaires à l'échelle européenne. L'Allemagne a stoppé tous travaux après la réalisation de six forages (dont un suivi d'une fracturation hydraulique) depuis 2008, dans l'attente des conclusions d'un groupe de travail réunissant des scientifiques et des représentants de l'industrie et du gouvernement[12].

La société Wintershall, filiale du groupe pétrolier allemand BASF, a annoncé vouloir prospecter deux concessions situées en Westphalie afin de trouver des gisements de gaz de schiste. Alors que l'Allemagne ne s'est pas prononcée sur la technique de la fracturation hydraulique, contrairement à la France, cette prospection de la part de Wintershall pourrait bien accélérer le processus et conduire à la nécessité d'une législation pour ou contre le gaz de schiste chez nos voisins. Selon l'institut fédéral de géologie allemand, les réserves de gaz de schiste du sous-sol allemand seraient comprises entre 0,7 et 2,3 milliards de m^3[13].

Ressources énergétiques primaires importées

Les importations couvrent 70,1 % des besoins en énergie de l'Allemagne en 2017 contre 56,8 % en 1990 ; le taux de dépendance est proche de 100 % pour tous les combustibles sauf le lignite :

Importation nettes d'énergie primaire par filière (soldes importateurs et taux de dépendance)[a 2]

PJ	1990	*% dép.*	2000	*% dép.*	2010	*% dép.*	2015	2016	2017	***% dép. 2017***
Charbon	177	*7,7 %*	906	*44,8 %*	1 321	*77,0 %*	1 529	1 605	1 393	***93,7 %***
Lignite	-32	*-1,0 %*	19	*1,2 %*	-25	*-1,6 %*	-40	-29	-31	***-2,1 %***
Pétrole	4 956	*95,0 %*	5 215	*94,8 %*	4 578	*97,8 %*	4 432	4 509	4 558	***97,0 %***
Gaz naturel	1 761	*75,6 %*	2 368	*79,1 %*	2 587	*81,3 %*	2 463	2 732	2 986	***92,1 %***
Uranium	1 606	*96,3 %*	1 851	*100 %*	1 533	*100 %*	1 001	923	833	***100 %***
Total	**8 471**	*56,8 %*	**10 371**	*72,0 %*	**9 923**	*69,8 %*	**9 189**	**9 534**	**9 524**	***70,1 %***

% dép. = taux de dépendance (solde importateur+soutes internationales/total des ressources primaires).

Charbon et lignite

En 2017, l'Allemagne a importé 51,2 Mt de charbon contre 57,0 Mt en 2016. Ces importations de charbon proviennent surtout de Russie (38,5 %), des États-Unis (17,8 %), de Colombie (12,7 %), d'Australie (11,0 %) et de Pologne (5,2 %) ; de 2010 à 2013, la part des États-Unis est passée de 12,7 % à 22,8 % sous l'effet du boom du gaz de schiste qui a évincé le charbon des centrales américaines, forçant les producteurs américains à brader leur charbon[a 5].

L'Allemagne a exporté 0,9 Mt de produits à base de lignite en 2015 mais n'en a plus exporté depuis[a 4].

Pétrole et produits pétroliers

En 2017, l'Allemagne a importé 90,74 Mt de pétrole brut ; voici l'évolution de ces importations et de leur répartition :

Importations de pétrole brut et répartition par provenance[a 6]

Provenance	1990	2000	2010	2015	2016	2017
Importations (Mt)	**88,1**	**103,6**	**93,3**	**91,3**	**91,2**	**90,74**
Moyen-Orient	19,1 %	13,1 %	5,7 %	4,2 %	4,5 %	7,3 %
dont : Arabie saoudite	6,8 %	4,4 %	0,8 %	1,3 %	0,9 %	1,1 %
dont : Syrie	4,0 %	6,8 %	2,9 %	0 %	0 %	0 %
dont : Iran	3,3 %	0,9 %	1,6 %	0 %	0 %	0,9 %
dont : Irak	0,2 %	0,2 %	0,4 %	2,6 %	3,4 %	5,2 %
Afrique	26,1 %	20,6 %	16,5 %	18,9 %	13,5 %	18,3 %
dont : Libye	13,1 %	11,4 %	7,8 %	3,1 %	1,9 %	7,6 %
dont : Nigeria	7,0 %	1,9 %	4,2 %	7,3 %	4,2 %	5,4 %
dont : Algérie	4,0 %	6,3 %	1,1 %	3,8 %	3,6 %	2,2 %
Russie	24,2 %	28,7 %	36,3 %	35,7 %	39,5 %	36,9 %
Norvège	7,5 %	17,9 %	9,5 %	13,6 %	12,3 %	11,4 %
Royaume-Uni	16,9 %	12,6 %	14,0 %	10,9 %	10,1 %	9,4 %
Venezuela	5,2 %	1,8 %	1,3 %	0,1 %	0,4 %	0,7 %
Autres	1,1 %	5,3 %	16,6 %	16,6 %	19,6 %	16,0 %
part OPEP	41,3 %	27,6 %	17,8 %	18,9 %	15,4 %	23,5 %

Les importations ont baissé de 19,1 % depuis le pic de 112,2 Mt atteint en 2005.

Gaz naturel

En 2017, l'Allemagne a importé 4 778 PJ[n 11] de gaz naturel (en hausse de 15 %), soit 94,9 % de ses besoins. Ses importations provenaient surtout, en 2015, de Russie (34,6 %), de Norvège (34,1 %) et des Pays-Bas (28,8 %). Ces importations ont progressé de 132 % depuis 1991 (depuis 2000, de 68 %)[a 7].

La provenance du gaz consommé en Allemagne a évolué comme suit :

Origine du gaz naturel consommé en Allemagne (%)[a 7]

Pays	1990	2000	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Allemagne	23,1	19,9	10,7	10,5	9,3	8,4	8,2	6,5
Russie	33,5	36,6	35,0	35,6	34,7	35,4	35,4	32,4
Norvège	12,7	21,4	31,3	30,8	31,6	26,9	30,4	31,8
Pays-Bas	29,4	17,7	19,2	19,8	20,3	23,9	22,1	27,0
Autres	1,3	4,4	3,8	3,3	4,1	5,3	3,9	2,3
pouvoir calorifique supérieur ; Autres= Danemark, Royaume-Uni, etc.								

La dépendance de l'Allemagne envers la Russie pour son approvisionnement en gaz est un problème majeur, partagé par plusieurs autres pays de l'Union Européenne.

Le ministre de l'Énergie Sigmar Gabriel a déclaré le 27 mars 2014 qu'il n'y a « pas d'alternative raisonnable » au gaz russe pour l'approvisionnement de l'Europe ; le chef du gouvernement polonais Donald Tusk avait critiqué la dépendance de l'Allemagne au gaz russe, estimant qu'elle constituait une menace pour la souveraineté de l'Europe. La Norvège, souvent présentée comme un fournisseur alternatif, a des possibilités d'exportation limitées, et le gaz des Pays-Bas n'est pas d'assez bonne qualité, selon Sigmar Gabriel[14].

Le président Obama s'est déclaré prêt à faciliter le développement de livraisons de gaz américain afin de casser la domination du fournisseur russe ; Gazprom a vendu 133 milliards de m³ de gaz en 2013 à l'UE, soit 25 % de sa consommation ; l'Allemagne en absorbe près du tiers[15]. Mais ses déclarations ont été ambiguës : il a incité les Européens à chercher d'abord à diversifier leurs ressources, et a cherché à utiliser ce sujet pour pousser les Européens à accélérer les négociations sur l'accord commercial entre l'Europe et les États-Unis (TTIP) qui devrait faciliter ces exportations de gaz[16]. De plus, cet appoint américain ne pourrait être que limité, étant donné que malgré le boom du gaz de schiste, les États-Unis sont encore importateurs nets de 16 % de leur consommation de gaz en 2012 et, selon les projections de l'EIA, le seront encore de 4 % en 2040[17].

Wintershall Holding GmbH (siège à Cassel), filiale du groupe BASF, le plus grand producteur allemand de pétrole et de gaz naturel a créé en 1993 avec le géant russe Gazprom une coentreprise dénommée WINGAS GmbH[18], qui est devenue l'un des principaux fournisseurs de gaz en Allemagne avec une part de marché de 20 %, et effectue 45 % de ses ventes dans les pays voisins. Son réseau de gazoduc atteint 2 000 km, et possède le plus grand stockage souterrain de gaz d'Europe Occidentale à Rehden (Basse-Saxe), d'une capacité de plus de quatre milliards de m^3, 20 % de la capacité de stockage totale en Allemagne. Elle a acquis récemment trois autres en Autriche, Angleterre et Basse-Saxe.

Le gazoduc Nord Stream relie la ville russe de Vyborg à la ville allemande de Greifswald par le fond de la mer Baltique[19]. Afin de réaliser le projet, les actionnaires ont fondé la compagnie Nord Stream AG. Son capital est réparti entre le Russe Gazprom (51 %), les Allemands Wintershall Holding et E.ON Ruhrgas (15,5 % chacun), le Néerlandais Gasunie et le Français GDF Suez (9 % chacun). La première canalisation est entrée en service en 2011 et la seconde en 2012[20]. La partie sous-marine a été terminée en mai 2011[21].

Le projet Nord Stream 2, gazoduc de 1 230 km qui reliera la Russie à l'Allemagne via les eaux de la Baltique, doit doubler d'ici fin 2019 les capacités de Nord Stream 1. Gazprom a commencé à poser les premiers tuyaux à l'automne 2018. Mais les États-Unis menacent de sanctions les gaziers européens (Wintershall, Uniper, Engie, Shell, OMV) partenaires du projet et l'Union européenne juge le projet « non prioritaire » ; plusieurs pays de l'Est le combattent, citant préoccupations environnementales et inquiétudes sur la pérennité du transit par l'Ukraine[22]. Dans l'espoir d'éviter les sanctions américaines contre le projet de gazoduc Nord Stream 2 , Angela Merkel a assuré début novembre 2018 que le gouvernement allemand serait prêt à accélérer la construction d'un terminal d'importation de gaz naturel liquéfié (GNL) pour diversifier son approvisionnement énergétique. Trois projets sont en concurrence : Wilhemshaven, au nord de Brême, en mer du Nord, projet de Uniper avec Mitsui comme constructeur et ExxonMobil comme fournisseur de gaz ; Brunsbüttel, au nord de Hambourg (RWE avec la Qatar) et Stade, en bordure de l'Elbe à l'ouest de Hambourg, avec Dow Chemicals, qui se donne l'objectif de couvrir à terme 15 % des besoins en gaz naturel de l'Allemagne. Mais le GNL est plus cher que le gaz russe, alors même que les surcapacités actuelles du marché tirent les prix de ce dernier vers le bas, et seulement 26 % environ des capacités actuelles des terminaux de GNL en Europe sont utilisées[23]. Le 12 février 2019, le allemand de l'Économie et de l'Énergie, Peter Altmeier, s'engage en présence du secrétaire d'État adjoint à l'Énergie américain, Dan Brouillette, à soutenir la construction « d'au moins deux des trois » projets privés de terminaux méthaniers dans le nord du pays. Pour

accélérer la construction des terminaux, Peter Altmeier a promis d'ici l'été une modification du cadre législatif obligeant les gestionnaires de réseaux de gaz à assurer la connexion avec ces nouveaux terminaux pour les mettre sur un pied d'égalité avec les gazoducs[24].

Énergie nucléaire

Concernant l'énergie nucléaire, il est nécessaire de distinguer ressources primaires (les combustibles) et ressources secondaires (l'énergie électrique produite). Alors que les combustibles sont presque entièrement importés, l'énergie produite est considérée dans les statistiques françaises comme une énergie locale, étant donné le très faible poids des combustibles bruts dans le coût total du kWh nucléaire. Mais les statistiques allemandes préfèrent les classer dans les énergies importées.

Les besoins en uranium des centrales allemandes se sont élevées en 2015 à 1 321 tU (tonnes d'uranium) et en 2016 à 1 396 tU alors que la production d'uranium s'est limitée à 45 tU en 2016[25].

En 2018, la production d'énergie nucléaire atteignait 830 PJ soit 6,4 % de la consommation allemande d'énergie primaire, contre 6,8 % en 2016 et 10,8 % en 2010[à 8].

Coûts de production

Financement des énergies renouvelables

La production EnR est achetée par les fournisseurs d'électricité à un tarif d'achat réglementé (moyenne 2011 : 171,5 €/MWh[26]); le surcoût de ce tarif par rapport aux prix de marché (soit 128,3 €/MWh[26]) est répercuté sur les consommateurs d'électricité sous la forme d'un prélèvement uniforme (*EEG-Umlage*[27]) sur tous les kWh consommés (sauf pour les industries électro-intensives, qui ne paient qu'un prélèvement minoré à 0,5 €/MWh afin de préserver leur compétitivité à l'export) ; cet EEG-Umlage atteignait en 2011 une moyenne de 35,9 €/MWh[26], soit 14 % du prix moyen 2011 du kWh (249,5 €/MWh[26]) pour un ménage-type de 3 personnes consommant 3 500 kWh/an ; en comparaison, pour un ménage français, le prix moyen du kWh est d'environ 120 €/MWh et le prélèvement analogue à l'*EEG-Umlage*, appelé CSPE (Contribution au service public de l'électricité), atteignait 7,5 €/MWh en 2011, puis 10,5 €/MWh au 2e semestre 2012, dont 52,1 % pour les surcoûts de rachat des énergies renouvelables. Les 35,9 €/MWh de *EEG-Umlage* se répartissent entre 49 % pour le solaire, 23 % pour l'éolien et 26 % pour la biomasse. La croissance très rapide de ce fardeau a amené le gouvernement à abaisser fortement les tarifs d'achat pour le solaire.

La part de la production d'énergies renouvelables éligible aux tarifs d'achat réglementés est de 85 % : 100 % pour toutes les EnR, sauf l'hydraulique (dont 28 % est éligible) et les déchets[28].

La rémunération versée en 2018 à travers l'*EEG-Umlage* est prévue à 23,8 Mds € (13,18 Mds € en 2010), dont 40 % pour le photovoltaïque, 27 % pour la biomasse, 24 % pour l'éolien terrestre, etc ; elle s'appliquerait à 350 TWh, si bien que le coût moyen serait de 6,79 c€/kWh[29].

Le gouvernement a mis en 2011 à la disposition des producteurs d'EnR, par un amendement à la loi EEG sur les EnR, une série d'options (autoconsommation, prime de marché, privilège au kWh vert, etc.) pour une commercialisation directe de leur production ; un basculement progressif du tarif d'achat vers ces options s'est produit : en 2015, sur les 163,4 TWh éligibles aux subventions de la loi EEG, 49,56 TWh (30 %) étaient encore sous le régime des tarifs d'achat, 112,13 TWh (69 %) sous celui de la commercialisation directe et 0,9 TWh (0,5 %) sous celui de l'autoconsommation rémunérée (solaire uniquement) et 0,7 TWh (0,4 %) autoconsommés hors statut[e 2].

Le rapport 2014 de l'EFI (*Expertenkommission Forschung und Innovation* - Commission d'experts sur la recherche et l'innovation), créée par le gouvernement fédéral allemand avec mission de fournir des avis sur la politique scientifique, fait un bilan très négatif de la loi allemande sur les énergies renouvelables (*Erneuerbare-Energien-Gesetz* - EEG) : non seulement elle coûte excessivement cher (le total des subventions aux EnR a atteint 22,9 milliards d'euros pour l'année 2013, et le surcoût répercuté sur les factures d'électricité des consommateurs atteint 5,28 c€/kWh en 2013, soit près de 20 % du prix total de l'électricité), mais de plus elle n'a pas contribué à la lutte contre le changement climatique, mais simplement relocalisé les émissions de gaz à effet de serre de l'industrie vers d'autres secteurs et vers d'autres pays, et n'a pas eu d'effet stimulant pour l'innovation, comme le montre l'analyse des dépôts de brevets. L'EFI en conclut qu'il n'existe aucune justification pour la poursuite de cette politique[30].

Prix des énergies renouvelables

La prime pour différence (subvention) moyenne versée (prix garanti moins prix de marché) en 2015 était de 138 €/MWh pour un prix moyen sur le marché de gros de 30,8 €/MWh :

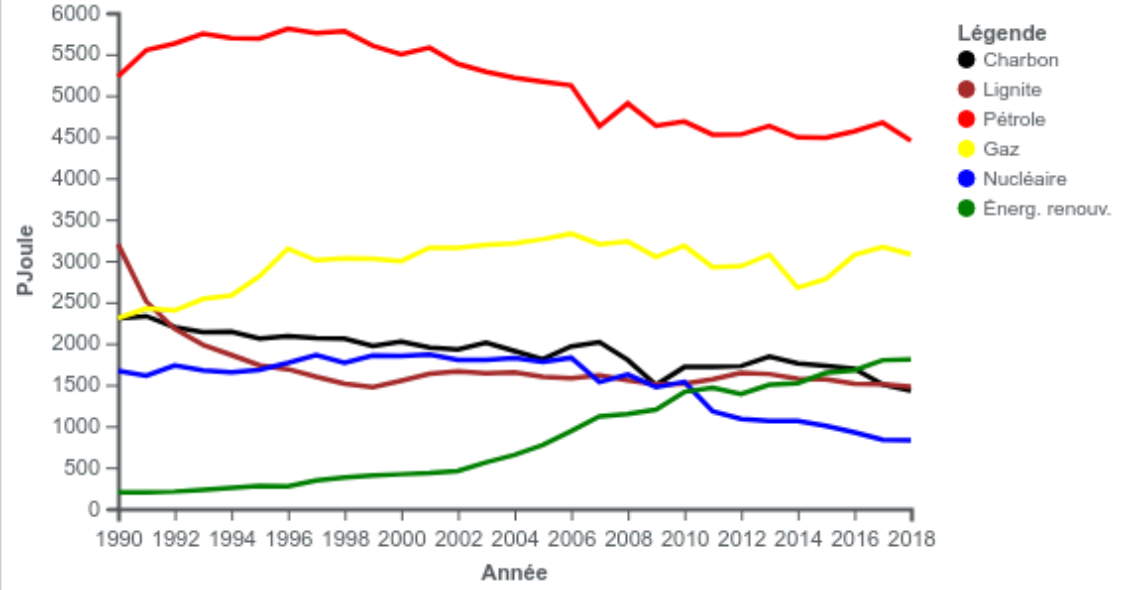
Subvention moyenne versée par MWh d'énergie renouvelable (€/MWh)[e 3]

Énergie	2012	2013	2014	2015	2016p	2017p
Photovoltaïque	306	286	278	274	265	260
Éolien terrestre	60	64	67	66	64	65
Éolien offshore	127	135	144	155	157	161
Biomasse	135	144	150	152	149	154
Hydraulique	45	53	58	59	56	62
total EnR	**138**	**141**	**143**	**138**	**132**	**132**
Prix moyen marché de gros	43,9	36,9	32,2	30,8	31,3	26,8

Le BDEW décrit l'« effet merit order[n 12] » des EnR sur le prix du marché de gros : lors d'un afflux d'énergie éolienne ou solaire (sans offre de prix, car leur coût marginal est nul), les prix du marché spot sont poussés vers le bas : le prix du marché en 2016 s'élevait en moyenne à 37 €/MWh lorsque la production éolienne était nulle et à 21 €/MWh lorsqu'elle était à son maximum[e 4]. Le photovoltaïque a un effet additionnel pendant les heures du milieu de la journée, estimé à -4,6 €/MWh[e 5].

Du fait des prix très élevés de l'électricité en Allemagne, la parité réseau est atteinte depuis avril 2012 : le coût de l'électricité produite par les nouvelles installations photovoltaïques est inférieur à tous les tarifs résidentiels de l'électricité du réseau ; en août 2013, il est de 10,25 à 14,80 c€/kWh (tarif d'achat réglementé) au lieu de 24,42 à 40,28 c€/kWh ttc (tarif réseau moyen selon consommation d'après Eurostat database[31]) et les tarifs d'achat de l'électricité produite par des installations de 10 kWc et plus (surface > 80 m^2) sont inférieurs (10,25 à 14,04 c€/kWh) au tarif industriel moyen de l'électricité du réseau (17,27 c€/kWh pour 500 à 2 000 MWh par an)[32]. Le gouvernement allemand a donc décidé de supprimer, à partir du 1er janvier 2014, la prime à l'autoconsommation devenue inutile[33].

Consommation d'énergie primaire



Consommation d'énergie primaire par source en Allemagne
Source : AGEB[b 2]

Selon les premières estimations, la consommation d'énergie primaire en Allemagne a connu en 2020 un recul de 8,7 % à 11 691 PJ. Comme la part des énergies renouvelables et du gaz a progressé, les émissions de CO_2 liées à l'énergie devraient baisser encore plus fortement : environ -12 %. Ces variations très importantes sont dues principalement aux effets des mesures prises en réaction à la pandémie de Covid-19. La consommation de pétrole a reculé de 12,1 %, celle de gaz naturel de 3,4 %, celle de charbon de 18,3 % et celle de lignite de 18,2 %. L'énergie nucléaire a reculé de 14,4 % du fait de la fermeture programmée de la centrale nucléaire de Philippsburg à la fin de 2019. La part des énergies renouvelables a progressé de 3 points à 1 962 PJ. La production éolienne a progressé de 7 % et celle du solaire de 9 %, celle de l'hydraulique a reculé de 5 %. Le solde exportateur d'électricité a fortement décru. La structure de la consommation d'énergie primaire a connu des changements significatifs : la part du pétrole est passée de 35,2 % à 33,9 %, celle du gaz naturel de 25,1 % à 26,6 %, celle du charbon de 8,6 % à 7,6 %, celle du lignite de 9,1 % à 8,1 %, celle du nucléaire de 6,4 % à 6 %, celle des renouvelables de 14,9 % à 16,8 %[34].

En 2019, la consommation estimée a connu un recul de 2,3 % à 12 815 PJ causé en grande partie par la crise subie par l'industrie allemande (en particulier dans l'automobile). Comme la baisse de la consommation de charbon a été très prononcée, les émissions de CO_2 ont baissé de plus de 7 %. La consommation de pétrole a progressé de 1,7 % ; celle de gaz naturel a augmenté de 3,6 %, à la fois pour le chauffage et pour la production d'électricité. La consommation de charbon a chuté de 20,5 % et celle de lignite de 20,7 %, en partie à cause de la baisse de consommation de la sidérurgie, mais surtout de celle des centrales électriques, du fait des progrès des renouvelables (+4 %, en particulier l'éolien : +15 %) et du gaz, favorisé par la forte hausse des prix des quotas de carbone, qui explique également la baisse prononcée des exportations d'électricité. La consommation d'énergie primaire est tirée du pétrole à 35,3 %, du gaz naturel à 25 %, du charbon à 8,8 %, du lignite à 9,1 %, du nucléaire à 6,4 % et des renouvelables à 14,7 %[35].

La consommation d'énergie primaire par habitant[n 13] de l'Allemagne s'élevait en 2019, dans les statistiques de l'Agence internationale de l'énergie, à 148,3 GJ ; elle était inférieure de 10 % à la moyenne des pays de l'OCDE : 165,6 GJ, mais supérieure de 87 % à la moyenne mondiale : 79,1 GJ ; celle de la France était de 150,5 GJ, celle de la Chine de 101,5 GJ et celle des États-Unis de 282 GJ[k 1].

Consommation d'énergie primaire par source d'énergie (en PJ)

Énergie	1990	%	2000	%	2010	%	2015	2016	2017	2018*	% 2018	Var.2018 /1990
Charbon	2 306	*15,5*	2 021	*14,0*	1 714	*12,1*	1 729	1 693	1 502	1 428	**10,9 %**	-38 %
Lignite	3 201	*21,5*	1 550	*10,8*	1 512	*10,6*	1 565	1 511	1 507	1 476	**11,3 %**	-54 %
Pétrole	5 228	*35,1*	5 499	*38,2*	4 684	*32,9*	4 491	4 566	4 671	4 452	**34,0 %**	-15 %
Gaz naturel	2 304	*15,5*	2 996	*20,8*	3 181	*22,4*	2 781	3 068	3 167	3 079	**23,5 %**	+34 %
Total fossiles	**13 039**	*87,6*	**12 066**	*83,8*	**11 091**	*78,0*	**10 566**	**10 837**	**10 847**	**10 435**	**79,6 %**	-20 %
Nucléaire	1 668	*11,2*	1 851	*12,9*	1 533	*10,8*	1 001	923	833	829	**6,3 %**	-50 %
EnR	196	*1,3*	417	*2,9*	1 413	*9,9*	1 644	1 676	1 797	1 804	**13,8 %**	+820 %
Autres**	0	*0*	56	*0,4*	243	*1,7*	224	236	235	214	**1,6 %**	ns
Solde élec.***	3	*0,02*	11	*0,1*	-64	*-0,4*	-174	-182	-189	-175	**-1,3 %**	ns
TOTAL	**14 905**	*100*	**14 401**	*100*	**14 217**	*100*	**13 262**	**13 491**	**13 523**	**13 106**	**100 %**	-12 %

Source : AGEB[b 2] ; * 2018 : provisoire
** Autres : déchets non renouvelables et "chaleur résiduelle pour la production d'électricité et de chaleur"
*** solde élec. = solde des échanges internationaux d'électricité.

La consommation d'énergie primaire a reculé de 12 % en 28 ans (1990-2018), alors qu'en France elle a progressé de 9 % en 26 ans. Depuis 1990, la consommation de charbon, de lignite et de pétrole ont fortement décru, ainsi que le nucléaire, au profit du gaz naturel et des énergies renouvelables.

Cependant, la part des énergies fossiles a remonté de 2010 à 2012 du fait de la fermeture de plusieurs centrales nucléaires : la part du lignite est passée de 10,6 % à 12,2 %, celle du charbon de 12,1 % à 12,8 %, celle du pétrole de 32,9 % à 33,7 % ; la progression des énergies renouvelables (+0,4 points) n'a pas suffi à compenser la baisse du nucléaire (-2,7 points).

La progression des EnR entre 2010 et 2018 (+3,9 points) n'a pas suffit pour compenser le recul du nucléaire (-4,5 points).

La consommation d'énergie est très sensible à la température : ainsi, en 2011, année marquée par un climat exceptionnellement doux, la consommation d'énergie primaire a baissé de 5,3 % ; l'AGEB estime qu'après correction de cet effet température, la baisse de consommation n'est plus que de 1 %[36] ; de même en 2014, année très douce, elle a baissé de 4,8 %[37]. L'effet température est particulièrement marqué sur les consommations des ménages et du tertiaire : ainsi, la consommation d'énergie finale des ménages chute de 18 % en 2011.

De l'énergie primaire consommée à l'énergie finale consommée

Entre la consommation brute, au niveau de la production ou de l'importation d'énergie (énergie primaire) et la consommation au niveau de l'utilisateur final (énergie finale), les transformations (raffinage, production d'électricité, etc) et le transport d'énergie causent des pertes. Pour plus de détail, voir Bilan énergétique.

Tous ces flux peuvent se résumer en un tableau sous forme de bilan Ressources/Emploi, dénommé "bilan énergétique national" :

BILAN ÉNERGÉTIQUE 2018[1]					
RESSOURCES	**Mtep**	**%**	**EMPLOIS**	**Mtep**	**%**
Production d'énergie primaire	111,68	*37,0 %*	Consommation branche énergie	80,64	*26,7 %*
Importations	233,69	*77,4 %*	Consommation finale non énergétique	21,75	*7,2 %*
Exportations	-33,41	*-11,1 %*	Consommation finale énergétique	200,93	*66,5 %*
Soutes + var.stocks	-9,89	*-3,3 %*	Écarts statistiques	-1,24	*-0,4 %*
Total ressources	**302,08**	*100 %*	**Total emplois**	**302,08**	*100 %*
Détail consommation branche énergie			**Détail consommation finale énergétique**		
Pertes de conversion	64,17	*79,6 %*	Industrie	57,96	*28,8 %*
Usage propre branche énergie	12,57	*15,6 %*	Transport	56,14	*27,9 %*
Pertes	3,90	*4,8 %*	Résidentiel	54,18	*27,0 %*
			Tertiaire	28,98	*14,4 %*

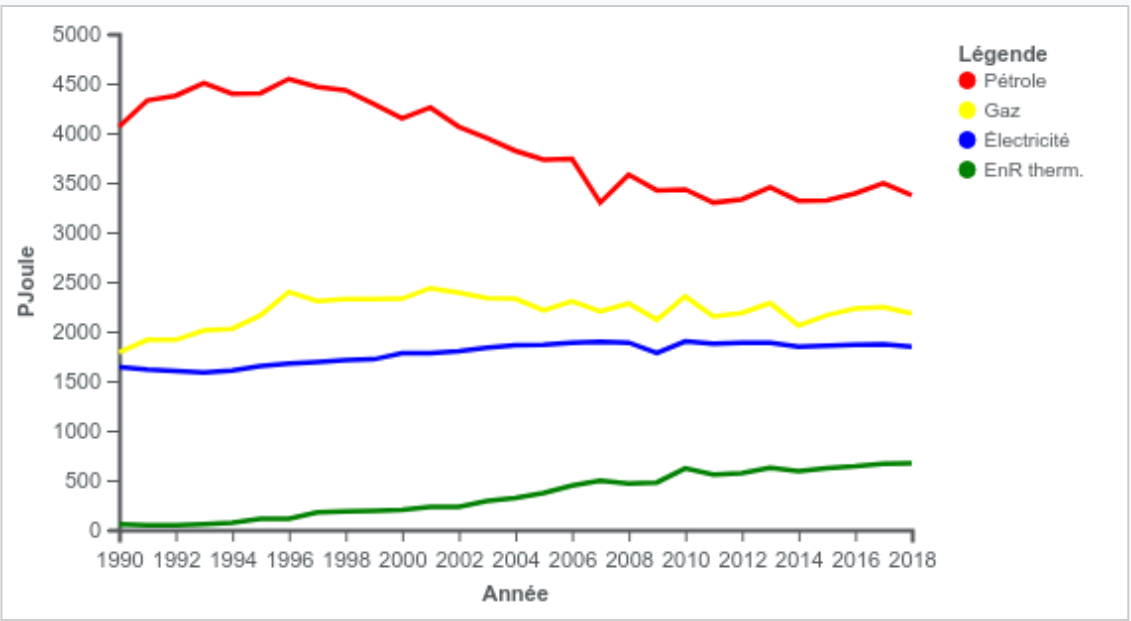
L'Allemagne importe 77,4 % de l'énergie qu'elle consomme, mais elle en exporte 11,1 %. Son taux de dépendance énergétique est donc de 66,3 %.

L'énergie primaire consommée par les branches non énergétiques comprend notamment les consommations de produits pétroliers et gaz utilisés comme matières premières dans la pétrochimie ; en Allemagne, la consommation de ces branches est de 7,3 % de l'énergie primaire consommée[a 9]. .

Pour plus de détail sur le contenu des rubriques de ce tableau, voir bilan énergétique.

Énergie finale consommée

Consommation finale répartie par source



Consommation finale d'énergie (principales sources) en Allemagne
Source : AGEB[b 3]

En 2018, l'énergie finale consommée provient à 66,8 % des combustibles fossiles : pétrole 37,5 %, gaz 24,2 %, charbon + lignite 5,1 %. Il s'agit seulement de leurs utilisations directes, puisque les rubriques "électricité" et "réseaux de chaleur" incluent toutes les énergies primaires employées pour produire l'électricité et la chaleur de réseau : fossiles, nucléaire et énergies renouvelables.

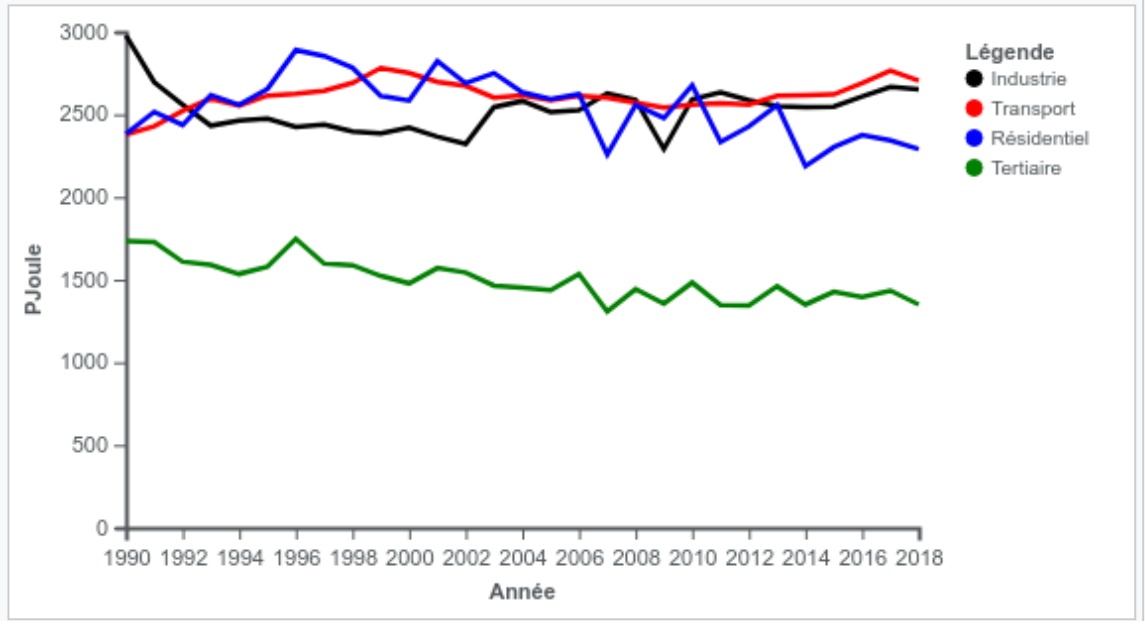
Énergie finale consommée par source[b 3]

en PJ	**1990**	*%*	**2000**	*%*	**2010**	*%*	**2015**	**2016**	**2017**	**2018***	**% 2018**	**Var.2018 /1990**
Charbon	571	*6,0*	432	*4,7*	375	*4,0*	382	378	366	365	**4,1 %**	-36 %
Lignite	975	*10,3*	82	*0,9*	89	*1,0*	84	87	88	87	**1,0 %**	-91 %
Pétrole	4 061	*42,9*	4 148	*44,9*	3 431	*36,9*	3 322	3 391	3 492	3 372	**37,5 %**	-17 %
Gaz	1 789	*18,9*	2 328	*25,2*	2 352	*25,3*	2 163	2 228	2 244	2 181	**24,2 %**	+22 %
Électricité(1)	1 638	*17,3*	1 780	*19,3*	1 899	*20,4*	1 853	1 863	1 868	1 847	**20,5 %**	+13 %
Réseaux de chaleur	383	*4,0*	265	*2,9*	472	*5,1*	402	410	411	401	**4,5 %**	+5 %
EnR thermiques(2)	54	*0,6*	201	*2,2*	617	*6,6*	622	639	663	668	**7,4 %**	+1137 %
Autres	0	*0*	0	*0*	74	*0,8*	70	76	76	76	**0,8 %**	ns
TOTAL	**9 472**	*100*	**9 235**	*100*	**9 310**	*100*	**8 898**	**9 071**	**9 208**	**8 996**	**100 %**	-5 %

* 2018 : provisoire
(1) y compris électricité produite par les EnR : hydro, éolien, solaire photovoltaïque, biomasse, déchets
(2) biomasse, déchets, géothermie, solaire thermique, pompes à chaleur.

Dans ce tableau, la rubrique EnR ne prend en compte que les EnR thermiques ; l'électricité produite par les EnR représentait 35 % de la production brute d'électricité 2018[38], soit 646 PJ, ce qui porte les EnR à 1 314 PJ, soit 14,6 % de l'énergie finale consommée.

Consommation finale répartie par secteur



Consommation finale d'énergie par secteur en Allemagne, 1990-2017.
Source : AGEB[b 4]

Énergie finale consommée par secteur[b 4]

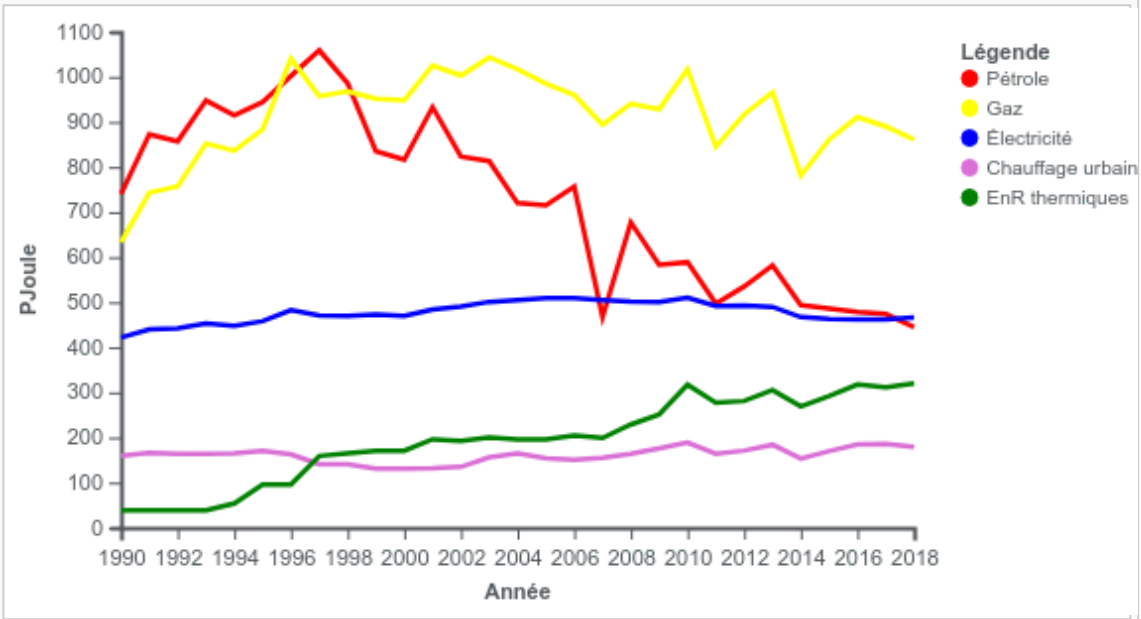
en PJ	**1990**	*%*	**2000**	*%*	**2010**	*%*	**2015**	**2016**	**2017**	**2018***	**% 2018**	**var.2018 1990**
Industrie	2 977	*31,4*	2 421	*26,2*	2 592	*27,8*	2 548	2 609	2 666	2 651	**29,5 %**	**-11 %**
Transport	2 379	*25,1*	2 751	*29,8*	2 559	*27,5*	2 621	2 690	2 765	2 705	**30,1 %**	**+14 %**
Résidentiel	2 383	*25,2*	2 584	*28,0*	2 676	*28,7*	2 302	2 376	2 342	2 291	**25,5 %**	**-4 %**
Commerce et services	1 733	*18,3*	1 478	*16,0*	1 483	*15,9*	1 428	1 396	1 434	1 350	**15,0 %**	**-22 %**
TOTAL	**9 472**	*100*	**9 235**	*100*	**9 310**	*100*	**8 898**	**9 071**	**9 208**	**8 996**	**100 %**	**-5 %**

* 2018 : provisoire

Les consommations du secteur résidentiel et, dans une moindre mesure, du secteur tertiaire sont sensibles au climat du fait du chauffage, d'où les fluctuations visibles sur le graphique.

L'industrie et le secteur commerce-service ont réduit leur consommation, alors que le secteur transport a fortement accru la sienne ; le secteur résidentiel a connu deux fortes baisses en 2011 et en 2014, dues à des hivers exceptionnellement doux. On peut conclure que les entreprises (industrie et tertiaire) sont pour l'essentiel à l'origine de la baisse des consommations d'énergie, du fait des délocalisations et des progrès de l'efficacité énergétique ; les particuliers n'ont guère réduit leur consommation, en particulier dans les transports, malgré la stagnation de la population.

Consommation finale des ménages



Consommation finale d'énergie des ménages en Allemagne, 1990-2017
Source : AGEB[b 5]

Le graphique ci-contre montre l'évolution des consommations d'énergie des ménages allemands hors transport (consommation résidentielle) par source d'énergie. Les sources "électricité" et "chauffage urbain" intègrent toutes les sources primaires de production d'électricité et de chaleur, y compris les EnR « électriques » (hydraulique, éolien, solaire, etc.) et la production d'électricité et de chaleur à partir de biomasse et de déchets. La rubrique « EnR thermiques » comprend seulement l'utilisation directe des énergies renouvelables pour produire de la chaleur (chauffage au bois, chauffe-eau solaires, pompes à chaleur, etc).

L'utilisation directe du lignite, consommé sous forme de briquettes pour le chauffage, représentait encore 14,7 % de la consommation des ménages en 1990 et celle du charbon 1,6 % ; elles ont très rapidement décru durant la décennie 1990 (1,9 % au total en 2000), compensées par l'essor du gaz et du fioul. La forte baisse du fioul à partir de 1997 a été en partie compensée par la progression des énergies renouvelables thermiques (bois, biogaz, solaire thermique, etc.) et de l'électricité.

En 2018, le gaz occupe de loin la première place avec 37,6 % de la consommation (contre 26,6 % en 1990), suivi par le fioul (19,4 % contre 31,1 % en 1990) et l'électricité (20,3 % contre 17,7 %) ; loin derrière viennent les énergies renouvelables thermiques (14 % contre 1,6 % en 1990) et le chauffage urbain (7,8 % contre 6,7 % en 1990)[b 5].

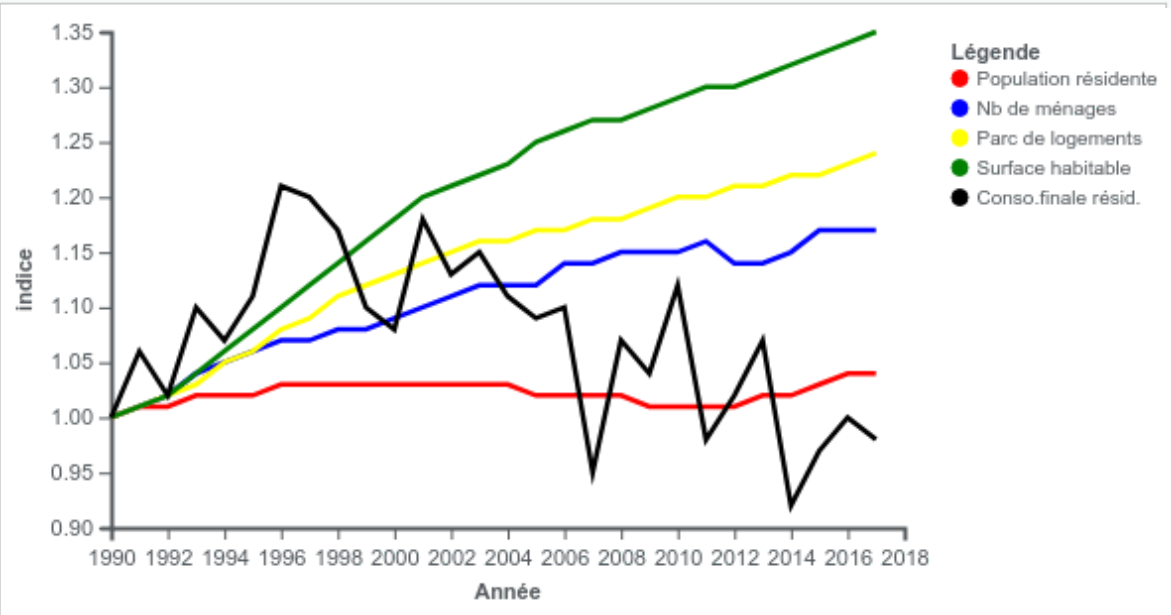
En 2010, la consommation des ménages était de 2 676 PJ, soit 63,9 Mtep, ce qui donne une consommation résidentielle par habitant de 0,782 tep ; en comparaison, la consommation des ménages français était de 50,2 Mtep, soit 0,770 tep/hab ; mais le même calcul effectué sur 2011 donne 0,641 tep/hab en Allemagne, et 0,774 tep/hab en France ; en effet, 2010 a été une année très froide et 2011 une année douce ; or les données françaises sont corrigées de l'effet température, et les données allemandes ne le sont pas ; la moyenne des 2 années donne pour l'Allemagne une consommation de 711 tep/hab ; on peut donc conclure que les ménages allemands consomment environ 8 % moins que les français.

Les systèmes de chauffage dans les nouvelles habitations en 2012 se répartissaient entre le gaz (environ 50 %), les pompes à chaleur (24 à 25 %), le chauffage urbain (16 %) et le bois (6 %). Dans les logements existants, la part du gaz est passée de 15 % en 1975 à 39,7 % en 1996 et 49,1 % en 2011, mais cette part semble se stabiliser depuis 2007 ; la part du fioul a chuté de 52 % en 1975 à 33,6 en 1996, puis à 29,3 % en 2011, et cette régression va se poursuivre puisqu'il ne reste que moins de 1 % de chauffage au fioul dans les nouvelles constructions ; charbon, lignite et bois ont chuté de 20 % en 1975 à 8 % en 1996 et 2,8 % en 2011, mais le bois se développe depuis 2005 ; le chauffage urbain progresse lentement de 7 % environ en 1975 à 12 % en 1996 et 12,7 % en 2011 : enfin, l'électricité (y compris celle consommée par les pompes à chaleur) reste stable aux environs de 6 % de 1975 à 2011[39].

Le graphique ci-contre montre très clairement l'articulation des principaux facteurs explicatifs des consommations d'énergie des ménages[a 10] :

- **population** : la population résidente, après avoir légèrement augmenté au cours des années 1990, de 79,4 Mhab (millions d'habitants) en 1990 à 81,5 Mhab en 1996, sous l'effet du flux important d'immigration déclenché par la chute du rideau de fer et par la réunification (en particulier, plusieurs centaines de milliers d'Allemands de souche vivant dans les pays de l'Est, surtout en Russie, sont revenus vers la mère Patrie[n 14]), s'est stabilisée jusqu'en 2004 ; dans les années 2000, l'accroissement naturel négatif (-0,2 % par an) qui caractérise l'Allemagne a repris le dessus : la population baisse peu à peu jusqu'en 2010 : 80,3 Mhab ; depuis, l'immigration dépassant le déficit démographique naturel, la population progresse lentement, atteignant 81,7 Mhab en 2015, puis bondit à 82,9 Mhab en 2018 après une vague de réfugiés du Moyen-Orient ; en 28 ans, la population s'est accrue de 4,4 % ;

- le **nombre de ménages** augmente rapidement de 34,9 millions en 1990 à 41,3 millions en 2018 (+17,4 %), sous l'effet du phénomène de décohabitation général dans les pays développés (les familles se scindent, les enfants prenant leur indépendance de plus en plus tôt et les divorces multipliant les familles monoparentales) ;
- la **parc de logements** augmente encore plus vite : +24 %, du fait de la croissance des résidences secondaires ;
- la **surface habitable** s'accroît encore plus vite que le parc : +36 %, les logements étant de plus en plus vastes.



Facteurs explicatifs de la consommation d'énergie résidentielle en Allemagne
Source : BMWE[a 10, a 11]

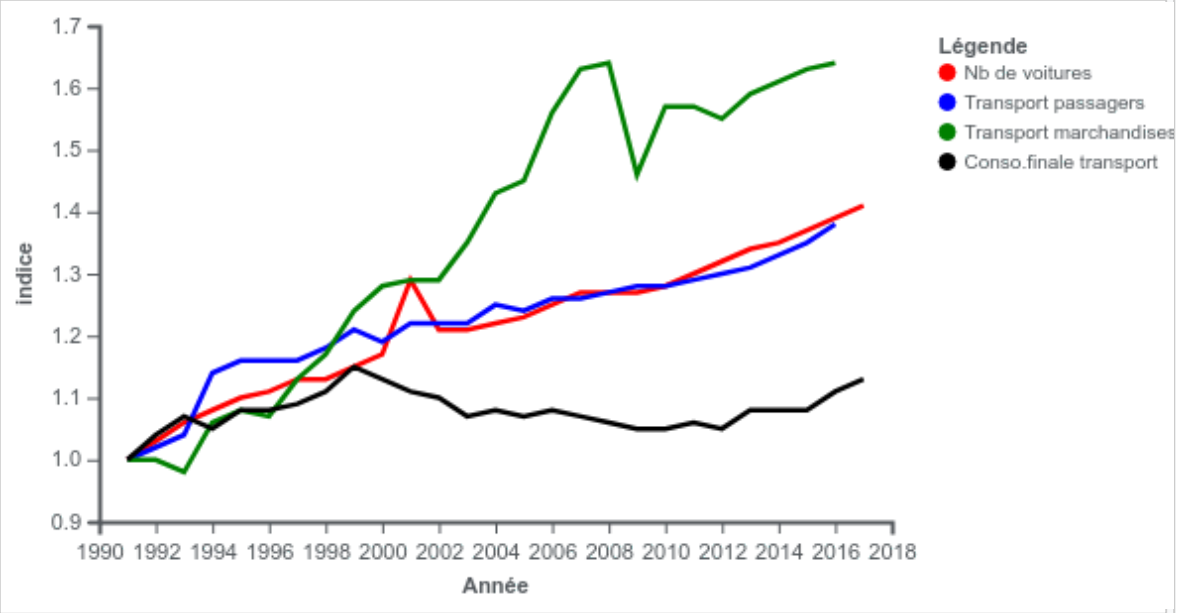
Cette analyse permet de comprendre pourquoi, malgré les efforts d'économie d'énergie (isolation, appareils ménagers plus économes, etc.), la consommation d'énergie des ménages parvient difficilement à baisser. On peut cependant constater qu'après une forte hausse des consommations unitaires jusqu'en 1996, une nette tendance à la baisse (bien visible sur le graphique malgré les fluctuations dues aux écarts climatiques) semble prévaloir, mais c'est seulement en 2013-14 qu'elle a réussi à compenser les excès des années 1990, ramenant enfin la consommation par habitant au-dessous de son niveau de 1990.

Une analyse encore plus fine permet de constater que, sur la période 1996-2017[a 12] :

- le chauffage passe de 78,6 % des consommations totales des ménages en 1996 à 68,8 % en 2017 et sa consommation baisse de 29,4 % en 21 ans : cela peut s'expliquer par un effort d'isolation des logements, mais aussi par des changements de mode de chauffage amenant des gains de rendement ; la part du pétrole baisse fortement (de 36,4 % à 25 % des consommations de chauffage) ainsi que celles du charbon (de 4,3 % à 1,3 %) et de l'électricité (de 4,1 % à 1,8 %) au bénéfice des énergies renouvelables (de 0 à 16,2 %) et du chauffage urbain (de 6,6 % à 10 %), mais le gaz reste l'énergie de chauffage n^{o} 1 (de 43,4 % à 45,7 %) ;
- l'eau chaude passe de 10,7 % à 15,3 % (gaz : 51,2 % contre 38,2 % en 1996, fioul : 18,4 % contre 27,3 %, électricité : 15,1 % contre 25,5 %, chauffage urbain : 4,3 % contre 6,4 %, renouvelables : 11,0 % contre 0 % : les chauffe-eau solaires percent peu à peu) ; sa consommation progresse de 15,5 % en 21 ans ;
- les autres usages thermiques (électroménager) progressent de 3,3 % à 5,9 % (presque entièrement électriques) ; leur consommation progresse de 43 % en 21 ans ;

- le froid (réfrigérateurs, congélateurs) représente 4,2 % ; la climatisation est négligeable : 0,2 % ;
- les usages télécoms et informatiques représentent 3,2 % ; leur consommation a baissé de 10,6 % en 9 ans (2008-2017) ;
- la part de l'éclairage progresse de 1,4 % à 1,5 %, mais sa consommation baisse de 8,5 %.

Consommation finale des transports



Facteurs explicatifs de la consommation d'énergie des transports en Allemagne
Source : BMWE[a 10, a 11]

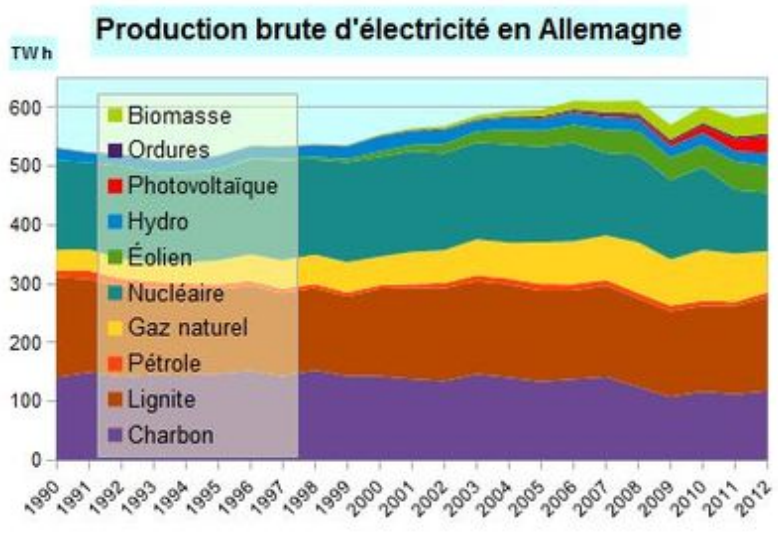
Le graphique ci-contre montre clairement l'articulation des principaux facteurs explicatifs des consommations d'énergie des transports (ramenés en base 100 en 1991) :

- le nombre de voitures augmente assez rapidement : de 36,8 millions en 1991 à 45,8 millions en 2017 ; après correction d'un changement de méthode statistique[n 15], la progression totale sur 26 ans est d'environ 41 %[a 10] ;
- le transport de passagers (en milliards de personnes-km, ici ramené en base 100 en 1991) augmente très fortement (+14 %) de 1990 à 1994, du fait de l'arrivée sur le marché des *Ossies* (Allemands de l'Est) et des *Spätaussiedler* (immigrants de souche allemande revenus en Allemagne après la chute du rideau de fer), dont la plupart accédaient pour la première fois à l'automobile ; après 1994, la progression ralentit mais se poursuit, malgré la baisse de la population ; au total, le volume du transport de passagers progresse de 38 % en 26 ans ; la voiture individuelle reste le moyen de transport prépondérant : 79,5 % en 2017 contre 82,5 % en 1990, mais la part des chemins de fer progresse de 6,1 % à 8,0 % et celle de l'avion de 2,5 % à 5,6 %, alors que les transports publics urbains reculent de 8,9 % à 6,8 %[a 10] ;
- le transport de marchandises (en milliards de tonnes-km, ici ramené en base 100 en 1991) a connu une croissance explosive jusqu'à 2008 : +64 %, suivie d'une chute brutale (-10,7 %) en 2009, du fait de la crise économique ; le niveau de 2008 n'a été retrouvé qu'en 2015 ; là aussi, la route est prépondérante, et sa part progresse fortement : de 56,6 % en 1990 à 70,5 % en 2017, aux dépens de tous les autres moyens de transport : le chemin de fer régresse de 20,6 % à 18,7 %, la voie d'eau de 18,2 % à 8,0 % et les oléoducs et gazoducs de 4,4 % à 2,6 %[a 10] ;
- en comparaison de ces facteurs explicatifs, la croissance de 13,5 % des consommations d'énergie des transports entre 1991 et 2017[a 11] apparaît modeste : après une croissance assez

vive, mais très inférieure à celles des indicateurs ci-dessus, jusqu'en 1999, ces consommations ont baissé d'année en année jusqu'en 2012, avant de remonter légèrement depuis, ce qui montre l'ampleur des progrès réalisés dans l'efficacité énergétique du secteur.

Selon l'association négaWatt, même si l'Allemagne a jusqu'à présent, de son point de vue, plutôt bien négocié le virage de la transition énergétique, le poids de l'industrie automobile est tel que la transition énergétique pourrait être mise à mal par le secteur des transports[40].

Secteur de l'électricité



Production brute d'électricité en Allemagne par source, 1990-2012
source données : AGEB

Réseaux de chaleur

La chaleur distribuée par les réseaux de chaleur représente 4,3 % de la consommation finale d'énergie en 2018 ; elle a progressé de 4 % depuis 1990, année où sa part n'était que de 3,8 %. Elle est produite dans des centrales de cogénération (76 %) ou dans des chaufferies dédiées uniquement à la production de chaleur (24 %)[1].

L'Allemagne se situait en 2018 au 4e rang mondial pour la production de chaleur de réseau avec 3,1 % du total mondial, loin derrière la Russie (36,5 %) et la Chine (31,8 %)[3].

Les réseaux de chaleur et de froid sont alimentés pour 14,2 % par les énergies renouvelables en 2018 ; la production de chaleur par les EnR atteignait 171 TWh, en progression de 3,4 % par rapport à 2010 ; elle se répartissait en 79 % de biomasse, 7,6 % de déchets, 7,9 % de pompes à chaleur, 5,2 % de solaire thermique et 0,7 % de géothermie profonde[a 1].

La chaleur est consommée en 2018 par l'industrie à 48 %, le secteur résidentiel à 38 % et le secteur tertiaire à 14 %[3].

Politique énergétique

Pour les Allemands, l'atome civil reste indissolublement lié à l'atome militaire auquel le pays a renoncé. Fukushima n'a fait qu'accélérer le processus. La sortie du nucléaire bénéficie d'une large majorité au parlement et dans l'opinion.

Quelques dates clés

Rappel : L'Union européenne s'est fixé comme objectif 2020, en 2008 dans le paquet climat-énergie : 20 % d'EnR, moins 20 % sur les émissions de CO_2 et +20 % d'efficacité énergétique.

Loi sur l'injection d'EnR de 1990

La loi du 7 décembre 1990 sur l'injection dans le réseau public d'électricité de sources renouvelables (Stromeinspeisungsgesetz) institue pour la première fois l'obligation pour les fournisseurs d'électricité d'acheter ce type d'électricité produit par des tiers en répercutant aux consommateurs un pourcentage fixé de leur coût moyen. Cette loi fut contestée par les grands fournisseurs d'électricité jusqu'à ce qu'elle soit confirmée par la cour constitutionnelle fédérale en 1996 et par la cour européenne en 2001[41].

Lois EEG et Atomaustieg de 2001

En 1998, la coalition SPD/Verts arrive au pouvoir. La nouvelle politique, dite de modernisation énergétique, menée par le ministre de l'écologie, Jürgen Trittin, se traduit par deux décisions majeures :

- Le 1er avril 2000, entrée en vigueur de la loi Erneuerbare-Energien-Gesetz (Loi sur les EnR) : priorité pour les énergies renouvelables (obligation de raccordement et d'achat à des tarifs réglementés), dont la part dans la consommation d'électricité doit doubler en dix ans ; tarif d'achat garanti sur 20 ans, à un prix fixé par la loi ; le surcoût est répercuté sur le consommateur final (*EEG-Umlage*)[42].
- Le 14 juin 2001, signature d'une convention avec les exploitants de réacteurs nucléaires. Les parties conviennent que les 19 réacteurs en service pourront produire encore 2 620 TWh et que le dernier réacteur devra être arrêté en 2021. Le 22 avril 2002, cette convention est transcrite dans la loi *Atomaustieg* (sortie de l'atome).

Energiekonzept de 2010

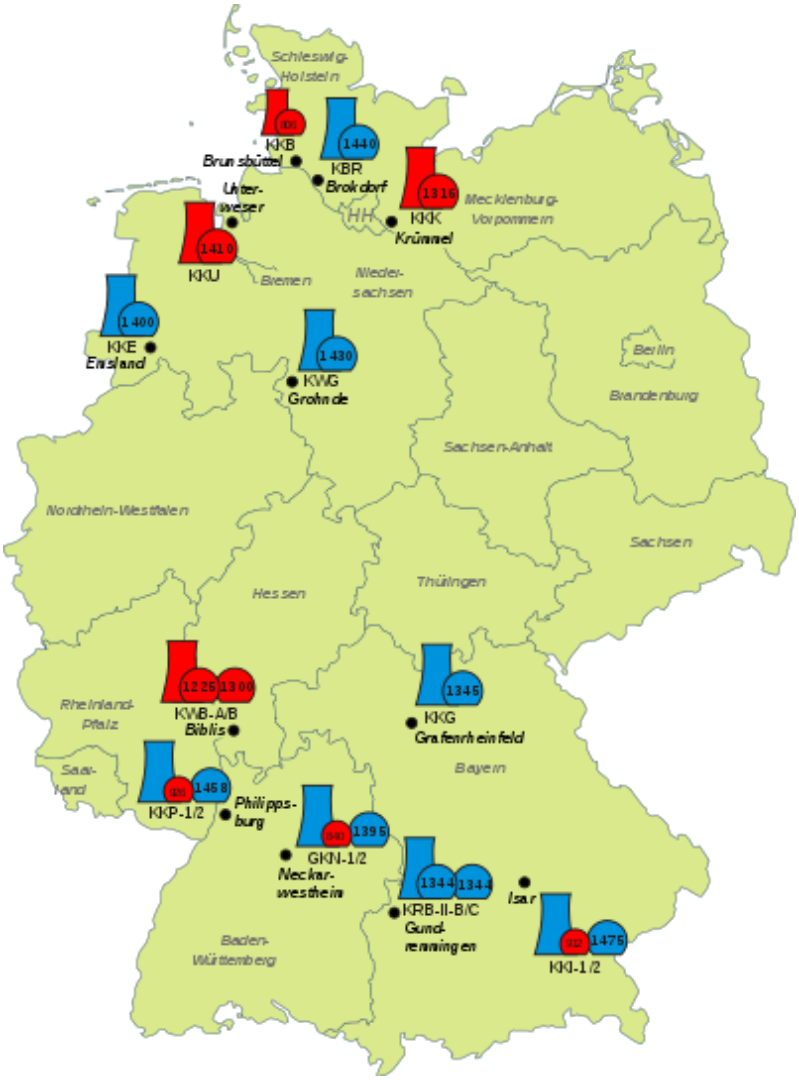
En 2009 arrive au pouvoir une coalition CDU/FDP. Angela Merkel, alors plutôt favorable à l'énergie nucléaire, promet de revoir la loi sur la sortie du nucléaire. L'*Energiekonzept* de novembre 2010 propose une inflexion de la politique énergétique d'ici 2050. La chancelière y perdit en popularité.

Le 29 octobre 2010, ce nouveau concept est adopté par le Bundestag. Il prévoit un allongement de la durée de vie des réacteurs pour une durée comprise entre 8 et 14 ans au-delà de 2021. En échange, les opérateurs concernés s'engagent à payer une taxe sur l'énergie nucléaire dont le produit servira à réduire le déficit public et à contribuer au fond énergie-climat dont l'objet est de stimuler le développement des ENR.

Gesetzpaket de 2011 - sortie de l'atome

Le 14 mars 2011, 3 jours après l'accident de Fukushima, la Chancelière annonce l'arrêt des 8 réacteurs les plus anciens (8 400 MW). À l'époque, la Chancelière était en difficultés avec son partenaire FDP et, disait-on, envisageait une coalition avec les Verts.

Le 22 mars, la Chancelière installe une *Ethikkommission*, composée pour l'essentiel de philosophes et de sociologues, dont le mandat consiste à examiner la faisabilité d'une sortie accélérée du nucléaire. La commission remet son rapport le 28 mai en concluant que l'Allemagne pouvait obtenir une sécurité d'approvisionnement à un niveau équivalent au niveau actuel en sortant du nucléaire et en développant les ENR, le recours aux centrales thermiques à flamme restant nécessaire pendant la période de transition. Le surlendemain le ministre de l'environnement annonce que les 8 réacteurs arrêtés ne redémarreront pas et que les 9 autres seront définitivement arrêtés d'ici 2022.



Carte des centrales nucléaires allemandes fermées par l'Atom-Moratorium le 14.03.2011. Les réacteurs fermés sont en rouge, les réacteurs restés en marche en bleu.

Dès l'été 2011 est adopté un paquet de lois (*Gesetzpaket*) qui n'en comprend pas moins de sept. Les objectifs sont :

- Fermer le dernier réacteur nucléaire en 2022.
- Réduire les émissions de GES de 40 % en 2020 et de 80-95 % en 2050, 1990 étant l'année de référence. L'Union s'est donné comme objectif moins 20 % d'ici 2020 ; la discussion se poursuit à Bruxelles sur ce qu'il adviendra ultérieurement.
- Réduire la consommation d'énergie primaire de 20 % d'ici 2020 et de 50 % d'ici 2050, 2008 étant l'année de référence. Ceci correspond à une baisse de 2,3-2,5 % par an. C'est peut-être là le plus ambitieux des objectifs que s'est fixé l'Allemagne.
- Réduire celle d'électricité de 10 % d'ici 2020, de 25 % d'ici 2050, toujours avec 2008 comme année de référence. Ceci sera également difficile compte tenu de la politique d'encouragement au développement des véhicules électriques.
- Réduire la consommation de chaleur dans les bâtiments de 20 % d'ici 2020.
- Améliorer la productivité énergétique de 2,1 % par an
- Produire avec les EnR en 2050 plus de 50 % de la consommation d'énergie primaire et, dès 2020, 35 % de la consommation finale d'électricité. L'essentiel de la puissance supplémentaire sera le fait d'EnR intermittentes (éolien et solaire).

Nouvelle loi EEG de 2014

En juillet 2014, le parlement allemand a adopté la nouvelle loi sur les énergies renouvelables (*Erneuerbare Energien Gesetz* - EEG), qui est entrée en vigueur le 1er août 2014 ; voici ses principales dispositions[43] :

- objectifs de part des EnR dans la consommation d'électricité : 40 à 45 % en 2025, 55 à 60 % en 2035 et au moins 80 % en 2050 ; objectif de part des EnR dans la consommation d'énergie : au moins 18 % en 2020 ;
- trajectoires de développement :
  - éolien terrestre : 2 500 MW/an ;
  - éolien en mer : puissance installée de 6 500 MW d'ici 2020 et 15 000 MW d'ici 2030 ;
  - solaire photovoltaïque : 2 500 MWc/an ;
  - biomasse électrique : 100 MW/an ;
- évolution des formes de soutien aux EnR : les tarifs d'achat sont remplacés progressivement[n 16] par la prime de marché pour vente directe sur le marché et par des appels d'offres ;
- la vente directe d'électricité à des tiers à proximité est autorisée à condition que l'électricité ne passe pas par le réseau électrique ;
- pour l'éolien terrestre, le tarif est fixé à 8,9 c€/kWh pendant les cinq premières années de production, puis varie selon la qualité du site pendant les 15 années restantes, jusqu'au tarif plancher de 4,95 c€/kWh ;
- pour l'offshore, le tarif est de 15,4 c€/kWh pendant les douze premières années, puis varie en fonction de l'éloignement de la côte et de la profondeur d'eau jusqu'à 3,9 c€/kWh ;
- pour le photovoltaïque, le niveau de tarif va de 13,15 c€/kWh pour les installations de moins de 10 kWc à 9,23 c€/kWh pour celles de 1 à 10 MWc ; le tarif d'achat sera supprimé lorsque l'objectif de 52 GWc installés aura été atteint dans le pays (36,57 GWc au 31 mai 2014) ;
- pour la biomasse, le tarif va de 23,73 c€/kWh pour les installations à la ferme de moins de 75 kW à 5,85 c€/kWh pour les unités de plus de 20 MW ;
- les tarifs d'achat seront diminués de 0,4 % par trimestre pour l'éolien terrestre[n 17], 0,5 % pour le photovoltaïque et la biomasse, taux qui seront modulés en fonction du volume des mises en service[n 18] ;
- à partir du 1er janvier 2017, le niveau de soutien aux énergies renouvelables sera défini dans le cadre d'appels d'offres ; un appel d'offres pilote sera lancé dès 2015 pour 600 MWc de centrales photovoltaïques au sol ;
- pour l'électricité vendue directement sur le marché, la prime de marché, calculée mensuellement, correspondra à la différence entre le tarif d'achat et le prix moyen du marché ;
- les personnes s'auto-approvisionnant participeront au financement de la contribution EEG, sauf si leur installation n'est pas raccordée au réseau ou couvre la totalité de leur consommation, ou était déjà en service avant l'entrée en vigueur de la loi, ou a une puissance inférieure à 10 kW.

Le secrétaire d'État à l'Énergie, Rainer Baake, explique que le but de cette nouvelle loi est de favoriser les technologies les moins coûteuses : éolien et photovoltaïque. Le coût moyen des installations électriques renouvelables qui seront mises en service en 2015 se situera à 12 c€/kWh, contre 17 c€/kWh actuellement[44].

Plan de protection du climat 2050

Après la conférence de Paris sur le climat de 2015, le gouvernement fédéral a engagé la préparation d'un « plan de protection du climat 2050 » (*Klimaschutzplan 2050*) ; les collectivités et les citoyens ont été invités à proposer des idées pour contribuer à l'objectif de limitation à 2 °C de l'augmentation de température par rapport au niveau pré-industriel, ce qui implique de parvenir à la neutralité carbone

(*treibhausgasneutral* = neutre en termes de gaz à effet de serre) dans la deuxième moitié du siècle[45]. La coalition au pouvoir a fixé l'objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 80 à 95 % en 2050 par rapport à 1990[46].

Accord de coalition 2018

L'accord de coalition négocié début 2018 par la « Grande coalition » CDU-SPD porte l'objectif 2030 de part des énergies renouvelables à 65 % ; il n'est pas précisé s'il s'agit de part dans l'ensemble des énergies ou seulement dans l'électricité, mais c'est très probablement d'électricité qu'il s'agit ; la part des combustibles fossiles (charbon et gaz) serait donc ramenée à 35 % contre 55 % en 2017. Le texte précise que « le développement des énergies renouvelables doit être considérablement accru pour répondre aux besoins supplémentaires en électricité permettant d'atteindre les objectifs de protection du climat dans les transports, dans les bâtiments et dans l'industrie ». Le contrat propose la nomination d'une commission spéciale pour approcher autant que possible de l'objectif 2020, et atteindre à temps celui de 2030 ; cette commission a aussi le mandat spécifique de planifier la fin du charbon dans l'électricité, de décider des mesures d'accompagnement et de prévoir le financement des mutations structurelles pour les régions touchées. Le texte insiste fortement sur la nécessité de développer le stockage d'énergie ; il prévoit également une réduction de 50 % de la consommation d'énergie d'ici 2050[47].

Plan de sortie du charbon

La commission chargée par le gouvernement de dessiner un plan de route pour arrêter la production d'électricité à partir de charbon a finalement conclu un accord le 26 janvier 2019 après sept mois de débats : elle préconise un arrêt définitif du recours au charbon au plus tard en 2038 ; elle recommande qu'au moins 40 milliards d'euros d'aides fédérales soient versés d'ici à 2040 aux régions charbonnières de Rhénanie-du-Nord-Westphalie, Saxe, Saxe-Anhalt et Brandenbourg, et que les pouvoirs publics déboursent 2 milliards d'euros par an pour absorber l'envol probable des prix de l'électricité pour les particuliers et les entreprises[48].

Le conseil des ministres a adopté en mai 2019 un projet détaillé de mise en œuvre de cet accord : le gouvernement fédéral consacrera 26 milliards d'euros à des projets visant à accroître l'attractivité économique des différentes régions et 14 milliards seront en outre mobilisés en coinvestissement avec les régions concernées, ces dernières devant participer à hauteur de 10 % du financement[49].

Le gouvernement et les quatre Länder concernés par la sortie du charbon sont parvenus le 16 janvier 2020 à un compromis sur le calendrier des fermetures des centrales électriques : huit fermetures en Rhénanie du Nord-Westphalie en 2020-2021, pour une puissance totale de 15 GW, mais Uniper pourra y ouvrir la nouvelle centrale « Datteln 4 » ; d'ici à fin 2029, 8,8 GW supplémentaires seront fermés en Rhénanie et dans le Brandebourg ; les centrales les plus récentes, notamment installées dans l'est du pays en Saxe et Saxe-Anhalt, seront fermées en dernier lieu d'ici 2038[50].

Plan d'action pour le climat

En septembre 2019, la chancelière Angela Merkel présente le plan d'action pour le climat issu des négociations entre SPD et CDU : alors que l'Allemagne n'a pas tenu l'engagement pris en 2007 de réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 40 % par rapport à 1990 avant 2020, les objectifs sont ramenés à moins 30 % en 2023 et moins 55 % en 2030. 54 milliards d'euros devraient être investis d'ici à 2023 et jusqu'à 100 milliards d'ici 2030 pour réduire les émissions de CO_2. Le marché des certificats d'émission, qui jouait jusqu'ici seulement pour l'industrie et les centrales électriques, sera étendu aux

transports et au secteur immobilier. Un prix d'entrée d'une dizaine d'euros sera fixé en 2021, pour progresser ensuite jusqu'en 2026. L'impact sur le prix de l'essence, +3 centimes par litre en 2021 et à +10 centimes en 2026, sera compensé par des allégements fiscaux aux « navetteurs ». Des déductions fiscales encourageront l'achat de véhicules électriques. Le plan choisit aussi de subventionner le remplacement progressif des chauffages au mazout[51].

Le 13 décembre 2019, le gouvernement allemand fixe à 25 € par tonne le prix d'entrée des émissions de CO_2 à partir du 1er janvier 2021, au lieu des 10 € annoncés en septembre ; il en résultera une augmentation des prix des carburants de 7 à 8 centimes par litre, au lieu de 3. Le prix des quotas d'émissions de CO_2 augmentera ensuite de 5 €, en 2022 et 2023, avant de passer à 45 € en 2024 puis à 55 € en 2025. Début 2026, un système d'échange de certificats d'émissions, idéalement européen, devrait s'y substituer, dans une fourchette comprise entre 55 et 65 euros par tonne. Les recettes issues de cette taxe CO_2 seront principalement utilisées pour compenser la réduction de la taxe sur les énergies renouvelables (EEG-Umlage), et pour financer une augmentation de l'indemnité prévue pour les habitants des banlieues qui font la navette chaque jour avec leur voiture : elle sera relevée à partir du 1er janvier 2024 de 5 centimes à 8 centimes par kilomètre au-delà du 21e kilomètre. Par ailleurs, la TVA sur les voyages de longue distance en train passera de 19 % à 7 % dès 2020[52].

Révision à la hausse de l'objectif climatique

Le 29 avril 2021, la Cour constitutionnelle allemande rend un arrêt à propos la loi allemande de décembre 2019 sur le climat : alors que cette loi fixe l'objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 55 % d'ici à 2040, elle reporte l'essentiel des mesures après 2030, ce qui selon la Cour revient à « restreindre pratiquement et potentiellement toute forme de liberté » pour les générations futures. Les juges affirment le devoir constitutionnel de l'État d'agir pour respecter l'accord de Paris sur le climat d'une part, et ne pas restreindre les libertés individuelles dans le futur d'autre part. Ils donnent à l'État jusqu'au 31 décembre 2022 pour « régler plus précisément l'ajustement des objectifs de réduction des émissions après 2030 »[53].

Le 5 mai 2021, le gouvernement allemand revoit à la hausse ses objectifs climatiques : il prévoit désormais de réduire de 65 % au lieu de 55 % ses émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2030 par rapport à 1990, puis de 88 % en 2040 et la neutralité carbone en 2045 au lieu de 2050[54].

Les difficultés de la transition énergétique

La transition énergétique (*Energiewende*) lancée par le *Gesetzpaket* pose des défis de grande ampleur. Une étude de France Stratégie publiée en août 2017 souligne qu'aucun des objectifs de la transition énergétique allemande pour 2020, hormis celui de part des énergies renouvelables dans la consommation électrique, ne semble en mesure d'être atteint : l'Allemagne a toujours recours au charbon pour produire son électricité et reste un des pays d'Europe les plus émetteurs en CO_2 par habitant ; fermer les centrales au charbon et au lignite est un objectif qui divise la population et met en jeu la sécurité de son approvisionnement ; le développement massif des énergies renouvelables intermittentes a compromis l'équilibre du système électrique et impose la construction de milliers de kilomètres de lignes à haute tension, sur fond de forte opposition locale ; une éventuelle électrification du transport plongerait encore davantage dans la crise le secteur automobile. On peut donc s'attendre à une réduction des ambitions de la politique énergétique allemande après les élections fédérales de septembre 2017[55].

L'indice semestriel de transition énergétique (*Energiewende-Index*) calculé depuis 2012 par McKinsey pour suivre la réalisation des objectifs de l'Energiewende montre que, sur les 14 indicateurs pris en compte, huit révèlent un tel retard que la réalisation de l'objectif correspondant est devenue irréaliste ; en particulier, l'objectif de réduction de 40 % des émissions de CO_2 entre 1990 et 2020 est hors d'atteinte, étant donné qu'au 1er semestre 2017 les émissions n'ont baissé que de 8 %[56].

Restructuration du réseau électrique

Le développement de l'éolien se faisant principalement dans le nord du pays et plus particulièrement dans la mer du Nord et l'électricité étant consommée principalement dans les Länder du sud, la transition doit s'accompagner d'un fort développement des lignes de transport à haute tension. Mais ce développement se heurte à l'opposition des riverains. Dans une étude remise fin mai 2012 à la Chancelière, les quatre gestionnaires de réseaux de transport estiment à 3 800 km la longueur des lignes haute tension à construire et à 4 000 km celle des lignes à moderniser, pour un montant de 20 Md € auxquelles il faut ajouter 12 Md € pour le raccordement de l'éolien marin. Soit un total de 32 Md € à investir pour atteindre l'objectif 2022. Or depuis 2005, seuls 200 km de lignes haute tension ont pu être construites. C'est pourquoi une loi est en discussion pour faciliter les autorisations de construction des lignes haute tension : la *Netzausbaubeschleunigungsgesetz* (NABEG) vise la réduction des délais de construction des lignes de grand transport de 10 à 4 ans. En novembre 2012, l'association des entreprises de l'énergie BDEW annonce que d'ici 2020 il faudra construire 4 300 km de lignes HT pour acheminer la production éolienne vers le sud[57]. L'afflux des énergies renouvelables provoque des surcharges du réseau au point que l'électricité doit souvent être déroutée par la Pologne et la République Tchèque afin de revenir en Allemagne du sud, ce qui provoque dans ces pays, des incidents techniques à répétition[58].

Le plan de développement du réseau, élaboré fin 2014, estime que 7 700 km sont hautement prioritaires. Or en mai 2017 seuls 850 km de nouvelles lignes avaient été déployés depuis cette date, dont seulement 90 en 2016. La population s'oppose de façon virulente au passage des lignes afin de préserver les paysages, car les Länder traversés ne bénéficient souvent ni du courant acheminé ni des revenus associés à la production des ENR. Fin 2015, les autorités ont pris la décision d'enfouir les lignes, sans parvenir à calmer toutes les résistances. Les coûts estimés du développement du réseau se chiffrent en dizaines de milliards d'euros. Pour le consommateur, après celle du soutien aux ENR, la part du réseau dans le prix du kWh a commencé à augmenter significativement[55].

Compensation de la perte de 10 GWe nucléaire

Il faudra construire de nouvelles centrales thermiques à flamme, pour remplacer les vieilles centrales au charbon et au lignite qui ne respectent plus les normes environnementales, et pour atténuer l'intermittence des productions éoliennes et photovoltaïques en fonction des variations climatiques. En 2011, la perte de production due à la fermeture de 8 réacteurs a été de 31,1 TWh. Elle a été compensée par une baisse de la consommation de 1,9 TWh, une augmentation de 18,5 TWh de la production des EnR, une baisse des exportations de 3,9 TWh (-6,4 %, dont -0,7 TWh vers la France) et une augmentation des importations de 7,5 TWh (+18 %, dont 5,2 TWh de France)[59]. Les groupes énergétiques comme E.ON ou RWE rencontrent beaucoup de difficultés et sont parfois contraintes de ne faire tourner leurs centrales à gaz que 1000 à 1500 heures par an, au lieu des 6000 nécessaires pour qu'elles soient rentables[58].

Compensation de l'intermittence des EnR

Pour pallier les conséquences de l'intermittence des productions éolienne et photovoltaïque : le stockage par pompage dans des réservoirs de barrage est très séduisant, mais le potentiel reste limité, la plupart des sites envisageables étant déjà équipés ; reste le stockage sous forme d'hydrogène, une technologie prometteuse et pour laquelle les Allemands sont à la pointe de la recherche, mais dont la maturité semble encore lointaine, et l'efficacité énergétique encore réduite. Le stockage sous forme d'air comprimé est également à l'étude. La conclusion d'accords est envisagée avec la Norvège, pays richement doté en centrales hydrauliques, permettant une optimisation entre le soutirage en Norvège et le surplus d'électricité d'origine éolienne en Allemagne ; une ligne électrique sous-marine à haute tension a d'ailleurs été construite dans ce but ; mais cette souplesse est déjà utilisée abondamment par le Danemark, et la capacité des réservoirs norvégiens n'est pas illimitée.

Beaucoup d'espoirs avaient été mis dans l'hydrogène, mais le coût de l'électrolyse est prohibitif et les rendements sont trop faibles : au mieux, 30 % de l'énergie stockée est restituée, contre 90 % avec les batteries. Les capacités installées en énergies renouvelables fatales et intermittentes, éoliennes et solaires, atteignent 90 GW, bien au-dessus de la demande moyenne allemande (65 GW) et surtout de celle des week-ends estivaux (40 GW). Les épisodes de surproduction sont donc fréquents, générant occasionnellement des prix négatifs sur les marchés de gros de l'électricité. Mais surtout, les fortes variations de production menacent la stabilité du système électrique, ce qui oblige les gestionnaires de réseau à recourir régulièrement à des mesures exceptionnelles comme l'arrêt des énergies renouvelables quand leur production ne peut plus être évacuée par le réseau ou absorbée par la demande locale. Les coûts induits deviennent significatifs, répartis entre les indemnités à payer aux producteurs d'ENR et les coûts de congestion réseau, et ils augmentent plus vite que la part d'ENR intermittentes[55].

Une étude de la société Energy Brainpool pour le compte de Greenpeace évalue à 42,7 GW la puissance totale des électrolyseurs nécessaires en 2040 pour compenser l'intermittence des énergies éolienne et solaire dans un système entièrement renouvelable, y compris dans les périodes de plusieurs semaines de vent faible ; la puissance des centrales à gaz nécessaires pour compléter le système serait de 67 GW ; la puissance de pointe de la demande était en 2016 de 84 GW[60].

Hausse excessive du prix de l'électricité

La production EnR est achetée par les fournisseurs d'électricité à un tarif d'achat réglementé dont le surcoût par rapport aux prix de marché (soit 128,3 €/MWh en 2011[26]) est répercuté sur les consommateurs d'électricité sous la forme d'un prélèvement uniforme (*EEG-Umlage*) sur tous les kWh consommés ; cet EEG-Umlage atteignait en 2011 une moyenne de 35,9 €/MWh[26] (49 % pour le solaire, 23 % pour l'éolien et 26 % pour la biomasse), soit 14 % du prix moyen 2011 du kWh (249,5 €/MWh[26]) pour un ménage-type de 3 personnes consommant 3 500 kWh/an. La croissance très rapide de ce fardeau a amené le gouvernement à abaisser fortement les tarifs d'achat pour le solaire. Il convient d'ajouter à cela les coûts des renforcements de réseaux évoqués ci-dessus, ainsi que ceux des dispositifs de stockage rendus nécessaires par l'intermittence, qui seront forcément répercutés sur les consommateurs. Le renchérissement de l'électricité, déjà 2 fois plus coûteuse qu'en France, risque de poser des problèmes d'acceptabilité sociale. Le patron de Vattenfall Europe prédit des prix de l'électricité de 30 % supérieurs à leur niveau actuel à l'horizon 2020[61].

Plusieurs ministres allemands ont laissé entendre au cours de l'été 2012 que le pays pourrait ralentir sa transition énergétique en faveur des énergies renouvelables. Philipp Rösler, ministre de l'économie allemand, a déclaré que « les objectifs et les délais restent les mêmes, mais nous devrons reconsidérer les choses si des emplois ou la compétitivité étaient menacés. » De son côté, le ministre de l'environnement, Peter Altmaier, avouait que « l'objectif de la réduction de la consommation de 10 % d'ici 2020 sera difficile à tenir ». Cette évolution de position s'explique par des projections récentes qui

montrent que le prix de l'électricité allemande pourrait grimper de 30 % d'ici 2020 ; une telle hausse du prix de l'électricité pour les particuliers pourrait être mal acceptée par le peuple, problème délicat à un an des élections législatives ; et l'ensemble de l'économie nationale serait affectée par cette hausse de prix liée à la politique gouvernementale de sortie du nucléaire ; l'industrie allemande, forte consommatrice d'électricité, aurait du mal à rester concurrentielle si le prix de l'énergie venait à exploser de la sorte[62].

Le baromètre d'opinion de la BDEW révèle que 90 % de la population allemande considère la transition énergétique importante, mais qu'une bonne moitié considère que sa contribution aux frais est trop élevée, contre 35 % trois ans plus tôt[5].

L'EEG-Umlage est passée au 1er janvier 2013 à 53 €/MWh, ce qui représente un surcoût moyen par foyer de 185 € par an ; selon la Frankfurter Allgemeine Zeitung, la facture des consommateurs allemands d'électricité pour les fournitures d'origine renouvelable a représenté en 2012 un montant record de plus de 20 milliards d'euros ; la valeur de marché de cette électricité renouvelable selon les cours de la Bourse de l'électricité est de 2,9 Mds € ; le surcoût payé par les consommateurs est donc de 17 milliards d'euros[63].

Peter Altmaier, ministre CDU de l'Environnement, a annoncé fin janvier 2013 son intention de revoir le mode de financement des énergies renouvelables, qui repose aujourd'hui essentiellement sur les ménages et le Mittelstand (les ETI allemandes). Il remet en cause l'EEG-Umlage qui est passée de 0,35 c/kWh en 2003 à 5,3 c/kWh en 2013, ce qui représente un coût de 20 milliards d'euros par an pour les consommateurs d'électricité ; d'après le cabinet Bearing Point, elle pourrait atteindre 12 c/kWh en 2020, soit 50 Mds €/an ; pour un ménage qui consomme 3 500 kWh/an, l'addition passerait de 185 à 420 €/an ; « nous avons atteint la charge limite de cette subvention », a déclaré le ministre de l'Environnement. Philipp Rösler, ministre libéral de l'Économie, pourfendeur assidu d'une transition énergétique qui sacrifierait la compétitivité des industriels allemands, a salué « un pas important, dans la bonne direction » ; d'après l'institut VIK, les industriels français paient leur électricité 22 % moins cher que les Allemands, les Chinois 25 % et les Américains 52 % moins cher. Par ailleurs, Peter Altmaier a l'intention de rechercher une meilleure allocation des aides en fonction des besoins du réseau : la production éolienne est très concentrée dans le nord, en particulier en Basse-Saxe, alors que la grande industrie est plutôt localisée dans le sud[64] ; cette dernière déclaration pourrait bien annoncer la disgrâce de l'éolien offshore, très coûteux et nécessitant la construction de lignes à très haute tension nord-sud.

Dans un entretien accordé, mercredi 20 février, à la Frankfurter Allgemeine Zeitung, Peter Altmaier, ministre allemand de l'environnement, annonce que la sortie du nucléaire d'ici à 2022 et la transition vers les énergies renouvelables pourraient coûter à l'Allemagne « un billion (1 000 milliards) d'euros d'ici la fin des années 2030 »[65].

Les difficultés de l'Energiewende, et en particulier de son financement, ont été un des thèmes majeurs de la campagne électorale législative de 2013 : la chancelière Angela Merkel a promis que le niveau des subventions aux énergies renouvelables ne doit plus augmenter (mais elle avait déjà promis en 2011 que les prix de l'électricité demeureraient stables…) ; le ministre de l'Environnement, Peter Altmaier, suggère que ces subventions soient financées par l'emprunt. Le SPD et les Verts proposent de baisser les taxes, dont la TVA, sur l'électricité. Une commission *ad hoc*, mise en place par le gouvernement, a remis au ministre de l'Économie Philipp Rösler des conclusions autrement plus radicales, suggérant notamment que l'Allemagne s'inspire du modèle suédois, abolisse les subventions et les remplace par des quotas annuels de production d'électricité à partir des énergies renouvelables[66].

Les négociations pour la formation d'un gouvernement d'union CDU-SPD s'orientent vers une révision en baisse des objectifs de production d'éolien offshore pour 2020 à 6,5 GW au lieu de 10 GW, et vers une réduction des aides à l'éolien terrestre et aux autres énergies renouvelables, qui seront réorientées vers un système de primes qui remplacerait le système actuel de prix d'achat garanti : les producteurs de ces énergies vendront leur électricité sur le marché et recevront une prime au kWh ; la chancelière Angela Merkel a déclaré : « Nous devons surtout freiner l'explosion des coûts. » ; un accord a également été trouvé pour interdire la fracturation hydraulique[67].

Le nouveau ministre de l'Économie et de l'Énergie Sigmar Gabriel a présenté le 9 avril 2014 le projet de réforme "Energiewende 2.0" de la loi sur le financement des énergies renouvelables (EEG) de 2000, qui vise à abaisser les tarifs d'obligation d'achat : de 17 cents/kWh en moyenne actuellement, la rémunération moyenne va passer à 12 cents/kWh en 2015, ce qui est encore trois fois supérieur au prix du marché de gros, mais inférieur de plus de moitié au prix de détail payé par les particuliers ; les Länder ont obtenu quelques aménagements en faveur des éoliennes en mer et de la biomasse dans le Sud ; les exemptions de taxe EnR (*EEG-Umlage*) pour les entreprises seront revues à la baisse, mais les entreprises grosses consommatrices d'électricité conserveront leurs exemptions ; à moyen terme, la réforme vise, conformément aux nouvelles orientations prônées par Bruxelles, à supprimer les tarifs d'obligation d'achat : les exploitants des EnR devront alors vendre leur électricité directement sur le marché de gros, moyennant une prime compensatoire. Le projet de loi doit être voté au Bundestag fin juin pour entrer en vigueur le 1er août 2014 ; le commissaire européen à l'Énergie Günther Oettinger a déclaré qu'une autre loi EEG devra venir dans trois ans[68]; des limites en volume seront fixées au développement de l'éolien terrestre et du solaire à 2 500 MW par an et de l'éolien offshore à 6,5 GW d'ici 2020. Le gouvernement se fixe comme objectif de porter la part de l'« électricité verte » à 40-45 % en 2025 et 55-60 % en 2035[69].

Le commissaire européen à la Concurrence Joaquin Almunia a présenté le 9 avril 2014 un projet de "nouvelles lignes directrices concernant les aides d'État à la protection de l'environnement et de l'énergie" destiné à mettre fin progressivement au régime dérogatoire à la règle de la libre concurrence qui interdit les aides d'état, dont bénéficiaient les énergies renouvelables afin de favoriser leur montée en puissance[70] ; la Commission estime que ce système a fait son temps, a rempli son objectif puisque les énergies renouvelables assurent désormais 14 % de l'approvisionnement énergétique européen, et a provoqué des "bulles" et des abus, notamment du fait des tarifs garantis pour le photovoltaïque. Elle propose donc pour la période 2014-2020 :

- d'interdire le système de prix garantis pour toutes les installations solaires de plus de 500 kW et éoliennes de plus de 3 MW ;
- de privilégier désormais un système d'appel d'offres sans discrimination entre énergies renouvelables (le solaire l'emportera dans les régions ensoleillées, l'éolien dans les régions ventées, la biomasse dans les régions forestières, etc.) afin de réintégrer l'électricité verte dans les mécanismes de marché ;
- des régimes plus souples mais complexes sont prévus pour les technologies non matures ;
- les soutiens aux biocarburants de première génération seront interdits à l'horizon 2020 ;
- de maintenir le régime dérogatoire dont bénéficient les industries les plus énergivores pour plafonner leur contribution au financement des énergies renouvelables : 65 secteurs (ciment, aluminium, etc.) ; au terme d'un intense lobbying, les électro-intensifs allemands ont obtenu le maintien du volume d'exemption à la taxe sur les énergies renouvelables (EEG) qui s'élèvera cette année à 5 milliards d'euros ; le ministre de l'Économie et de l'Énergie, Sigmar Gabriel, a déclaré que « cela représente un coût de 40 euros par an pour un ménage de trois personnes, mais le maintien de plusieurs centaines de milliers d'emplois ».

La cour fédérale des comptes allemande a publié un rapport critiquant les modalités de la politique de transition énergétique pour son manque de cohérence et une mauvaise visibilité sur ses conséquences financières : cette politique a été menée par six ministères différents ; en 2011, quatre d'entre eux ont passé commande, sans se coordonner, auprès d'experts pour évaluer le coût de la transition énergétique ; le gouvernement n'a pas de vision d'ensemble et ces expertises n'ont pas donné d'évaluation fiable[71].

Un rapport publié fin 2016 par l'Institut pour l'économie de marché de Düsseldorf évalue le coût de la transition énergétique en Allemagne jusqu'en 2025 à 520 milliards d'euros, dont 408 Md€ de subventions aux énergies renouvelables (EEG-Umlage) et 55 Md€ de renforcements de réseaux[72].

En 2020, quelque 600 000 foyers ne pouvant plus payer leurs factures d'électricité se sont fait couper le courant. Ce nombre pourrait être largement dépassé en 2021 selon le Deutscher Paritätische Gesamtverband, organisme qui chapeaute une centaine d'associations caritatives et humanitaires du pays[73].

Perturbation du marché de l'électricité

En octobre 2017, alors que les prix de marché de l'électricité sont en hausse dans tous les pays voisins, en Allemagne une très forte production éolienne sur le mois fait reculer nettement le prix. Il devient même négatif pendant 31 heures le weekend des 28 et 29 octobre, et s'établit à −52,1 €/MWh en moyenne le dimanche[74].

Les principaux producteurs d'électricité européens : RWE, E.ON et GDF-Suez ont lancé le 13/11/2013 un avertissement sur la crise du secteur électrique européen, déstabilisé par la conjugaison du boom incontrôlé des énergies renouvelables, l'arrêt du nucléaire en Allemagne, l'effondrement du marché des permis d'émission de GES et la forte baisse du charbon causée par le boom du gaz de schiste aux États-Unis : les prix de gros de l'électricité ont fortement baissé, les opérateurs se sont vu contraints de fermer de nombreuses centrales au gaz qui étaient sous-utilisées, et les cours de leurs actions ont fortement baissé depuis le début de 2013[75].

Augmentation des émissions de CO_2 d'ici 2022

En décembre 2020, le gouvernement allemand se félicite de la décision européenne de porter de 40 % à 55 % l'objectif de réduction des émissions de CO_2 d'ici à 2030 par rapport à 1990 ; le ministre de l'Économie, Peter Altmaier, confirme la fermeture d'ici fin 2021, moyennant 317 millions d'euros d'indemnisations des opérateurs, de onze centrales à charbon représentant 4,8 GW, dont des centrales très récentes, comme celles de Vatenfall à Moorburg et de RWE à Westfallen, respectivement mises en service en 2015 et 2014. L'objectif d'atteindre 65 % d'énergies renouvelables dans la production d'électricité en 2030 contre 40 % en 2020 est confirmé. Mais selon Michael Schäfer, spécialiste des politiques énergétiques chez Agora Energiwende, le gouvernement part de l'hypothèse que les besoins en électricité resteront stables, ce qui est irréaliste. La sortie du charbon, couplée à la fermeture des six dernières centrales nucléaires allemandes d'ici fin 2022, va mettre le réseau électrique sous haute tension ; d'ici à 2025, ce sont 20 GW qui seront produits en moins. Selon les scénarios du groupe d'experts BloombergNEF, Berlin devra donc compenser cette disparition à court terme par du gaz, dont la production augmenterait de 74 % d'ici à 2023, mais aussi par du charbon dans ses centrales restantes. Au total, ils prévoient une hausse de 15 % des émissions de CO_2 dans les deux prochaines années en Allemagne[76].

Prospective

En février 2020, l'Agence internationale de l'énergie publie un rapport sur la transition énergétique allemande, dite « Energiewende ». Elle constate que les énergies fossiles comptent encore en 2018 pour plus de 79 % de la consommation annuelle d'énergie primaire en Allemagne, que l'électricité ne compte chaque année que pour près d'un cinquième de la consommation finale d'énergie et que les émissions de gaz à effet de serre de l'Allemagne étaient en 2018 inférieures d'environ 31 % à celles de 1990, loin de l'objectif fixé de réduction de 40 % en 2020 ; elle appelle donc l'Allemagne à « recentrer ses efforts » sur les transports et le chauffage[77].

En octobre 2018, l'Agence allemande de l'énergie (*Deutsche Energie-Agentur*) publie une étude approfondie sur les transformations nécessaires pour atteindre en 2050 l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre du pays de 80 % à 95 %. Un scénario de référence montre que la politique actuelle, fondée pour l'essentiel sur le développement des EnR, ne permettrait qu'une réduction de 62 % en 2050. L'étude construit quatre scénarios (deux visant 80 % de réduction, deux visant 95 %), qui mettent en œuvre des efforts plus ambitieux de réduction des consommations d'énergie (-44 % à -50 %) et une utilisation massive des carburants synthétiques renouvelables (hydrogène, méthane, GNL, essence et kérosène synthétiques), ainsi que la capture et séquestration de carbone pour les processus industriels dont la décarbonation n'est pas possible autrement. La production d'électricité renouvelable devrait être multipliée par plus de quatre, et l'Allemagne deviendrait largement importatrice d'électricité dans les années 2030-2040 (92 à 155 TWh/an). Dans les scénarios à 95 % de réduction d'émissions, les importations de carburants synthétiques renouvelables atteindraient entre 396 et 744 TWh/an, la production nationale ne pouvant couvrir que 18 à 26 % des besoins[78].

L'Institut Fraunhofer pour les systèmes énergétiques solaires[79] a publié en novembre 2012 une étude intitulée « 100 % d'énergies renouvelables pour l'électricité et la chaleur en Allemagne » pour l'horizon 2050[80] : l'hypothèse de demande suppose le succès d'une politique d'économie d'énergie réduisant la consommation d'électricité d'environ 25 % par rapport à 2011. Le mix énergétique auquel aboutissent leurs travaux comprend 170 GW d'éolien terrestre et 85 GW d'éolien en mer, soit 255 GW contre 29 GW en 2010 ; 200 GW de photovoltaïque, contre 17 GW en 2010 ; 70 GW de centrales "Power-to-gas" transformant l'électricité issue des EnR en gaz (hydrogène) lors des périodes de production excédentaires par rapport à la demande ; 95 GW de centrales à gaz utilisées en "back-up", lorsque la production EnR n'est pas suffisante, et optionnellement couplées à des systèmes de récupération de la chaleur pour réinjection dans les réseaux de chaleur ; de nombreuses installations de stockage de chaleur permettant de diminuer la part de la biomasse (50 TWh/a) dans la production de chaleur et d'électricité. Ainsi, la majeure partie de la biomasse sera consacrée aux transports et aux procédés industriels ; 130 GW de solaire thermique, produisant directement de l'eau chaude. Les capacités de production d'électricité totaliseraient donc 550 GW, à comparer à la puissance installée de la France : 125 GW, dont 64 GW de nucléaire. À lui seul, le parc de centrales à gaz aurait une puissance largement supérieure au parc nucléaire français actuel. L'objectif de 100 % d'EnR n'est pas atteint puisque subsiste cet énorme parc de centrales à gaz[81].

Impact environnemental

Émissions de gaz à effet de serre

L'Allemagne est un des plus gros émetteurs de gaz à effet de serre au monde : en 2017, ses émissions de CO_2 liées à l'énergie, estimées à 764 Mt, en font le n° 1 de l'Union Européenne, loin devant la Grande-Bretagne qui est n° 2 avec 398 Mt et la France, n° 4 (après l'Italie) avec 320 Mt. Les émissions allemandes représentent 21,6 % du total de celles de l'Union Européenne et 2,3 % du total mondial. Elles ont reculé de 23,9 % depuis 1990, mais remontent depuis 2014[a 13].

Voici l'ensemble des émissions de tous les gaz à effet de serre et de l'ensemble des secteurs :

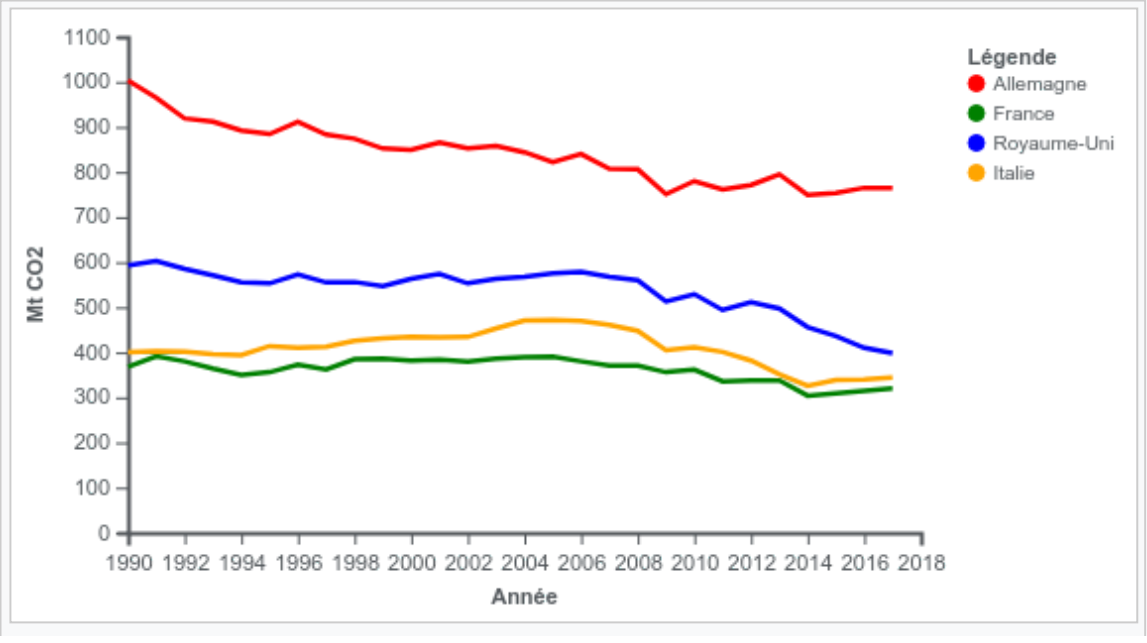
Émissions de gaz à effet de serre[a 14]

en Mt CO_2-équivalent	**1990**	**%**	**2000**	**%**	**2010**	**%**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017p**	**% 2017**
CO_2 dioxyde de carbone	1 020	*83,6*	861	*85,5*	816	*88,1*	776	780	786	781	*87,6 %*
CH_4 méthane	120	*9,8*	88	*8,7*	58	*6,3*	57	57	56	55	*6,2 %*
N_2O dioxyde d'azote	65	*5,3*	43	*4,3*	37	*4,0*	38	39	38	38	*4,2 %*
autres	13	*1,1*	13	*1,3*	14	*1,5*	14	15	15	15	*1,8 %*
TOTAL	**1 220**	*100*	**1 007**	*100*	**926**	*100*	**888**	**893**	**897**	**891**	*100 %*
Énergie	1037	*85,0*	871	*86,5*	802	*86,6*	762	767	771	766	*85,9 %*
Process industriels	97	*8,0*	78	*7,8*	63	*6,8*	62	61	63	64	*7,2 %*
Agriculture	79	*6,5*	67	*6,7*	63	*6,8*	67	68	67	66	*7,4 %*
Foresterie et CAS*	-31	*-2,5*	-38	*-3,8*	-16	*-1,7*	-15	-14	-14	-15	*-1,7 %*
Déchets	38	*3,1*	29	*2,9*	15	*1,6*	12	11	11	10	*1,1 %*

* CAS = changement d'affectation des sols ; 2017p : provisoire.

Les émissions de gaz à effet de serre ont diminué de 26,9 % entre 1990 et 2017 ; cependant, l'essentiel du gain a été acquis pendant les 10 premières années : en 2000, il atteignait déjà 16,6 % ; de 2010 à 2017, le gain n'a été que de 3,8 %. Les gains ont été particulièrement marqués sur le méthane : -54 % en 27 ans. On note également une forte diminution (-73 %) des émissions des ordures (recyclage, récupération du CH_4 des décharges, etc.).

Émissions de CO_2



Émissions de CO_2 liées à l'énergie des principaux pays européens
Source : BMWE[a 13]

Selon l'AIE, l'Allemagne occupait le 6e rang mondial en 2019 pour ses émissions de CO_2 liées à l'énergie, avec 644,1 Mt de CO_2, soit 1,9 % des émissions mondiales pour 1,1 % de la population mondiale. Ses émissions par habitant s'élèvent à 7,75 tonnes, 77 % au-dessus de la moyenne mondiale : 4,39 tonnes, contre 4,36 tonnes en France, mais 14,44 tonnes aux États-Unis[k 1].

Selon les estimations d'octobre 2017 du ministère de l'Environnement, l'Allemagne ne pourra pas atteindre ses objectifs de réduction d'émissions de CO_2 de 40 % entre 1990 et 2020. Alors qu'une baisse globale de 34,7 % était prévue dans un rapport en mai 2017, la nouvelle prévision du ministère est comprise entre 31,7 et 32,5 %. Les Verts exigent la fermeture des 20 centrales à charbon allemandes les plus polluantes d'ici 2020[82].

Pour les émissions de CO_2, le ministère fournit des données détaillées, issues de l'Office Fédéral de l'Environnement (*Umweltbundesamt*) :

Émissions de dioxyde de carbone[a 15]

en Mt	**1990**	**%**	**2000**	**%**	**2010**	**%**	**2015**	**2016**	**2017***	**% 2017**
Total CO_2	**1020**	*100*	**861**	*100*	**816**	*100*	**780**	**786**	**781**	*100 %*
Transport	162	*15,9*	181	*21,0*	153	*18,7*	161	164	166	*21,3 %*
Ménages	129	*12,6*	118	*13,7*	106	*12,9*	87	88	92	*11,8 %*
Professionnels	64	*6,3*	45	*5,3*	40	*4,9*	36	35	38	*4,9 %*
Entreprises manufacturières	185	*18,1*	129	*15,0*	124	*15,2*	126	129	134	*17,2 %*
Secteur énergétique	424	*41,6*	355	*41,2*	352	*43,2*	330	327	308	*39,4 %*
Agriculture, sylviculture, pêche	10	*1,0*	6	*0,7*	6	*0,7*	6	6	6	*0,8 %*
Autres émissions liées à l'énergie	12	*1,2*	2	*0,3*	1	*0,2*	1	1	1	*0,1 %*
Ss-total émissions CO_2 liées à l'énergie	**990**	*97,0*	**840**	*97,5*	**784**	*96,2*	**749**	**753**	**748**	*95,8 %*
Process industriels	59	*5,9*	58	*6,7*	47	*5,7*	44	46	47	*6,0 %*
Solvants et divers	3	*0,3*	3	*0,3*	2	*0,3*	3	3	3	*0,4 %*
Foresterie et CAS**	-33	*-3,2*	-40	*-4,6*	-18	*-2,2*	-16	-16	-17	*-2,2 %*

* 2016 : provisoire. ** CAS = changement d'affectation des sols.

La prépondérance des émissions du secteur énergétique (pertes de rendement, pertes en ligne, consommations propres du secteur) est massive : 39 % à 44 % sur toute la période ; mais comme il s'agit de pertes techniques inséparables de la consommation finale, il est plus pertinent de les ventiler entre les secteurs utilisateurs ; on obtient alors la répartition suivante : transport 37,8 %, ménages 20,9 %, professionnels 8,7 %, entreprises manufacturières 30,5 %, agriculture 1,4 %.

Les émissions totales de CO_2 ont baissé de 23,4 % en 27 ans. Celles liées à l'énergie (96 à 98 % du total) ont baissé de 24,4 %. Les progrès ont été plus rapides chez les ménages (résidentiel) : -28,6 %, les professionnels : -40,5 % et les entreprises manufacturières : -27,4 %, mais une part importante de cette dernière baisse provient des délocalisations ; par contre, les transports ont accru leurs émissions : +2,7 % en 27 ans ; de ce fait, leur part dans le total passe de 16 % à 21,3 % ; cependant, après avoir

culminé à 184 Mt CO_2 (21,5 % du total) en 1999, leurs émissions ont baissé de 9,7 % en 17 ans ; l'amélioration des moteurs, l'allègement des carrosseries et les primes à la casse ont donc été efficaces, mais ont été en partie compensés par l'accroissement du parc.

L'Agence internationale de l'énergie fournit des données supplémentaires :

Évolution des émissions de CO_2 liées à l'énergie

	1971	1990	2018	var. 2018/1971	var. 2018/1990	var.UE28 2018/1990
Émissions[h 1] (Mt CO_2)	978,1	940,0	696,1	*-28,8 %*	*-25,9 %*	*-21,7 %*
Émissions/habitant[h 2] (t CO_2)	12,49	11,84	8,40	*-32,7 %*	*-29,1 %*	*-27,1 %*
Source : Agence internationale de l'énergie						

L'AIE fournit également les émissions de 2019 : 659,1 MtCO_2, en recul de 5,3 % par rapport à 2018[h 1] ; par habitant : 7,93 tCO_2[h 2].

Répartition par combustible des émissions de CO_2 liées à l'énergie

Combustible	Émissions 2018 Mt CO_2	%	var. 2018/1990	var.UE28 2018/1990
Charbon[h 3]	273,1	*39,2 %*	*-47,1 %*	*-50,3 %*
Pétrole[h 4]	233,3	*33,5 %*	*-23,2 %*	*-17,0 %*
Gaz naturel[h 5]	171,1	*24,6 %*	*+48,5 %*	*+37,0 %*
Source : Agence internationale de l'énergie				

Émissions de CO_2 liées à l'énergie par secteur de consommation*

	Émissions 2018	*part du secteur*	Émissions/habitant	Émiss./hab. UE-28
Secteur	**Millions tonnes CO_2**	*%*	**tonnes CO_2/hab.**	**tonnes CO_2/hab.**
Secteur énergie hors élec.	30,6	*4 %*	0,37	0,41
Industrie et construction	226,0	*32 %*	2,73	1,55[n 19]
Transport	164,2	*24 %*	1,98	1,85[n 20]
dont transport routier	*153,4*	*22 %*	*1,85*	*1,71*[n 21]
Résidentiel	159,6	*23 %*	1,93	1,30[n 22]
Tertiaire	106,0	*15 %*	1,28	0,86
Total	**696,1**	*100 %*	**8,40**	**6,14**
Source : Agence internationale de l'énergie[h 6] *** après ré-allocation des émissions de la production d'électricité et de chaleur aux secteurs de consommation.**				

Les émissions de CO_2 en Allemagne sont largement supérieures à la moyenne européenne, sauf celles du secteur énergétique. Les émissions allemandes sont particulièrement massives dans l'industrie, mais aussi dans les transports, le résidentiel et le tertiaire.

En 2014, les producteurs d'électricité RWE et E.ON se classaient à la première et à la troisième place des plus gros émetteurs de CO_2 européens[83].

Pollution atmosphérique

Un rapport publié en juin 2016 par WWF et trois autres ONG avec le soutien de l'Union européenne évalue à 22 900 décès prématurés les impacts de la pollution atmosphérique (particules fines, ozone, dioxyde d'azote) causée par les centrales au charbon de l'Union européenne en 2013, un bilan comparable à celui des accidents de la route : 26 000 décès. Les centrales allemandes ont été responsables de 4 350 décès, dont 2 500 décès dans les pays voisins ; l'impact le plus élevé dû à des centrales étrangères est celui de la France : 1 200 décès causés surtout par les centrales allemandes (490 décès) et britanniques (350 décès)[84].

Notes et références

Notes

1. il convient de préciser que les conventions utilisées pour calculer les bilans énergétiques ont pour effet de minorer la part des énergies renouvelables électriques
2. calcul sur la base du *Wirkungsgradprinzip* (méthode des rendements, retenue par l'AIEA et Eurostat), qui tend à sous-estimer les énergies renouvelables électriques.
3. hydraulique, éolien, photovoltaïque
4. par exemple, en les affectant du même coefficient de rendement que le nucléaire (33 %).
5. hors pompage
6. part renouvelable, fixée à 50 %
7. surtout bois et biogaz
8. par pompes à chaleur
9. STEAG GmbH : Evonik 49 % + un groupe de 6 Stadtwerke.
10. BP prend comme source le rapport 2020 de l'*Institut Fédéral pour les sciences de la Terre et les Ressources Naturelles* allemand (BGR - *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe*).
11. la différence entre ce montant et celui du tableau général des importations s'explique par le fait qu'il est calculé en pouvoir calorifique supérieur et non en pouvoir calorifique inférieur.
12. le *merit order* est l'ordre dans lequel le gestionnaire du marché classe les centrales électriques, en fonction de leur prix au MWh proposé, afin de calculer le prix de marché (cf Ajustement offre-demande d'électricité)
13. TPES = total des approvisionnements en énergie primaire : production locale + importations - exportations - consommations des lignes aériennes et maritimes internationales + variations de stocks
14. en allemand : *Vaterland* - le père patrie : la patrie est masculine en allemand...
15. un décrochage de 12 % en 2008 provient d'un changement de méthode statistique : à partir de cette date, les véhicules temporairement mis au rancart sont exclus ; comme le nombre de voitures a progressé de 27 % entre 1990 et 2007, puis de 11,2 % entre 2008 et 2017, la progression totale sur 26 ans ressort à environ 41 %.
16. seules les petites installations sont désormais éligibles aux tarifs d'achat : dès le 1er août 2014 pour les nouvelles installations mises en service avant le 1er janvier 2016 et de puissance < 500 kW ; à partir du 1er janvier 2016 pour les nouvelles installations mises en service à partir du 1er janvier 2016 et de puissance < 100 kW
17. pour l'éolien en mer : baisse de 0,5 c/kWh au 1er janvier 2018, de 1 c/kWh au 1er janvier 2020, puis de 0,5 c/kWh par an

18. exemple : pour l'éolien terrestre, 0,4 % pour des mises en service comprises entre 2400 et 2600 MW/an, 0,5 % pour un dépassement de moins de 200 MW, 0,6 % pour un dépassement de 200 à 400 MW, etc
19. en France : 0,77 t/hab (17 %)
20. en France : 1,88 t/hab (42 %)
21. en France : 1,76 t/hab (39 %)
22. en France : 0,79 t/hab (17 %)

Références

- **(en)** Agence internationale de l'énergie (AIE - en anglais : *International Energy Agency - IEA*), *Key World Energy Statistics 2021* (https://iea.blob.core.windows.net/assets/52f66a88-0b63-4ad2-94a5-29d36e864b82/KeyWorldEnergyStatistics2021.pdf), septembre 2021, **[PDF]**.

1. p. 60-69
2. p. 13
3. p. 27
4. p. 15
5. p. 17
6. p. 33
7. p. 31
8. p. 19
9. p. 23
10. p. 25

- **(en)** CO2 Emissions from Fuel Combustion 2020 : Highlights (https://webstore.iea.org/co2-emissions-from-fuel-combustion-2020-highlights), Agence internationale de l'énergie, 5 octobre 2020 **[xls]**.

1. tab.FC
2. tab.CO2-POP
3. tab.CO2 FC-Coal
4. tab.CO2 FC-Oil
5. tab.CO2 FC-Gas
6. tab.SECTOREH

- **(en)** Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe - Agence Fédérale pour les Sciences de la Terre et les Matières Premières, « BGR Energy Study 2017 - Data and Developments Concerning German and Global Energy Supplies » (https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Energie/Downloads/energiestudie_2017_en.pdf?__blob=publicationFile&v=2) **[PDF]**, sur *bgr.bund.de (http://www.bgr.bund.de/)*, 2017 (consulté le 26 juin 2018)

1. p. 136 à 143
2. p. 144 à 149
3. p. 116 à 125
4. p. 126 à 135

- **(de)** **[xls]** Ministère Fédéral de l'Économie et de l'Énergie (BMWE), « Gesamtausgabe der Energiedaten (Statistiques énergétiques du Ministère Fédéral de l'Économie et de l'Énergie) » (https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Binaer/Energiedaten/energiedaten-gesamt-xls.xlsx?__blob=publicationFile&v=95), BMWE, 22 janvier 2019

1. tab.20
2. tab.3
3. tab.18
4. tab.16
5. tab.19
6. tab.13
7. tab.17
8. tab.4
9. tab.5
10. tab.1
11. tab.6a
12. tab.7b
13. tab.12
14. tab.10
15. tab.9

- (en) [PDF] AGEB, « Tableaux de calcul du bilan énergétique de l'Allemagne (Evaluation Tables on the Energy Balance 1990 to 2018) » (https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=awt_2018_englisch.pdf), AGEB, août 2019

1. tab.1.1
2. tab.2.1
3. tab.6.1
4. tab.2.2
5. tab.6.3

- (de) [PDF] BDEW, « Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2017) » (https://www.bdew.de/media/documents/Awh_20170710_Erneuerbare-Energien-EEG_2017.pdf), BDEW, 10 juillet 2017

1. p. 15
2. p. 23
3. p. 39
4. p. 34
5. p. 33

- Autres références

1. (en) Data and statistics : Germany : Balances 2019 (https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=GERMANY&energy=Balances&year=2019), Agence internationale de l'énergie, 12 septembre 2020.
2. (en) Agence internationale de l'énergie (AIE - en anglais : *International Energy Agency - IEA*), *Key World Energy Statistics 2020* (https://webstore.iea.org/download/direct/4093?fileName=Key_World_Energy_Statistics_2020.pdf), 27 août 2020, [PDF].
3. (en) Data and statistics : Germany Electricity 2019 (https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=GERMANY&energy=Electricity&year=2019), Agence internationale de l'énergie, 12 septembre 2020.
4. (de) Energieträger Holz - Renaissance der Biomasse (http://www.stmelf.bayern.de/wald/holz/energietraeger-holz/index.php), sur le site de l'administration forestière bavaroise.

5. (de) [PDF] BDEW, « Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2014) » (http://www.bdew.de/internet.nsf/id/bdew-publikation-erneuerbare-energien-und-das-eeg-zahlen-fakten-grafiken-2014-de/$file/Energie-Info_Erneuerbare%20Energien%20und%20das%20EEG%202014_korr%2027.02.2014_final.pdf), BDEW, 24 février 2014, voir p. 9 et p. 13
6. (en) BP Statistical Review of World Energy 2020 - 69th edition (https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf) (page 44), BP, juin 2020 [PDF].
7. (de) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (http://www.bgr.bund.de/DE/Home/homepage_node.html), site du BGR.
8. (en) World Energy Resources: 2013 Survey - chap.1 : Coal (http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/WER_2013_1_Coal.pdf) (voir p. 20), site du Conseil mondial de l'énergie consulté le 2 avril 2014.
9. Ninon Renaud, « L'Allemagne ferme sa dernière mine de houille » (https://www.lesechos.fr/monde/europe/0600249815379-lallemagne-ferme-sa-derniere-mine-de-houille-2226369.php), sur *Les Echos*, 2 décembre 2018
10. (en) BP - revue statistique 2011 - section gaz naturel (http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/natural_gas_section_2012.pdf), sur le site de BP.
11. Allemagne: Exxon veut investir des centaines de millions d'euros en Rhénanie (http://www.deleaudanslegaz.com/?p=682), sur le site deleaudanslegaz.com.
12. Gaz de schiste : tour d'horizon de la situation en Europe (http://www.actu-environnement.com/ae/news/gaz-de-schiste-europe-15371.php4), sur le site Actu-Environnement.
13. Wintershall va chercher du gaz de schiste en Allemagne (http://www.legazdeschiste.fr/prospection-en-europe/08092012,wintershall-va-chercher-du-gaz-de-schiste-en-allemagne,56.html), sur le site legazdeschiste.fr
14. "Il n'y a pas d'alternative au gaz russe" (ministre allemand de l'Énergie) (http://www.latribune.fr/actualites/economie/international/20140328trib000822512/il-n-y-a-pas-d-alternative-au-gaz-russe-ministre-allemand-de-l-energie.html), site de La Tribune consulté le 31 mars 2014.
15. Obama prêt à livrer du gaz à l'UE pour casser l'emprise russe (http://www.lefigaro.fr/international/2014/03/26/01003-20140326ARTFIG00307-obama-pret-a-livrer-du-gaz-a-l-ue-pour-casser-l-emprise-russe.php), site du Figaro consulté le 31 mars 2014.
16. Obama hésite à ouvrir les vannes du gaz de schiste aux Européens (http://m.lesechos.fr/redirect_article.php?id=0203400495077), site des Échos consulté le 31 mars 2014.
17. (en) AEO2014 Early Release Overview - Energy Productions and Imports (http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/early_production.cfm?src=Natural-b2), site EIA consulté le 30 mars 2014.
18. (en) présentation de WINGAS (http://www.wingas.de/daten_fakten.html?&L=1), sur le site de WINGAS.
19. Projet de gazoduc Nordstream (https://www.ledevoir.com/international/europe/273546/projet-russe-de-gazoduc-nord-stream-la-finlande-table-sur-un-feu-vert-en-fin-d-annee), sur le site Le Devoir (https://www.ledevoir.com/)
20. (en) Poutine lance le gazoduc Nord Stream (http://en.rian.ru/russia/20110906/166471821.html), sur le site RIANovosti (http://en.rian.ru/)
21. (en) annonce de la mise en service du tronçon sous-marin (http://fr.rian.ru/world/20110426/189286063.html), sur le site RIANovosti (http://en.rian.ru/)
22. Nord Stream 2, le gazoduc de la discorde (https://www.lesechos.fr/09/11/2018/lesechos.fr/0600102502560_nord-stream-2--le-gazoduc-de-la-discorde.htm), Les Échos, 9 novembre 2019.
23. En Allemagne, des projets d'importation de gaz naturel liquéfié très politiques (https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/0600614975883-en-allemagne-des-projets-dimportation-de-gaz-naturel-liquefie-tres-politiques-2242481.php), Les Échos, 6 février 2019.

24. Berlin déroule le tapis rouge pour le gaz américain (https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/0600684812875-berlin-deroule-le-tapis-rouge-pour-le-gaz-americain-2244186.php), Les Échos, 12 février 2019.
25. Données sur l'énergie nucléaire 2017 (pages 27 et 28) (http://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2017/7365-ned-2017.pdf), OCDE-NEA (Agence pour l'énergie nucléaire), 2017.
26. (de) BDEW, "Erneubare Energien und das EEG : Zahlen, Fakten, Grafiken (2011)" (http://www.bdew.de/internet.nsf/id/energie-de), sur le site de BDEW.
27. une traduction en français de la loi EEG est téléchargeable à (http://www.bmu.de/english/service/documents_francais/doc/48384.php)
28. (de) [PDF] BDEW, « Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2013) » (http://www.bdew.de/internet.nsf/id/17DF3FA36BF264EBC1257B0A003EE8B8/$file/Energieinfo_EE-und-das-EEG-Januar-2013.pdf), BDEW, 2013 (consulté le 7 mars 2013), p. 20
29. (de) [PDF] BDEW, « Erneuerbare Energien in Zahlen » (https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/erneuerbare-energien-in-zahlen-2017.pdf), BDEW, 31 octobre 2018 (page 29)
30. (de) Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands - Expertise sur la recherche, l'innovation et l'efficacité technologique allemande (voir p. 51-52) (http://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten_2014/EFI_Gutachten_2014.pdf), site de l'EFI consulté le 6 mai 2014.
31. Base de données - Énergie (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database), site Eurostat consulté le 28 décembre 2013.
32. Parité réseau pour l'électricité photovoltaïque (http://energeia.voila.net/solaire/parite_reseau.htm), sur le site Energeia consulté le 29 décembre 2013.
33. L'autoconsommation (http://www.photovoltaique.info/L-autoconsommation.html#1_ancre), sur le site Photovoltaïque.info consulté le 29 décembre 2013.
34. (en) Energy Consumption Drops to Historic Low Level (https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_pressedienst_07_2020-engl.pdf), AG Energiebilanzen e.V., 17 décembre 2020.
35. (en) Energy Consumption Declined in Germany (https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_pressedienst_08_2019-engl.pdf), AGEB, 18 décembre 2019.
36. (de) [PDF] Milde Witterung drückt Primärenergieverbrauch im Jahr 2011 nach unten (05.03.2012) (http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=118&archiv&preview=true), sur le site de l'AGEB.
37. (de) *Energieverbrauch ist 2014 kräftig gesunken* (La consommation d'énergie a fortement baissé en 2014) (http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_pressedienst_08_2014.pdf), AGEB, 17 décembre 2014.
38. (de) Stromerzeugung nach Energieträgern 1990 - 2018 (Production d'électricité par source d'énergie, 1990-2018) (https://ag-energiebilanzen.de/4-1-Home.html), ag-energiebilanzen.de, 6 mars 2019.
39. (de) [PDF] Energieverbrauch in Deutschland Daten für das 1.-4. Quartal 2012 (http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=118), sur le site de l'AGEB.
40. transition énergétique allemande (http://decrypterlenergie.org/international/la-sortie-du-nucleaire-en-allemagne-entraine-t-elle-une-hausse-des-emissions-de-co2), site web decryperlenergie.org de l'association négaWatt.
41. (de) Stromeinspeisungsgesetz vom 7.12.1990 (https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/eeg.html?cms_docId=72462), portail d'information sur les énergies renouvelables du ministère allemand pour l'économie et l'énergie (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie), 2019.

42. (de) Erneuerbares Energien Gesetz 2000 (EEG 2000) (https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/eeg.html?cms_docId=71110), portail d'information sur les énergies renouvelables du ministère allemand pour l'économie et l'énergie (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie), 2019.
43. Réforme de la loi sur les énergies renouvelables (loi EEG) (http://enr-ee.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Hintergrundpapiere/3_Gesetze-und-Rechtsrahmen/140711_loi_EEG_2014.pdf), Office franco-allemand pour la transition énergétique, 11 juillet 2014
44. Transition énergétique en Allemagne - La nouvelle loi EEG est adoptée (http://www.energies-renouvelables.org/articles/newsletter_29072014/bundestag.asp), EurObserv'ER, 29 juillet 2014
45. (de) Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 (http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050/), Ministère fédéral de l'environnement, 23 décembre 2015.
46. (de) *Dialogprozess zum Klimaschutzplan 2050* (http://www.klimaschutzplan2050.de/), site dédié au « *Klimaschutzplan 2050* » par le Ministère fédéral de l'environnement.
47. (de) Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD (https://www.cdu.de/system/tdf/media/dokumente/koalitionsvertrag_2018.pdf) (voir pages 71 et 142), CDU, 7 février 2018. Traduction en français : La fin du charbon au menu du gouvernement allemand ? Traduction et décryptage de l'accord de coalition (http://www.theshiftproject.org/sites/default/files/files/2018-03-05_note_danalyse_decryptage_et_traduction_de_laccord_de_coalition_allemand_the_shift_project_1.pdf), The Shift Project, mars 2018.
48. Electricité : l'Allemagne se donne 19 ans pour stopper le charbon (https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/0600585362716-electricite-lallemagne-se-donne-19-ans-pour-se-passer-du-charbon-2239608.php), Les Échos, 26 janvier 2019.
49. Sortie du charbon : l'Allemagne entre dans la phase pratique (https://www.lesechos.fr/industrie-services/industrie-lourde/sortie-du-charbon-lallemagne-entre-dans-la-phase-pratique-1023325), Les Échos, 23 mai 2019.
50. La fermeture des centrales à charbon allemandes peut commencer (https://www.lesechos.fr/monde/europe/la-fermeture-des-centrales-a-charbon-allemandes-peut-commencer-1163623), Les Échos, 16 janvier 2020.
51. Climat : les 100 milliards du plan Merkel suscitent de nombreuses critiques (https://www.lesechos.fr/monde/europe/le-gouvernement-allemand-accouche-dun-plan-hybride-pour-le-climat-1133427), Les Échos, 20 septembre 2019.
52. En Allemagne, les quotas de carbone seront deux fois plus chers que prévu (https://www.lesechos.fr/monde/europe/le-gouvernement-allemand-accouche-dun-plan-hybride-pour-le-climat-1133427), Les Échos, 16 décembre 2019.
53. Climat : les juges de Karlsruhe consacrent les droits des générations futures (https://www.lesechos.fr/monde/europe/climat-les-juges-de-karlsruhe-consacrent-les-droits-des-generations-futures-1311163), Les Échos, 29 avril 2021.
54. Climat : l'Allemagne revoit ses ambitions à la hausse (https://www.lesechos.fr/monde/europe/climat-lallemagne-revoit-ses-ambitions-a-la-hausse-1312721), Les Échos, 5 mai 2021.
55. [PDF] Transition énergétique allemande : la fin des ambitions ? (http://www.strategie.gouv.fr//sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/transition_energetique_allemande_la_fin_des_ambitions_etienne_beeker_note_n59_aout_2017_0.pdf), France Stratégie, août 2017.
56. (de) Energiewende-Index (https://www.mckinsey.de/energiewendeindex#uebersicht), McKinsey, 2017.
57. (de) [PDF] Deutsches Höchstspannungsnetz: Netzausbauprojekte bis 2015 (http://www.bdew.de/internet.nsf/id/890C94E01B0ACDF3C12579F4003DA43D/$file/12%2011%2020%20H%C3%B6S-Netzausbauprojekte%20bis%202015%2020Nov2012_jaehrlich_Ki.pdf), document avec carte des lignes à construire, sur le site du BDEW.

58. Le grand (trop grand ?) défi de la Énergie Wende (http://www.latribune.fr/blogs/un-voyage-en-allemagne/20130410trib000758689/le-grand-trop-grand-defi-de-la-energie-wende-.html), sur le site de La Tribune.
59. (de) Physikalischer Stromaustausch mit dem Ausland 2011 (https://www.bdew.de/internet.nsf/id/DA3DD0BD5352F45BC12579B30034A0C9/$file/120229%20Stromaustausch%202011.pdf), sur le site de BDEW.
60. (de) Neue Studie: Versorgungssicherheit in einer kalten Dunkelflaute ist klimaneutral und zu adäquaten Kosten möglich (https://blog.energybrainpool.com/neue-studie-versorgungssicherheit-in-einer-kalten-dunkelflaute-ist-klimaneutral-und-zu-adaequaten-kosten-moeglich/), Energy Brainpool, 29 juin 2017.
61. Vattenfall prédit une hausse de 30 % du prix de l'électricité en Allemagne (http://www.romandie.com/news/n/_Vattenfall_predit_une_hausse_de_30_du_prix_de_l_electricite_en_Allemagne78030720120838.asp), sur le site [1] (http://www.romandie.com).
62. Énergies renouvelables : l'Allemagne pourrait ralentir (http://lenergiedavancer.com/energie-renouvelables-lallemagne-pourrait-ralentir/2012/08/30/), sur le site "l'énergie d'avancer"
63. Enerpresse du 9/01/2013
64. L'Allemagne a mal à sa transition énergétique - 29/01/2013 (http://www.latribune.fr/actualites/economie/union-europeenne/20130129trib000745606/l-allemagne-a-mal-a-sa-transition-energetique.html), sur le site de la Tribune.
65. Berlin chiffre à 1 000 milliards d'euros le coût de sa sortie du nucléaire (https://www.lemonde.fr/cgi-bin/ACHATS/acheter.cgi?offre=ARCHIVES&type_item=ART_ARCH_30J&objet_id=1224701&xtmc=peter_altmaier&xtcr=1), sur le site du journal Le Monde.
66. Le tournant énergétique allemand dans l'impasse ? (http://www.latribune.fr/journal/edition-du-2309/special-elections-federales-allemandes/786236/le-tournant-energetique-allemand-dans-l-impasse-.html), sur le site de La Tribune consulté le 23 septembre 2013.
67. L'Allemagne va réduire les aides à l'éolien (https://www.lesechos.fr/entreprises-secteurs/energie-environnement/actu/0203118507578-les-energies-renouvelables-affaiblies-a-berlin-chutent-en-bourse-627933.php), sur le site des Échos consulté le 13 novembre 2013.
68. Berlin va réduire les aides aux énergies renouvelables (https://www.lesechos.fr/entreprises-secteurs/energie-environnement/actu/0203429536959-berlin-va-reduire-les-aides-aux-energies-renouvelables-663318.php), site du journal Les Échos consulté le 9 avril 2014.
69. L'Allemagne lèverait-elle le pied sur les énergies renouvelables? (http://www.latribune.fr/actualites/economie/union-europeenne/20140408trib000824244/l-allemagne-leverait-elle-le-pied-sur-les-energies-renouvelables.html), site de La Tribune consulté le 9 avril 2014.
70. Énergies vertes : Bruxelles choisit de ménager l'industrie (https://www.lesechos.fr/entreprises-secteurs/energie-environnement/actu/0203429687874-energies-vertes-bruxelles-choisit-de-menager-l-industrie-663300.php), site du journal Les Échos consulté le 9 avril 2014.
71. Allemagne: la politique énergétique de Merkel épinglée (http://www.latribune.fr/actualites/economie/international/20140828tribe9e5ed18a/allemagne-la-politique-energetique-de-merkel-epinglee.html), La Tribune, 28 août 2014
72. (de) *EEG & Co treiben Energiewendekosten auf 520 Milliarden Euro* (http://www.insm.de/insm/Presse/Pressemeldungen/Pressemeldung-Studie-EEG.html), *Initiative Neue Soziale Marktwirtschaft*, 10 octobre 2016.
73. Bruno Odent, « Allemagne. La cruelle imposture du « tournant énergétique » » (https://www.humanite.fr/allemagne-la-cruelle-imposture-du-tournant-energetique-726233), sur *L'Humanité*, 3 novembre 2021
74. Aperçu mensuel sur l'énergie électrique - octobre 2017 (http://www.rte-france.com/sites/default/files/apercu_energie_elec_2017_10.pdf), RTE.
75. RWE réduit encore ses effectifs, prévisions prudentes pour 2014 (http://www.capital.fr/bourse/actualites/rwe-reduit-encore-ses-effectifs-previsions-prudentes-pour-2014-888169), sur le site de Capital consulté le 14 novembre 2013.

76. Climat : les ambitions de Berlin contrariées par ses choix énergétiques (https://www.lesechos.fr/monde/europe/climat-les-ambitions-de-berlin-contrariees-par-ses-choix-energetiques-1270443), Les Échos, 2 décembre 2020.
77. La situation énergétique de l'Allemagne (https://www.connaissancedesenergies.org/la-situation-energetique-de-lallemagne-analysee-par-laie-200224) sur connaissancedesenergies.org, 24 février 2020.
78. (en) dena Study : Integrated Energy Transition (https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9283_dena_Study_Integrated_Energy_Transition.PDF), DENA, octobre 2018.
79. (en) Fraunhofer ISE (http://www.ise.fraunhofer.de/en), site de l'Institut Fraunhofer ISE
80. (de) 100 % Erneuerbare Energien für Strom und Wärme in Deutschland (http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/studie-100-erneuerbare-energien-in-deutschland.pdf), sur le site de l'Institut Fraunhofer.
81. Électricité : le cas allemand (http://sciences.blogs.liberation.fr/home/2013/01/electricit%C3%A9-le-cas-allemand.html), sur le blog du journaliste scientifique Sylvestre Huet.
82. L'Allemagne confrontée à son échec en matière de lutte contre le CO_2 (https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/030783936083-lallemagne-confrontee-a-son-echec-en-matiere-de-lutte-contre-le-co2-2125204.php), Les Échos, 25 octobre 2017.
83. Climat : pourquoi le charbon est pointé du doigt (http://www.lefigaro.fr/conjoncture/2015/07/28/20002-20150728ARTFIG00002-climat-pourquoi-le-charbon-est-pointe-du-doigt.php), lefigaro.fr, 28 juillet 2015
84. (en) Europe's dark cloud (http://wwf.fi/mediabank/8633.pdf), WWF, Climate action network, HEAL et Sandbag, juin 2016.

Voir aussi

Articles connexes

- Électricité en Allemagne
- Énergies renouvelables
- Stockage d'énergie
- Transition énergétique
- Ressources et consommation énergétiques mondiales

Liens externes

- (en) Site de l'Agence internationale de l'énergie (International Energy Agency) (http://www.iea.org/stats/index.asp/)
- Site de la Transition energetique Allemande (Energy Transition) (http://energytransition.de/2013/03/fr/)
- (de) Site du Ministère de l'Économie et de la Technologie - *Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi)*, département de l'énergie (http://www.bmwi.de/DE/Themen/energie.html)
- (en) (de) Site de l'AGEB - groupe de travail *Energiebilanzen* (bilans énergétiques) - qui réunit sept syndicats d'entreprises énergétiques pour publier des statistiques sectorielles (http://www.ag-energiebilanzen.de/)
- (de) Site de l'association BDEW (*Bundesverband der Énergie und Wasserwitschaft e.V.* - Association Fédérale des Entreprises de l'Énergie et de l'Eau), fondée à l'automne 2007 et regroupant 1 800 entreprises (http://www.bdew.de/)

- Michel Deshaies, « Ambiguïtés et limites de la transition énergétique en Allemagne », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Les éditions en environnements VertigO, n^{o} Volume 14 Numéro 3, 16 janvier 2015 (ISSN 1492-8442 (https://www.worldcat.org/issn/1492-8442&lang=fr), lire en ligne (http://vertigo.revues.org/15515))
- La situation énergétique de l'Allemagne (https://www.connaissancedesenergies.org/la-situation-energetique-de-lallemagne-analysee-par-laie-200224) sur connaissancedesenergies.org

---

Ce document provient de « https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Énergie_en_Allemagne&oldid=187764925 ».

La dernière modification de cette page a été faite le 6 novembre 2021 à 17:47.

Droit d'auteur : les textes sont disponibles sous licence Creative Commons attribution, partage dans les mêmes conditions ; d'autres conditions peuvent s'appliquer. Voyez les conditions d'utilisation pour plus de détails, ainsi que les crédits graphiques. En cas de réutilisation des textes de cette page, voyez comment citer les auteurs et mentionner la licence. Wikipedia® est une marque déposée de la Wikimedia Foundation, Inc., organisation de bienfaisance régie par le paragraphe 501(c)(3) du code fiscal des États-Unis.

Politique de confidentialité
À propos de Wikipédia
Avertissements
Contact
Développeurs
Statistiques
Déclaration sur les témoins (cookies)