

Les cahiers de



L'ÉNERGIE EN ALLEMAGNE ET EN FRANCE

Une comparaison instructive



N° 30 - septembre 2011
ISSN 1270-377X - 15 euros



Global Chance

Association loi de 1901
sans but lucratif
(statuts sur simple demande)
17 ter rue du Val
92190 Meudon
contact@global-chance.org

Le Conseil d'Administration
de Global Chance
est composé de :

Edgar Blaustein

Trésorier de l'Association

Bernard Devin

Secrétaire de l'Association

Benjamin Dessus

Président de l'Association

Michel Labrousse**Bernard Laponche****Iddri**

41 rue du Four
75337 Paris Cedex 07
www.iddri.org

Président de la fondation :
Jean Jouzel

Directrice :
Laurence Tubiana

Directeur scientifique :
Michel Colombier

**Les cahiers de
Global Chance**
N° 30
Septembre 2011

Directeur de la publication :
Benjamin DESSUS

Rédaction :
Bernard Laponche

Maquette : Philippe Malisan

Imprimerie : Alliance

SOMMAIRE

Éditorial

L'analyse des données

Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France

1. Données économiques

1.1 Population, Produit intérieur brut et valeurs ajoutées

1.2 Commerce extérieur global et énergétique

2. Du côté de la demande

2.1 Consommations énergétiques finales

2.2 Consommations finales d'électricité

2.3 Analyse sectorielle des consommations d'énergie

3. Du côté de l'offre

3.1 De la production primaire à la consommation finale

3.2 Le bilan électrique et la production d'électricité

3.3 La production de chaleur

3.4 La biomasse

3.5 Contribution des sources primaires à la consommation finale

3.6 La dépendance énergétique

4. Les émissions de gaz à effet de serre

4.1 Gaz carbonique (CO₂)

4.2 Méthane (CH₄)

5. Les déchets nucléaires

5.1 Les politiques nucléaires

5.2 Accumulation de combustibles usés et de matières nucléaires

5.3 Accumulation de déchets radioactifs

Des politiques énergétiques contrastées

Efficacité énergétique : convergences et différences des politiques françaises et allemandes

1. Les chocs pétroliers, déclencheurs des politiques d'efficacité énergétique

1.1 Les agences de l'énergie

1.2 Le retour du pétrole bon marché : coup d'arrêt provisoire pour l'efficacité énergétique

1.3 Cadres européen et nationaux actuels

2. De fortes disparités de traitement entre les différents secteurs de l'économie

2.1. Certains secteurs semblent faire l'objet de plus d'attention

2.2. Les secteurs les plus performants diffèrent en France et en Allemagne

3. La réforme fiscale allemande : un signal prix clair en faveur de l'efficacité énergétique

3.1. La réforme fiscale écologique allemande

3.2. Des politiques de prix différencierées : l'exemple de l'électricité

4. Des mesures transversales à fort potentiel : certificats blancs en France et ESCO en Allemagne

4.1. Les certificats d'économie d'énergie (CEE)

4.2 Les compagnies de service énergétique

5. L'industrie, moteur autonome de l'efficacité énergétique

5.1. Les mesures coopératives dominent les politiques dans l'industrie

5.2. Les accords volontaires entraînent rarement de réels gains d'efficacité énergétique

6. Transport : l'augmentation de la demande efface les gains d'efficacité

6.1 L'efficacité des véhicules domine les politiques publiques

6.2 Le transport de marchandises explode en Allemagne

6.3 Des politiques fiscales convergentes sur les carburants mais des parcs automobiles de plus en plus différenciés

Ce numéro des Cahiers de Global Chance est consultable sur le site www.global-chance.org

7. Le bâtiment concentre l'essentiel des politiques de réduction de la demande	65
7.1 Le levier réglementaire, pierre angulaire de l'efficacité énergétique dans le neuf	65
7.2 Le bâtiment ancien : des programmes intéressants mais des volumes rénovés trop faibles	68
7.3 Consommation d'électricité spécifique : des ménages allemands moins énergivores	69
Électricité renouvelable : comment concilier politique industrielle et politiques environnementales	73
1. Le développement des énergies renouvelables en France : un bilan contrasté	73
2. Le détour par l'Allemagne : quelques enseignements	75
2.1 La continuité des politiques de développement des énergies renouvelables	75
2.2 Quand le modèle alternatif devient la norme	79
2.3 L'environnement institutionnel : le terreau nécessaire à la réussite des politiques publiques	79
2.4 Un tissu industriel basé sur le savoir-faire allemand	80
3. Les faiblesses françaises	82
3.1 L'éparpillement des programmes nationaux de soutien	82
3.2 Un dynamisme exogène	82
3.3 Des difficultés de mise en œuvre	83
3.4 La place du nucléaire joue en défaveur du développement des ENR électriques	84
3.5 L'isolement des politiques de soutien aux ENR	84
4. Le changement de paradigme énergétique	85
<i>Gros Plan - L'exemple du développement du biogaz en Allemagne : pourquoi ça fonctionne !</i>	86
<i>Gros Plan 2 - Les Chauffe eau solaires en France et en Allemagne</i>	87
La politique énergétique allemande : La voie vers les renouvelables	89
1. Principes et objectifs du Concept énergétique allemand	89
1.1 Objectif efficacité énergétique	89
1.2 Objectif climat	89
1.3 Objectif renouvelables	89
2. La sortie du nucléaire	89
3. Les éléments de la mise en œuvre	89
3.1 Compétitivité économique et industrielle	90
3.2 Effort collectif de tous les acteurs	90
3.3 Efficacité énergétique dans les bâtiments	90
3.4 Développement des énergies renouvelables	90
3.5 Développement des réseaux de transport et distribution et du stockage	90
3.6 Centrales électriques thermiques classiques et cogénération	90
3.7 Répartition des responsabilités	90
Conclusion : les enseignements de la comparaison	91
1. Les données économiques	91
2. La demande énergétique	91
3. L'offre d'énergie	92
3.1 La production d'électricité	92
3.2 Les renouvelables	92
3.3 La dépendance et la sécurité énergétiques	93
4. Les émissions de gaz à effet de serre et les déchets nucléaires	93
4.1 Le gaz carbonique CO ₂	93
4.2 Le méthane CH ₄	93
4.3 Les déchets nucléaires	94
5. Une comparaison qui incite à la réflexion	94

Global Chance et l'Iddri expriment leur reconnaissance à l'équipe Enerdata-Odyssée
 pour la mise à disposition de ses dernières bases de données.

Ont contribué à ce numéro : Bernard Laponche (Global Chance), Benjamin Dessus (Global Chance),
 Céline Marcy (Iddri) et Loïc Chappoz (Iddri).
 Nous les en remercions.

Éditorial

Avec ce numéro 30 de ses Cahiers (sans compter les 5 « petits mémentos », numéros hors série), Global Chance fête sa majorité : 18 ans que notre association intervient donc sur les thèmes de l'énergie et de l'environnement, à partir des travaux engagés par ses membres.

Au cours du temps, la nature des sujets traités n'a pas beaucoup évolué : déjà en 1993, nos préoccupations concernaient le développement des pays pauvres, la précarité énergétique dans les pays riches, le réchauffement climatique, le problème des ressources fossiles, les impasses du programme nucléaire français... Déjà nous mettions en avant la nécessité d'une décroissance des dépenses énergétiques des pays riches, nous mettions en garde contre les dangers du « tout nucléaire français », nous tentions de convaincre à partir d'arguments rationnels que la maîtrise de l'énergie et les énergies renouvelables représentaient une voie alternative crédible au tout fossile tout nucléaire régnant.

Au cours du temps aussi, les numéros des Cahiers de Global Chance, à l'origine de quelques dizaines de pages, se sont épaissis pour constituer des dossiers complets sur un sujet, la maîtrise de l'énergie ou de l'électricité, les énergies renouvelables, le dossier nucléaire, le dossier climatique, etc, souvent en coédition avec des associations ou des organismes amis, comme le Courrier de la planète, l'IEPF ou Négawatt. Cette politique nous a permis d'élargir notre audience en diffusant plus largement nos cahiers, en France et à l'étranger et d'être largement reconnus pour le sérieux de nos analyses et de nos propositions.

Malgré cette réussite relative, force est de constater qu'en France en particulier, les messages que nous tentons de faire passer ont bien du mal à pénétrer les milieux du pouvoir.

Aussi bien chez les politiques que dans les grandes entreprises énergétiques ou dans l'administration, la doctrine productiviste nationaliste et centralisatrice issue des 30 glorieuses, véhiculée par les grands corps d'État et la plupart des économistes à une oligarchie chauvine reste quasiment intouchable. La croissance économique et la consommation, le nucléaire comme unique alternative énergétique sérieuse, restent des tabous bien ancrés dans l'esprit de nos castes dirigeantes quelle qu'en soit la tendance politique.

Le choc de Fukushima, avec la mise en cause toute particulière du modèle énergétique français qu'il implique, provoque un effet de sidération sur nos élites. Convaincues qu'il n'y a pas d'autre option possible que la poursuite des politiques engagées, elles se réfugient dans une communication qui se veut rassurante mais qui peine à convaincre les citoyens. Il n'y aurait pour la France pas d'autre issue qu'une poursuite d'une politique énergétique essentiellement fondée sur l'offre d'énergie, la centralisation, le nucléaire.

Dans ce contexte, il nous a donc semblé particulièrement utile de comparer le système énergétique français à celui de notre proche voisin, l'Allemagne, puisque depuis une dizaine d'années, notre voisin s'est engagé sur une voie différente de la France, voie qu'il a récemment confirmée après Fukushima.

Global Chance s'est chargé de l'analyse statistique historique de la demande et de l'offre d'énergie en Allemagne et en France. L'IDDRRI a analysé les politiques de maîtrise de l'énergie et les politiques de promotion des énergies renouvelables des deux pays pour en mettre en évidence la cohérence, les succès et les limites.

C'est le fruit de cette collaboration que nous vous présentons dans ce numéro des « Cahiers de Global Chance » en coédition avec l'IDDRRI.

Nous espérons que cette étude apportera des éléments de réflexion utiles dans le débat énergétique qui va s'engager à la fin de l'année dans la perspective présidentielle.

L'analyse des données

Consommations d'énergie et bilans énergétiques en Allemagne et en France

Bernard Laponche (Association Global Chance)

Ce document a été réalisé en utilisant les bases de données ENERDATA et ODYSSEE. Celle-ci est essentiellement utilisée pour les répartitions des consommations d'énergie par usages, dans les différents secteurs d'activité.

1. Données économiques

Afin d'assurer la cohérence avec les données énergétiques, la population et les données économiques présentées dans ce chapitre sont relatives à la France métropolitaine, y compris la Corse, et excluent par conséquent les départements et les territoires d'outremer.

1.1 Population, Produit intérieur brut et valeurs ajoutées

Population, Produit intérieur brut (PIB) et valeurs ajoutées

	POPULATION (MILLION)				
	1991	2008	2009	2009-1991	%
Allemagne	80,0	82,1	82,0	2,0	2,5
France	57,0	62,0	62,4	5,5	9,6
PIB (MILLIARD D'EUROS)					
	1991	2008	2009	2009-1991	%
Allemagne	1862	2335	2222	360	19,3
France	1320	1661	1615	295	22,3
PIB PAR HABITANT (EURO)					
	1991	2008	2009	2009-1991	%
Allemagne	23273	29183	27769	4496	19,3
France	23165	29156	28337	5172	22,3
VALEUR AJOUTEE PAR HABITANT (EURO)					
Industrie					
	1991	2008	2009	2009-1991	%
Allemagne	7295	8222	7925	630	8,6
France	5157	5834	5639	482	9,3
Services					
	1991	2008	2009	2009-1991	%
Allemagne	13047	17912	16944	3897	29,9
France	15054	19727	19208	4154	27,6
Agriculture					
	1991	2008	2009	2009-1991	%
Allemagne	299	294	278	-21	-7
France	580	603	583	3	0,5

• Population

En 2009, la population de l'Allemagne est 1,3 fois celle de la France.

Depuis 1991, première année après la réunification, la population de l'Allemagne a augmenté de 2,5 %, mais elle est passée par un maximum au début des années 2000 pour décroître très légèrement depuis (figure ci-dessous).

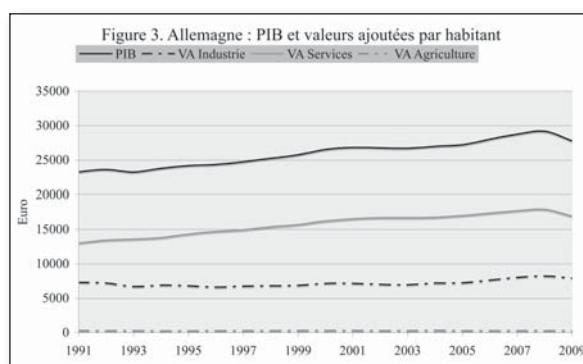
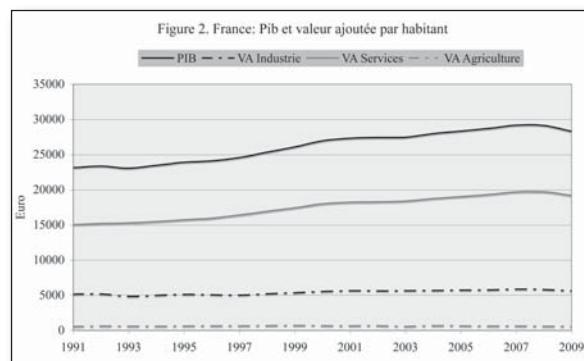
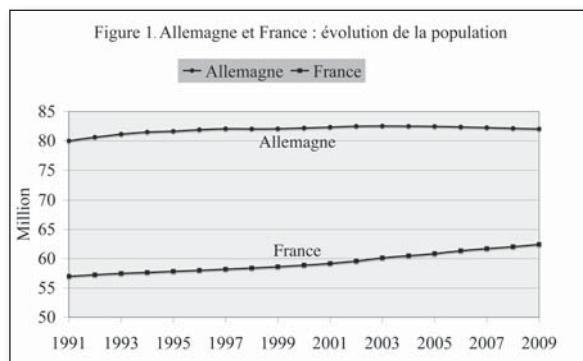
La population de la France a connu une croissance régulière sur la même période et elle est, en 2009, supérieure de 9,6 % à sa valeur en 1991.

• Produit intérieur brut et valeurs ajoutées sectorielles¹

Les valeurs du produit intérieur brut (PIB) par habitant étaient pratiquement égales en 2008, à environ 29 150 euros et un peu plus faible pour l'Allemagne que pour la France en 2009.

La différence la plus importante entre les deux pays, notamment par ses conséquences sur les consommations d'énergie, tient à la structure de l'activité économique. Dans les deux pays, les services ont la valeur ajoutée la plus importante, mais celle-ci est plus élevée pour la France : 19 208 euros par habitant, contre 16 944 euros pour l'Allemagne (facteur 1,13). Inversement, la valeur ajoutée de l'industrie est très nettement supérieure pour l'Allemagne : 7 025 euros par habitant contre 5 639 euros pour la France (facteur 1,25). En valeur totale, la valeur ajoutée de l'industrie allemande est 1,85 fois supérieure à celle de l'industrie française. En ce qui concerne l'agriculture, sa valeur ajoutée par habitant est très supérieure pour la France (583 euros contre 278 pour l'Allemagne), mais la différence est très loin de compenser celle de l'industrie.

Notons également que, dans l'un et l'autre pays, les valeurs ajoutées par habitant de l'industrie et de l'agriculture sont restées à peu près stables (en euros constants et aux prix de 2005) sur l'ensemble de la période et que la croissance du PIB a résulté essentiellement de la croissance des services.



Remarque

La supériorité de l'Allemagne en matière de production industrielle est bien connue. Par contre, la position de la France dans ce domaine est en général surestimée, notamment par rapport au Royaume-Uni dont on entend dire ou écrire par les meilleurs esprits que c'est une nation qui a complètement abandonné son industrie au profit des activités financières.

Or, si l'on compare les valeurs ajoutées par habitant de l'industrie des quatre grands pays européens membres du G8 (Allemagne, France, Italie, Royaume-Uni), on constate que :

- Sur toute la période 1991-2008, les valeurs ajoutées industrielles par habitant de l'Allemagne, de l'Italie et du Royaume-Uni ont toujours été supérieures à celles de la France.
- En 2009, la valeur ajoutée par habitant de la France est légèrement supérieure à celle de l'Italie (de 2 %), inférieure à celle du Royaume-Uni (de 5 %) et très inférieure à celle de l'Allemagne (de 29 %).
- La valeur ajoutée industrielle par habitant du Royaume-Uni, après avoir frôlé celle de l'Allemagne dans les dernières années 90, a décrue ensuite, ce qui traduit une désindustrialisation, le niveau de l'activité industrielle de ce pays restant toutefois jusqu'ici supérieur à celui de la France.

1 - Le PIB est la somme des valeurs ajoutées sectorielles plus les taxes indirectes, moins les subventions (ce qui explique la différence entre les valeurs du PIB et la somme de celles des secteurs d'activités).

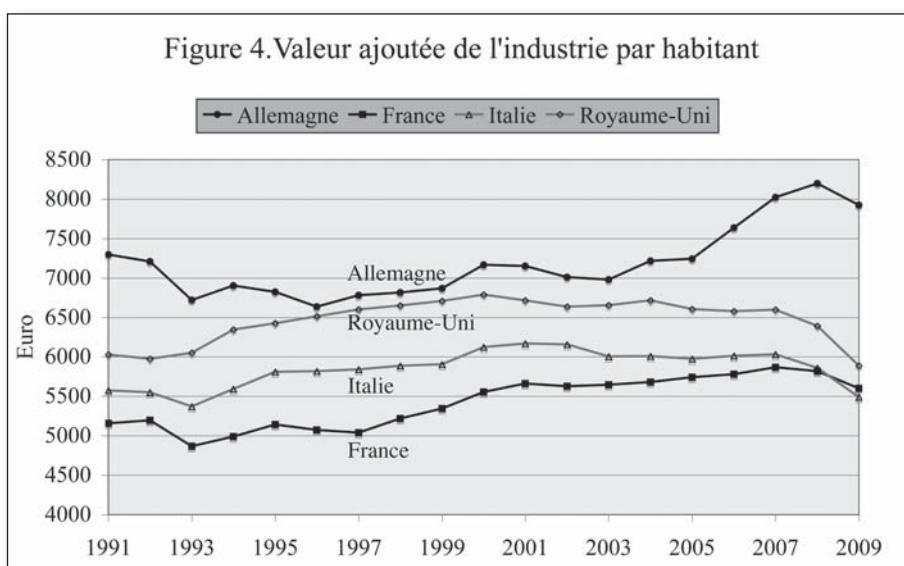
		Valeur ajoutée totale de l'industrie					
	Milliard	1991	1996*	2007	2008	2009	Part**
Allemagne	Euro 2005	584	544	660	673	650	27,5 %
France	Euro 2005	294	294	362	361	350	19,5 %
Italie	Euro 2005	316	331	358	351	331	23,7 %
Royaume-Uni	Euro 2005	346	379	402	392	364	19,5 %

* 1996 : année de la valeur minimale de la valeur ajoutée de l'industrie de l'Allemagne.

** Part de la valeur ajoutée de l'industrie dans le PIB en 2009.

		Valeur ajoutée de l'industrie par habitant				
		1991	1996*	2007	2008	2009
Allemagne	Euro 2005	7295	6635	8021	8197	7922
France	Euro 2005	5157	5074	5868	5817	5601
Italie	Euro 2005	5575	5819	6031	5859	5489
Royaume-Uni	Euro 2005	6027	6514	6597	6391	5886

* 1996 : année de la valeur minimale de la valeur ajoutée de l'industrie de l'Allemagne.



1.2 Commerce extérieur global et énergétique

• Les valeurs en 2008 et 2007

On constate une différence considérable des échanges extérieurs totaux en 2008, avec un solde positif de 177 milliards d'euros pour l'Allemagne et un solde négatif de 68 milliards d'euros pour la France.

En ce qui concerne les échanges énergétiques, le solde négatif de la France, à 46 milliards d'euros, est inférieur à celui de l'Allemagne, de 59 milliards d'euros.

Mais, pour l'Allemagne, ce déficit ne représente que le tiers de son bénéfice global, alors que pour la France, il représente les deux tiers de son déficit global..

Echanges extérieurs totaux				
2008		Exportations	Importations	Solde (E-I)
Allemagne	Milliard Euros	1000,7	823,9	176,8
France	Milliard Euros	415,7	483,4	-67,7

Echanges extérieurs énergétiques				
2007*		Exportations	Importations	Solde (E-I)
Allemagne	Milliard Euros	22	81,4	-59,4
France	Milliard Euros	15,5	61,3	-45,8

* Pas de données pour 2008

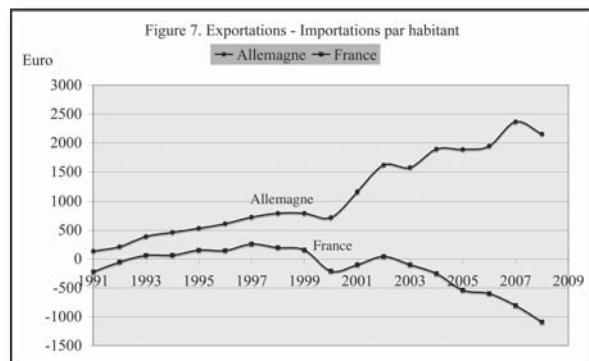
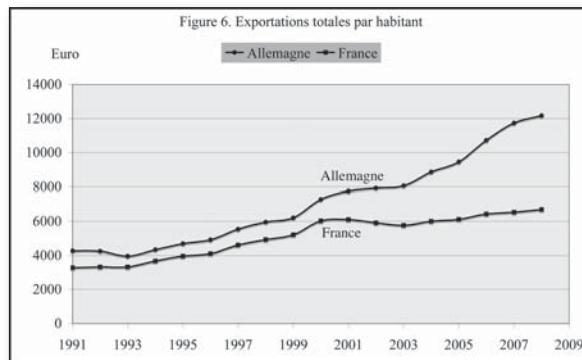
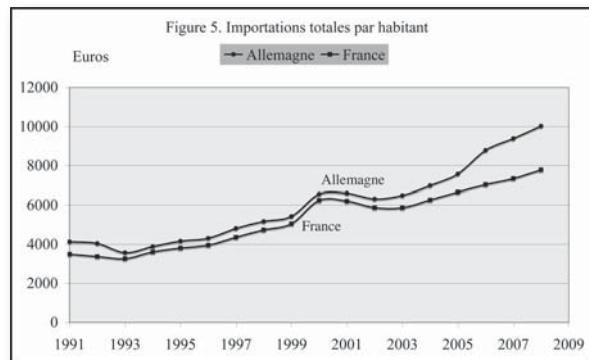
Remarque

Les importations d'uranium naturel correspondant aux besoins de la production annuelle d'électricité d'origine nucléaire ne sont pas prises en compte dans les valeurs des importations présentées ici et dans les paragraphes suivants.

Nous verrons en 3.1.2 que ces quantités d'uranium naturel sont, pour l'année 2009, de 2 700 tonnes pour l'Allemagne et 8 200 tonnes pour la France².

A 100 euros le kg³, cela représente environ 820 millions d'euros pour la France et 270 millions pour l'Allemagne.

• Evolution des importations et exportations totales



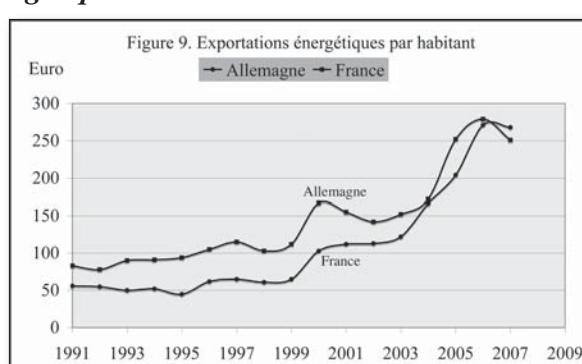
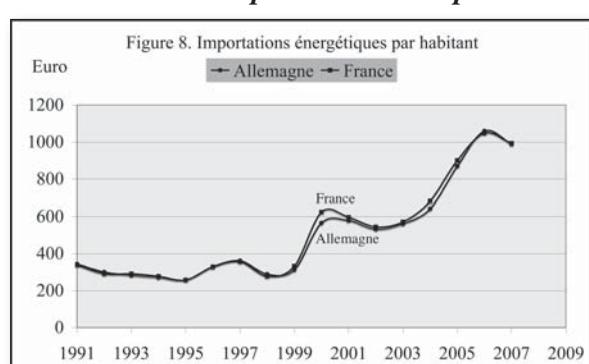
Les échanges extérieurs globaux présentent des différences considérables d'évolution, comme le montrent les figures ci-dessus.

Après avoir connu des valeurs très proches de 1991 à 2002, les importations totales par habitant deviennent à partir de 2003 plus importantes pour l'Allemagne et représentent 10 000 euros en 2008, contre 7 800 pour la France (facteur 1,28).

Même similitude des exportations totales par habitant de 1991 à 2001 avec un léger avantage pour l'Allemagne, puis quasi stabilisation pour la France et augmentation régulière et forte pour l'Allemagne : en 2008, 12 200 euros pour celle-ci contre 6 700 euros pour la France (facteur 1,8).

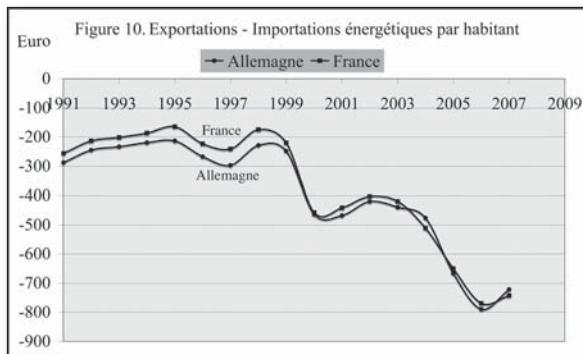
Le solde des échanges globaux est toujours positif pour l'Allemagne, alors qu'il n'est légèrement positif pour la France qu'entre 1982 et 2000, année au-delà de laquelle il chute régulièrement pour atteindre -1 090 euros en 2007, tandis que l'Allemagne est, la même année, à +2 153 euros.

• Evolution des importations et exportations énergétiques



2 - Ce sont en fait des tonnes de U3O8 (voir note de bas de page n°12).

3 - Le prix de l'uranium est exprimé en \$ par livre (454 g) d'U3O8. 100 euros par kg correspondent à environ 60 \$ la livre (contrats de long terme).



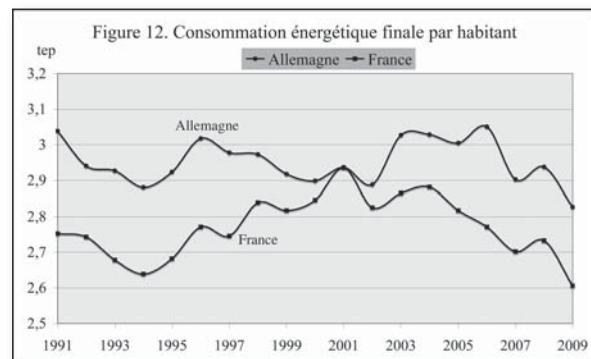
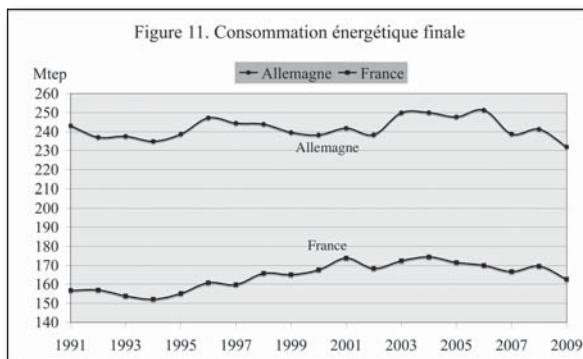
De façon assez surprenante, les importations et exportations énergétiques annuelles par habitant sont très voisines sur l'ensemble de la période. Sur ce plan, aucun des deux pays ne présente un avantage significatif. Les importations atteignent 1 000 euros par habitant en 2007 et les exportations environ 250 euros la même année (251 pour la France et 268 pour l'Allemagne). Les importations énergétiques représentent en 2007 respectivement 10 % des importations totales pour l'Allemagne et 13 % pour la France.

Le bilan des échanges est toujours négatif, pour les deux pays (un peu plus important pour la France en 2007 : -742 euros contre -721 pour l'Allemagne).

2. Du côté de la demande

2.1 Consommations énergétiques finales

La consommation énergétique finale est la consommation de produits énergétiques utilisés pour la production d'énergie dans les secteurs d'activités dits « finals » (le secteur énergétique étant exclu : industrie, transports, résidentiel, tertiaire⁴, agriculture). Au sens du bilan énergétique (voir chapitre 3), la consommation finale d'énergie inclut en plus la consommation de produits énergétiques à des usages non énergétiques (industrie chimique, bitumes...).



• Évolution des consommations énergétiques finales

Consommation énergétique finale

Totale	Mtep	1991	2001	2006	2008	2009
Allemagne	Mtep	243,1	241,8	251,3	241,3	231,9
France	Mtep	156,8	173,8	170,0	169,5	162,7

Par habitant	tep	1991	2001	2006	2008	2009
Allemagne	tep	3,04	2,94	3,05	2,94	2,83
France	tep	2,75	2,94	2,77	2,73	2,61

La consommation de l'Allemagne décroît de 3,04 tep en 1991 à 2,83 tep en 2009 (soit -7 %) et celle de la France de 2,75 tep en 1991 à 2,61 tep en 2009 (-5 %). La consommation finale de l'Allemagne reste supérieure à celle de la France sur toute la période, et les deux ne se rejoignent qu'en 2001 (2,94 tep), année qui constitue probablement le « peak »⁵ de la consommation énergétique finale pour la France, tandis qu'il se situerait en 2006 (3,05 tep) pour l'Allemagne.

Nous verrons au chapitre suivant que, du fait du poids plus important de l'électricité dans la consommation finale de la France, la situation s'inverse pour la consommation d'énergie primaire qui est plus élevée pour la France que pour l'Allemagne.

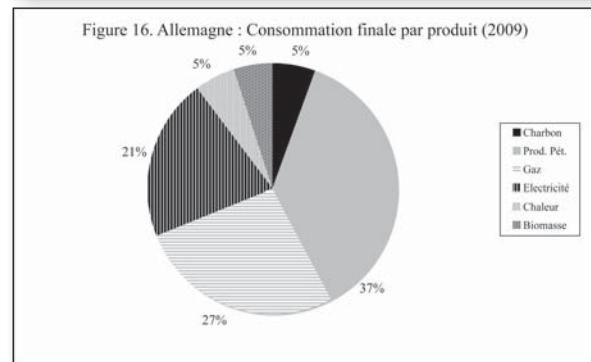
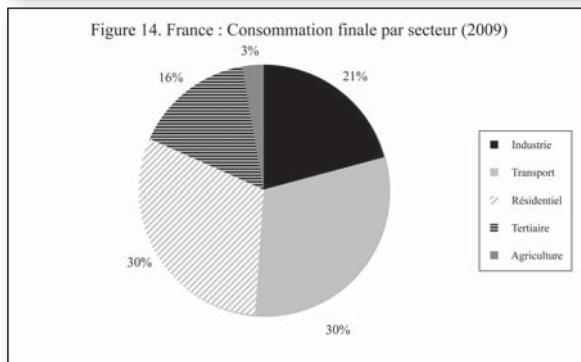
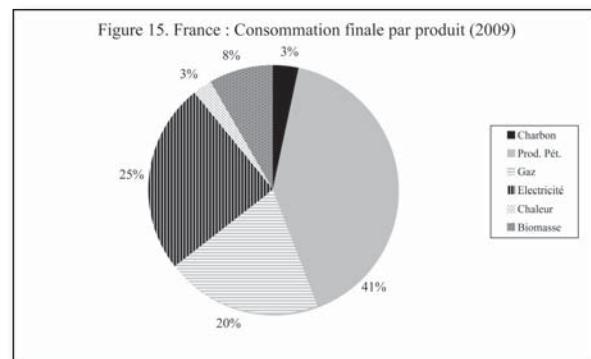
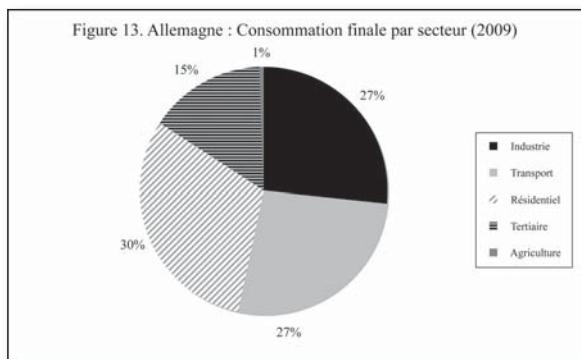
4 - La consommation énergétique finale du secteur tertiaire comprend l'éclairage public.

5 - Par analogie au « peak oil ».

• *Consommations énergétiques finales par produit et par secteur*

Allemagne : Consommation énergétique finale totale en 2009								
Mtep	Charbon	Produits Pétroliers	Gaz	Electricité	Chaleur	Biomasse	TOTAL	Part (%)
Industrie	10,15	3,36	16,71	18,82	3,1	2,99	55,12	26,8
Transport	0	50,39	0	1,38	0	2,75	54,51	26,5
Résidentiel	0,83	14,16	28,07	11,93	4,47	4,35	63,82	31
Tertiaire	0,21	7,6	9,98	10,16	3,28	0,01	31,23	15,2
Agriculture	0	0	0,25	0,74	0	0	0,99	0,5
TOTAL	11,2	75,5	55,01	43,03	10,84	10,1	205,68	100
Part (%)	5,5	36,7	26,8	20,9	5,3	4,9	100	

France : Consommation énergétique finale totale en 2009								
Mtep	Charbon	Produits Pétroliers	Gaz	Electricité	Chaleur	Biomasse	TOTAL	Part (%)
Industrie	4,4	4,25	9,35	10,79	0	1,95	30,74	20,8
Transport	0	40,97	0,08	1,11	0	2,53	44,69	30,3
Résidentiel	0,33	7,85	15,85	13,71	0,13	6,98	44,85	30,4
Tertiaire	0	4,16	4,14	10,52	3,85	0,63	23,3	15,8
Agriculture	0	3,34	0,21	0,35	0,01	0,04	3,95	2,7
TOTAL	4,73	60,57	29,63	36,48	3,99	12,13	147,53	100
Part (%)	3,2	41,1	20,1	24,7	2,7	8,2	100	



La structure par produit de la consommation finale reflète les différences par secteur. Le fait le plus surprenant est relativement à la part de la consommation de produits pétroliers qui est nettement plus élevée en France (41 %) qu'en Allemagne (37 %). On note également que la part de l'électricité est nettement plus élevée en France (25 % contre 21 % en Allemagne), ainsi que celle de la biomasse (8 % contre 5 %), tandis que la chaleur, le gaz et le charbon sont plus importants en Allemagne.

Allemagne : Consommation énergétique finale par habitant (2009) - Population : 82,031 millions.								
tep	Charbon	Produits Pétroliers	Gaz	Électricité	Chaleur	Biomasse	TOTAL	Part (%)
Industrie	0,124	0,041	0,204	0,229	0,038	0,036	0,672	26,8
Transport	0	0,614	0	0,017	0	0,034	0,665	26,5
Résidentiel	0,01	0,173	0,342	0,145	0,054	0,053	0,778	31
Tertiaire	0,003	0,093	0,122	0,124	0,04	0	0,381	15,2
Agriculture	0	0	0,003	0,009	0	0	0,012	0,5
TOTAL	0,137	0,92	0,671	0,525	0,132	0,123	2,507	100
Part (%)	5,5	36,7	26,8	20,9	5,3	4,9	100	

France : Consommation énergétique finale par habitant en 2009 - Population : 62,445 millions.								
tep	Charbon	Produits Pétroliers	Gaz	Électricité	Chaleur	Biomasse	TOTAL	Part (%)
Industrie	0,07	0,068	0,15	0,173	0	0,031	0,492	20,8
Transport	0	0,656	0,001	0,018	0	0,04	0,716	30,3
Résidentiel	0,005	0,126	0,254	0,22	0,002	0,112	0,718	30,4
Tertiaire	0	0,067	0,066	0,168	0,062	0,01	0,373	15,8
Agriculture	0	0,053	0,003	0,006	0	0,001	0,063	2,7
TOTAL	0,075	0,97	0,474	0,585	0,064	0,194	2,362	100
Part (%)	3,2	41,1	20,1	24,8	2,7	8,2	100	

La consommation énergétique finale totale par habitant est légèrement (6 %) plus élevée pour l'Allemagne : 2,51 tep contre 2,36 pour la France.

La consommation par habitant de produits pétroliers est légèrement (5 %) plus élevée en France, ainsi que la consommation d'électricité par habitant, de façon plus nette (10 %). La consommation de gaz, par contre, est plus élevée en Allemagne.

• *Évolution des consommations finales par habitant*

L'examen des deux figures relatives à l'Allemagne montre une légère décroissance de la consommation par habitant des transports à partir de 1999, accompagnée par une nette décroissance de la consommation par habitant des produits pétroliers. Cette double évolution se retrouve pour la France à un degré moindre et, en 2009, la consommation par habitant des transports est nettement inférieure en Allemagne (0,665 tep contre 0,716 tep en France). Il en est de même pour les produits pétroliers : 0,97 tep en France contre 0,92 tep en Allemagne.

On constate un phénomène analogue pour la consommation d'électricité par habitant. Alors que cette consommation est à peu près la même dans les deux pays en 1991 (0,489 tep pour l'Allemagne et 0,485 tep pour la France), elle n'augmente pour l'Allemagne que de 7 % sur la période 1991-2009 alors qu'elle augmente pour la France de 20 %. En 2009, cette consommation est de 0,525 tep pour l'Allemagne et 0,584 tep pour l'Allemagne.

La consommation de gaz reste nettement supérieure en Allemagne (1,4 fois celle de la France en 2009). On note également la valeur supérieure de consommation de chaleur en Allemagne⁶ et la montée de la consommation finale de biomasse dans ce pays (biomasse qui reste plus importante en France en 2009).

⁶ - La bosse de consommation de la chaleur sur la période 2002-2006 est une anomalie (qui se trouve également dans les statistiques Eurostat et celles de l'AIE). De l'avis des experts du domaine, l'origine de cette rupture dans l'évolution de la consommation provient certainement du changement de règle pour la prise en compte de la cogénération dans l'industrie. Ce phénomène est d'ailleurs encore plus apparent lorsque l'on regarde l'évolution de la consommation finale par produit dans l'industrie (voir 2.3.1). Il est regrettable que les fournisseurs des données de base n'aient pas effectué de correction rétrospective afin d'éviter la perpétuation de cette anomalie.

Figure 17. Allemagne : Consommation finale par produit et par habitant

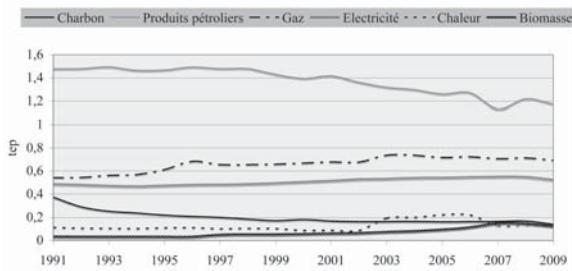
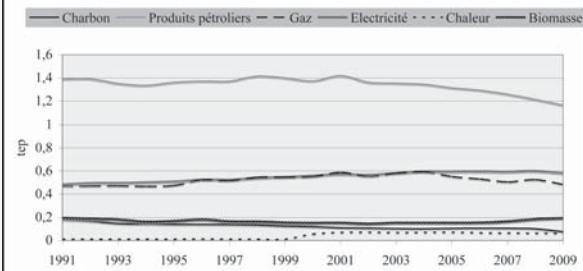


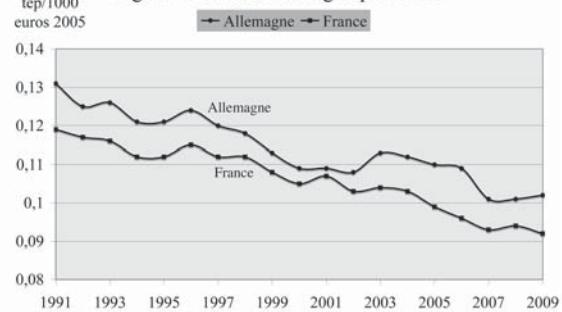
Figure 18. France : Consommation finale par produit et par habitant



• Intensité énergétique finale

L'intensité énergétique finale, rapport de la consommation énergétique finale au produit intérieur brut, décroît de façon sensible (de l'ordre de 1,6 % par an) pour les deux pays: de 0,131 à 0,102 tep/1000 euros pour l'Allemagne et de 0,119 à 0,092 tep/1000 euros pour la France. L'intensité énergétique finale de la France est toujours inférieure à celle de l'Allemagne (valeurs très proches en 2001) et se situe à 10 % en dessous en 2009.

Figure 19 . Intensité énergétique finale



2.2 Consommations finales d'électricité

Figure 20. Allemagne : Consommation d'électricité par secteur (Total : 500 TWh)

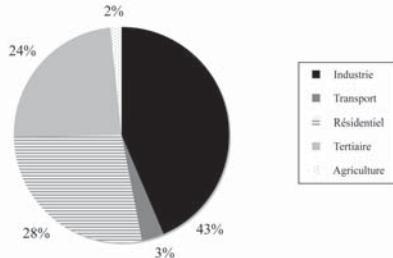
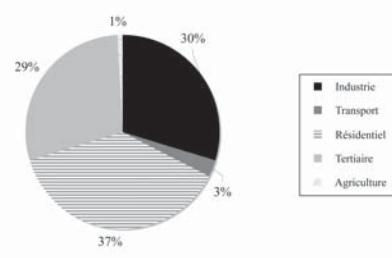


Figure 21. France : Consommation d'électricité par secteur (Total : 424 TWh)



• Consommations par habitant

En 2009

La consommation d'électricité par habitant est, en 2009, 10 % inférieure en Allemagne.

Dans la mesure où l'industrie allemande consomme nettement plus d'énergie que l'industrie française, les écarts sont considérables pour les deux autres grands secteurs consommateurs : -34 % pour le secteur résidentiel et -26 % pour le secteur tertiaire.

Consommation finale d'électricité par habitant (2009)

Unité : kWh	Allemagne		France	
	Total	Part (%)	Total	Part (%)
Industrie	2667	43,7	2010	29,6
Transport	195	3,2	206	3
Résidentiel	1692	27,7	2553	37,6
Tertiaire	1440	23,6	1959	28,8
Agriculture	105	1,7	65	1
TOTAL	6099	100	6793	100

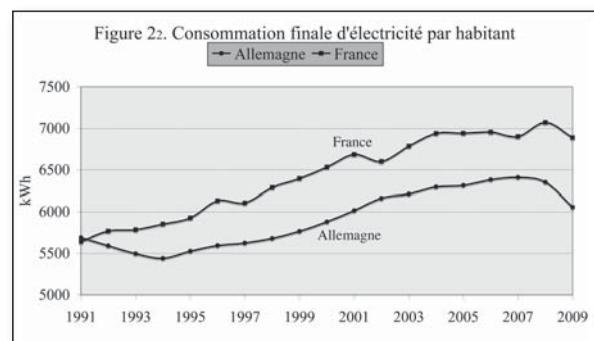
Sur la période 1991-2009

Alors que les consommations finales d'électricité par habitant étaient pratiquement égales en 1991, elles ont divergé par la suite.

En France, la consommation par habitant a augmenté de 5641 kWh en 1991 à 7072 kWh en 2008, pour baisser à 6889 kWh en 2009.

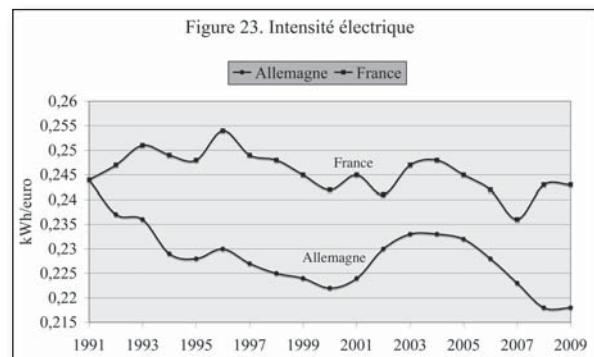
En Allemagne, à partir de 5690 kWh en 1991, une baisse a marqué les premières années de la réunification, puis la consommation a augmenté, plus faiblement qu'en France, pour atteindre 6411 kWh en 2007, baissant ensuite à 6055 kWh en 2009.

Il n'est pas interdit de penser que les pics de consommation annuelle ont été atteints en 2007 pour l'Allemagne et 2008 pour la France⁷.



• Intensité électrique

L'intensité électrique, rapport de la consommation finale d'électricité au PIB, est, sans surprise, plus élevée pour la France que pour l'Allemagne sur l'ensemble de la période, à partir de la même valeur en 1991. Sa valeur n'a pratiquement pas baissé pour la France (0,245 kWh/euro) tandis qu'elle est passée de cette valeur en 1991 à 0,218 kWh/euro pour l'Allemagne en 2009 (-11%).



2.3 Analyse sectorielle des consommations d'énergie

• Industrie

Consommation énergétique finale totale en 2009 dans l'industrie

Mtep - 2009	Charbon	Produits Pétroliers	Gaz	Electricité	Chaleur	Biomasse	Total	Part *(%)
Allemagne	10,15		3,36	16,71	18,82	3,1	2,99	55,12
Part (%)	18,4		6,1	30,3	34,1	5,6	5,4	100
France	4,4		4,25	9,35	10,79	0	1,95	30,74
Part (%)	14,3		13,8	30,4	35,1	0	6,3	100

* Part du secteur dans la consommation énergétique finale totale

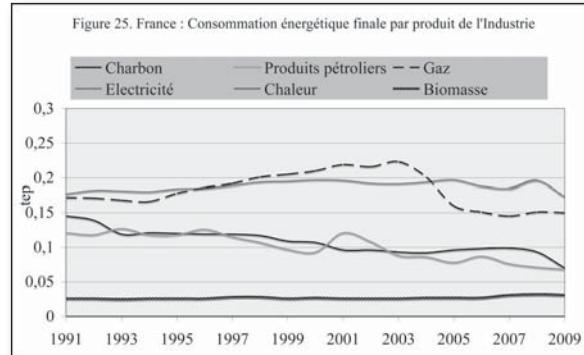
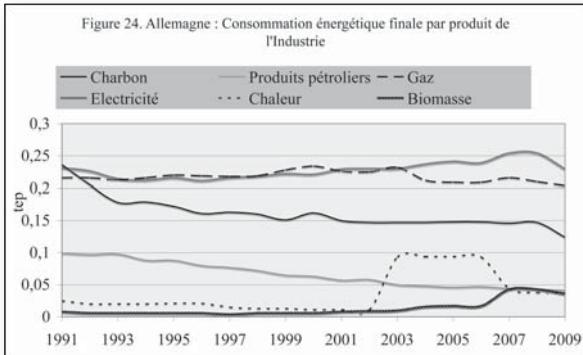
Consommation énergétique finale par habitant en 2009 dans l'industrie

Mtep - 2009	Charbon	Produits Pétroliers	Gaz	Electricité	Chaleur	Biomasse	Total
Allemagne	0,124		0,041	0,204	0,229	0,038	0,036
France	0,07		0,068	0,15	0,173	0	0,031

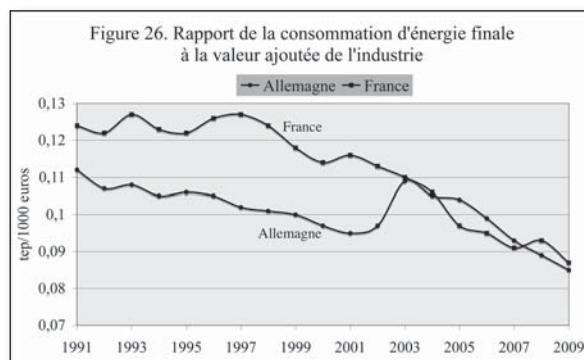
La part des produits pétroliers est nettement inférieure en Allemagne, au profit du charbon, tandis que les parts du gaz et de l'électricité sont à peu près les mêmes dans les deux pays. Assez curieusement, la pénétration de l'électricité dans l'industrie n'est donc pas plus forte (à 1 % près) en France qu'en Allemagne. On note également une différence importante sur la chaleur (de réseau)⁸.

7 - Si les politiques d'efficacité énergétique sont poursuivies et amplifiées en conformité avec les directives et objectifs européens.

8 - Sur la rupture dans l'évolution de la consommation de chaleur de l'industrie entre 2002 et 2007 par rapport à la période antérieure et la période suivante, voir la note de bas de page n°1.



Si l'on rapporte la consommation d'énergie finale à la valeur ajoutée de l'industrie, on voit sur la figure suivante que cette « intensité énergétique » sectorielle a nettement décrue pour les deux pays, la France ayant même rattrapé son retard depuis 2003.



• Transports

Les consommations d'énergie en 2009⁹

Consommation énergétique finale par produit des Transports en 2009

Mtep	Produits pétroliers	Gaz	Electricité	Biomasse*	Total	Part (%)**
Allemagne	50,39	0	1,38	2,75	54,51	26,5
Part (%)	92,4	0	2,5	5	100	
France	40,97	0,08	1,11	2,53	44,69	30,3
Part (%)	91,7	0,2	2,5	5,7	100	

* Agrocarburants ** Part du secteur dans la consommation énergétique finale totale

Consommation énergétique finale par produit par habitant (2009) des Transports

tep	Produits pétroliers	Gaz	Electricité	Biomasse*	Total
Allemagne	0,614	0	0,017	0,034	0,665
France	0,656	0,001	0,018	0,04	0,716

Comme nous l'avons déjà vu, le secteur des transports représente 26,5 % de la consommation finale totale en Allemagne, contre 30,3 % en France. Dans les deux pays, les produits pétroliers dominent très largement à plus de 90 %. Par habitant, la consommation de produits pétroliers est inférieure de 7 % en Allemagne par rapport à la France.

La répartition des consommations entre les modes de transports (consommateurs d'énergie) confirme la position dominante de la route (automobiles et camions) dans les deux pays, avec un léger avantage pour l'Allemagne pour la part du ferroviaire. Cet avantage n'est pas négligeable en termes de trafic (passager.km ou tonne.km) puisque les consommations d'énergie finale des transports guidés sont trois à quatre fois plus faibles que celles des transports automobiles.

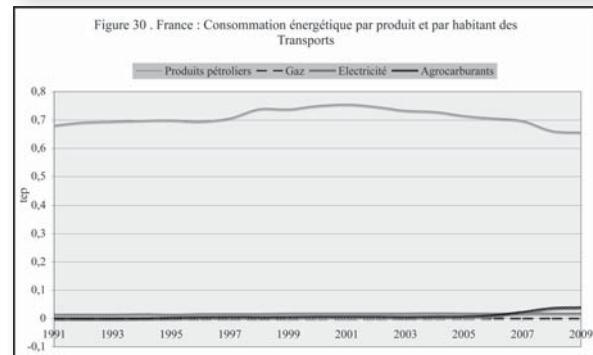
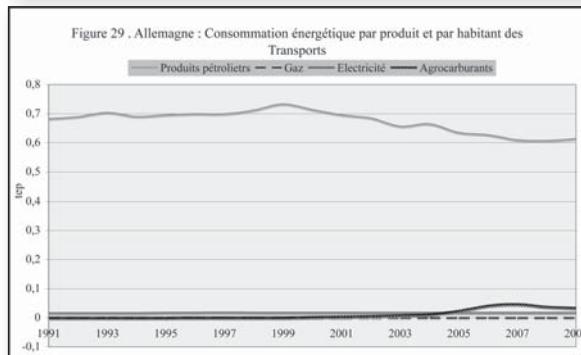
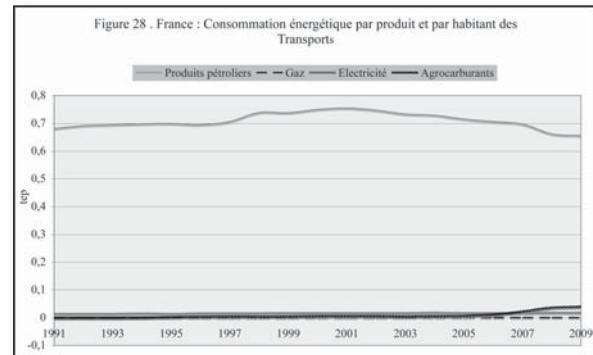
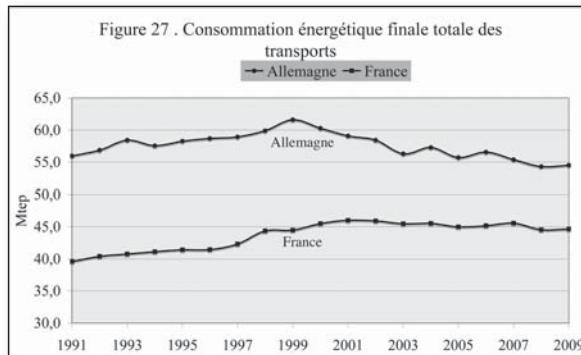
ktep	Avion	Route	Ferroviaire	Cabotage	Total
Allemagne	0,023	0,614	0,022	0,004	0,665
Part (%)	3,5%	92,3%	3,3%	0,6%	100%
France	0,022	0,668	0,021	0,005	0,716
Part (%)	3,1%	93,3%	2,9%	0,7%	100%

9 - Les soutes aériennes et maritimes ne sont pas prises en compte dans la consommation énergétique finale des transports.

• Evolution des consommations d'énergie depuis 1991

Consommation énergétique finale dans les transports

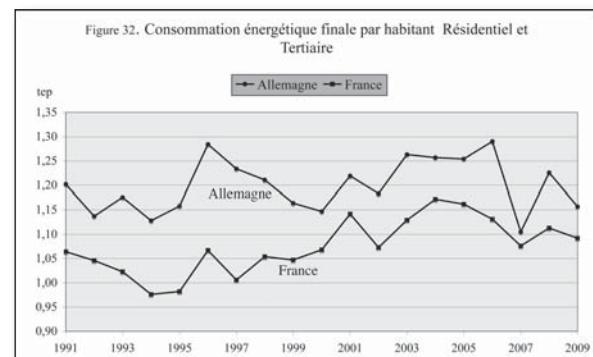
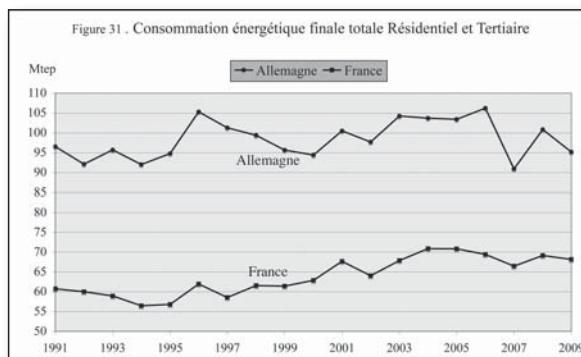
Totale		1991	1999	2001	2009
Allemagne	Mtep	56,0	61,6	59,1	54,5
France	Mtep	39,6	44,5	46,0	44,7
Par habitant					
Allemagne	tep	0,697	0,75	0,717	0,663
France	tep	0,694	0,759	0,777	0,716



Les consommations par habitant des transports ont augmenté de façon similaire pendant la décennie 90. Le décrochement se produit à partir de 2000 : la consommation en Allemagne diminue nettement, de 0,75 tep en 1999 à 0,66 tep en 2009, tandis qu'en France, elle augmente jusqu'en 2001 (0,78 tep) puis décroît, moins vite qu'en Allemagne, jusqu'à 0,72 tep en 2009 (figures ci-dessus).

• Résidentiel et Tertiaire

Evolution des consommations énergétiques finales totales



Consommation énergétique finale du Résidentiel et Tertiaire

Totale		1991	2009	Ecart
Allemagne	Mtep	96,49	95,13	-1,40%
France	Mtep	60,74	68,17	12,20%

Par habitant		1991	2009
Allemagne	tep	1,202	1,157
France	tep	1,064	1,092

Malgré les assez fortes fluctuations qui traduisent les variations climatiques, on voit que la consommation de l'ensemble des deux secteurs reste à peu près constante sur la période (-1,4 % de 1991 à 2009) en Allemagne, tandis que celle de la France augmente de façon nette (+ 12,2 % sur la même période). De ce fait, alors que l'écart sur la consommation par habitant était de 0,14 tep en 1991, il se réduit à 0,07 tep en 2009, la consommation restant cependant plus faible en France, d'environ 6 %.

• Consommations énergétiques finales par produit en 2009

Consommation énergétique finale totale dans les secteurs Résidentiel et Tertiaire (2009)

Mtep	Charbon	Produits Pétroliers	Gaz	Electricité	Chaleur	Biomasse	Total	Part* (%)
Allemagne	1,04	21,76	38,05	22,09	7,75	4,36	95,05	46,2
Part (%)	1,1	22,9	40	23,2	8,2	4,6	100	
France	0,33	12,01	19,99	24,23	3,98	7,61	68,15	46,2
Part (%)	0,5	17,6	29,3	35,6	5,8	11,2	100	

* Part du secteur dans la consommation énergétique finale totale.

Consommation énergétique finale par habitant dans les secteurs Résidentiel et Tertiaire (2009)

tep	Charbon	Produits Pétroliers	Gaz	Electricité	Chaleur	Biomasse	Total
Allemagne	0,013	0,266	0,464	0,269	0,094	0,053	1,159
France	0,005	0,193	0,32	0,388	0,064	0,122	1,091

C'est dans les secteurs résidentiel et tertiaire et tout particulièrement pour l'électricité, que les différences entre les deux pays sont les plus importantes.

L'ensemble des deux secteurs représente, en Allemagne comme en France, 46 % de la consommation énergétique finale.

Les structures de la consommation par produit sont nettement différentes. En Allemagne, le gaz est en tête avec 40 %, suivi de l'électricité (23 %) et des produits pétroliers (23 %), chaleur¹⁰ et biomasse sont respectivement à 8 % et 5 %.

En France, l'électricité est en tête à 36 %, suivie par le gaz (29 %), les produits pétroliers (18 %), la biomasse (11 %) et la chaleur (6 %).

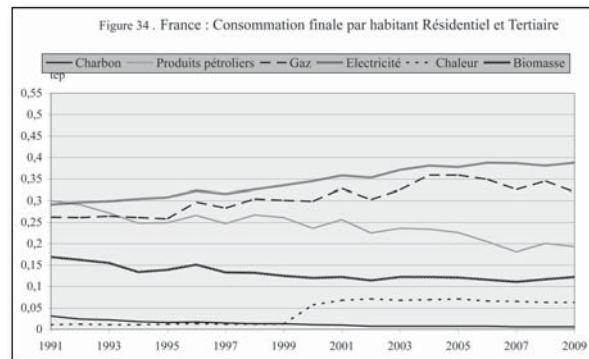
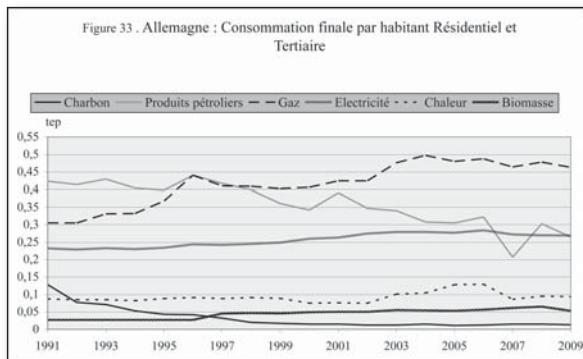
La consommation d'électricité par habitant du secteur est de 4512 kWh (0,388 tep) pour la France, contre 3 128 kWh pour l'Allemagne (0,269 tep), un écart de 30 %.

Les figures ci-dessous montrent les évolutions des consommations par produit :

- En Allemagne : très forte décroissance du charbon (de 0,128 tep en 1991 à 0,013 tep en 2009), forte décroissance des produits pétroliers (de 0,423 tep à 0,269 tep), faible croissance de la chaleur (de 0,087 tep à 0,094 tep), croissance moyenne de l'électricité (de 0,232 tep à 0,269 tep), très forte croissance du gaz (de 0,305 tep à 0,463 tep), forte croissance de la biomasse (de 0,027 tep à 0,053 tep).
- En France : décroissance des produits pétroliers (de 0,3 tep en 1991 à 0,193 tep en 2009), décroissance de la biomasse (de 0,169 tep à 0,122 tep), forte croissance de la chaleur (de 0,01 tep à 0,063 tep), forte croissance du gaz (de 0,262 tep à 0,32 tep en 2009), très forte croissance de l'électricité (de 0,291 tep à 0,388 tep).

Les figures montrent également que la consommation d'électricité s'est pratiquement stabilisée en Allemagne depuis 2002 alors qu'elle n'a cessé d'augmenter régulièrement en France de 1991 à 2009 .

10 - La chaleur comprend la chaleur primaire (chauffe-eau solaire et géothermie à basse température) et la chaleur de réseau (produite en Allemagne essentiellement par cogénération).



• Consommation énergétique finale du Résidentiel

Consommation énergétique finale totale dans le Résidentiel (2009)

Mtep	Charbon	Produits Pétroliers	Gaz	Electricité	Chaleur	Biomasse	Total	Part (%)
Allemagne	0,83	14,16	28,07	11,93	4,47	4,35	63,82	31
Part (%)	1,3	22,2	44	18,7	7	6,8	100	
France	0,33	7,85	15,85	13,71	0,13	6,98	44,85	30,4
Part (%)	0,7	17,5	35,3	30,6	0,3	15,6	100	

Consommation énergétique finale par habitant dans le Résidentiel (2009)

tep	Charbon	Produits Pétroliers	Gaz	Electricité	Chaleur	Biomasse	Total
Allemagne	0,01	0,173	0,342	0,145	0,054	0,053	0,778
France	0,005	0,126	0,254	0,22	0,002	0,112	0,718

On retrouve dans le secteur résidentiel la dominante gaz pour l'Allemagne et la dominante électricité pour la France.

Rappelons ici que les tep ou les kWh de gaz ou d'électricité en consommation énergétique finale n'ont pas du tout le même poids en énergie primaire puisque 1 tep de gaz en énergie finale correspond à 1 tep de gaz en énergie primaire, alors que 1 tep d'électricité en énergie finale correspond à environ 3 tep en énergie primaire (voir chapitre 3).

• Consommation d'énergie pour le chauffage dans le Résidentiel

La base de données ODYSSEE¹¹ permet de comparer les consommations d'énergie pour l'usage chauffage, en valeurs réelles et en valeurs corrigées du climat.

2008	Population	Logements		Surface/logt
		million	million	
Allemagne	82,14	36,75	84,7	
France	62,048	27,12	91,7	

Pour l'année 2008, les consommations pour le chauffage sont les suivantes, pour l'ensemble des logements, par habitant, par logement moyen et par m² de logement moyen.

Dans les deux pays, le produit énergétique principal est le gaz, à environ 40 %, suivi des produits pétroliers (33 % en Allemagne et 23 % en France). Le bois prend une part importante en France (21 % contre 11 % en Allemagne) et l'électricité est à 13 % en France contre 4 % en Allemagne. La chaleur de réseau est plus importante en Allemagne.

Les consommations par habitant, par logement et par m², sont inférieures pour la France à celles de l'Allemagne.

11 - Dans certains cas, la base de données ODYSSEE (également diffusée par ENERDATA) présente de légères différences par rapport à la base de données ENERDATA que nous utilisons dans ce document. Cela s'explique par le fait que l'origine des données n'est pas la même. ODYSSEE est un programme de recherche auquel participent tous les pays de l'Union Européenne, qui utilise les données fournies par les équipes nationales, en général en liaison avec les statistiques nationales. Alors que la base ENERDATA élaboré un jeu complet de données sur les consommations primaires et finales et les productions d'énergie, par une méthode proche de celle de l'Agence internationale de l'énergie (AIE).

Consommation énergétique finale pour le chauffage dans le Résidentiel en 2008							
TOTALE							
Mtep	Charbon	Prod. Pét.	Gaz	Electricité	Chaleur	Bois	Total
Allemagne	0,905	14,819	18,779	1,709	3,511	5,07	44,793
Part (%)	2	33,1	41,9	3,8	7,8	11,3	100
France	0,319	6,751	11,761	3,743	0,4	6,035	29,009
Part (%)	1,1	23,3	40,5	12,9	1,4	20,8	100
PAR HABITANT							
tep	Charbon	Prod. Pét.	Gaz	Electricité	Chaleur	Bois	Total
Allemagne	0,011	0,18	0,229	0,021	0,043	0,062	0,545
France	0,005	0,109	0,19	0,06	0,006	0,097	0,468
PAR LOGEMENT							
tep	Charbon	Prod. Pét.	Gaz	Electricité	Chaleur	Bois	Total
Allemagne	0,025	0,403	0,511	0,047	0,096	0,138	1,219
France	0,012	0,249	0,434	0,138	0,015	0,223	1,07
PAR M2							
kep	Charbon	Prod. Pét.	Gaz	Electricité	Chaleur	Bois	Total
Allemagne	0,295	4,758	6,033	0,555	1,133	1,629	14,392
France	0,131	2,715	4,733	1,505	0,164	2,432	11,668

Le facteur climatique

Lorsque l'on s'intéresse au chauffage, il est indispensable, pour que les comparaisons aient un sens, de tenir compte des différences climatiques.

Le tableau suivant indique, pour l'année 2008, à côté de la consommation constatée (valeurs du tableau précédent), la consommation finale corrigée du climat pour chacun des pays (en référence, pour chaque pays, à une année moyenne) et la consommation finale pour chaque pays (avec les propriétés de ses logements existants) si le climat était le climat moyen européen.

On voit dans le tableau suivant que, à même données climatiques, la consommation d'énergie finale par logement et par m² serait inférieure de 23 % en Allemagne par rapport à la France.

Consommation énergétique finale par logement et par m²

	Par logement			Par m2			
	tep			kep*			
	2008	Réel	Correction Climatique	Climat moyen Européen	Réel	Correction Climatique	Climat moyen Européen
Allemagne	1,219	1,31		1,004	14,39	15,47	11,85
France	1,07	1,106		1,41	11,67	12,06	15,38

* *kep : kilog équivalent pétrole*

La consommation pour le chauffage ramenée à l'énergie primaire

Il est intéressant de calculer la quantité d'énergie primaire nécessaire pour les besoins de chauffage dans chacun des pays, pour 1 m² de logement, du fait que c'est en consommation d'énergie primaire que sont exprimées en général les réglementations thermiques de bâtiments.

Le passage de l'énergie finale à l'énergie primaire se fait en appliquant un facteur 1,1 pour le charbon, les produits pétroliers et la chaleur, un facteur 1 pour le bois et les facteurs calculés en 3.1.2 pour l'électricité: 2,97 pour l'Allemagne et 3,31 pour la France¹².

On voit dans le tableau suivant qu'en énergie primaire les valeurs de consommation sont très proches malgré la différence très sensible de climat.

12 - Dans la réglementation thermique des bâtiments française (notamment celle de 2005), ce coefficient est, par convention, de 2,58.

Consommation d'énergie finale par produit par m ²								
kep	Charbon	Prod. Pét.	Gaz	Electricité	Chaleur	Bois	Total	kWh/m ²
Allemagne	0,295	4,758	6,033	0,555	1,133	1,629	14,392	167
France	0,131	2,715	4,733	1,505	0,164	2,432	11,668	136
Consommation d'énergie primaire correspondante par source par m ²								
kep	Charbon	Prod. Pét.	Gaz	Electricité	Chaleur	Bois	Total	kWh/m ²
Allemagne	0,319	5,225	6,043	1,646	1,135	1,636	16,00	186
France	0,15	2,994	4,74	4,955	0,15	2,42	15,41	179

• Consommation d'électricité dans le Résidentiel

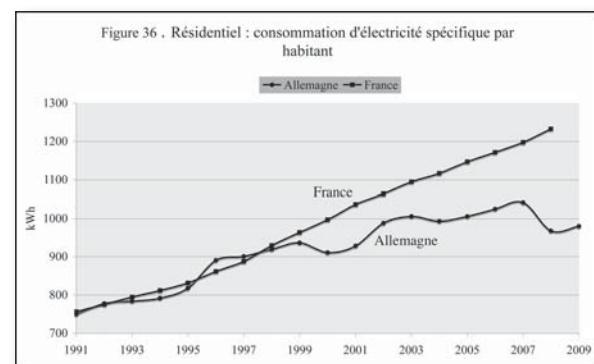
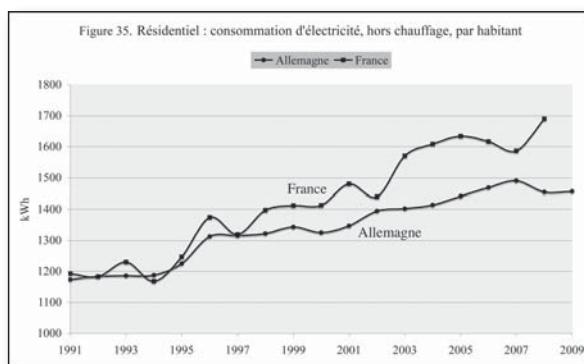
La base de données ODYSSEE permet de comparer les consommations d'électricité par habitant dans le secteur résidentiel entre les deux pays (tableau ci-dessous).

Consommation d'électricité par habitant dans le résidentiel (2008)					
kWh	Total	Chaussage	Eau chaude	Cuisson	Spécifique
Allemagne	1698	242	334	154	968
France	2393	701	317	172	1233
Ecart (F-A)	695	459	-17	18	265
Ecart (%)	29%	65%	-5%	10%	21%

On constate d'abord un écart très important pour le chauffage, la France ayant développé considérablement le chauffage électrique.

Ce qui est beaucoup plus surprenant est la différence des consommations d'électricité spécifique (éclairage, électroménager, audiovisuel, informatique) dont la consommation par habitant est 27 % plus forte pour la France, 1 233 kWh (0,106 tep) contre 968 kWh pour l'Allemagne (0,083 tep).

Les deux figures ci-dessous montrent que les consommations d'électricité hors chauffage, comme les consommations d'électricité spécifique, très voisines d'un pays à l'autre dans la décennie 90, ont rapidement divergé à partir de 1998, avec une tendance à la stabilisation en Allemagne et une croissance soutenue en France.



Tertiaire

Consommation énergétique finale totale par produit dans le Tertiaire (2009)

Mtep	Charbon	Produits pétroliers	Gaz	Electricité	Chaleur	Biomasse	Total	Part (%)
Allemagne	0,21	7,6	9,98	10,16	3,28	0,01	31,23	15,2
Part (%)	0,7	24,3	32	32,5	10,5	0	100	
France	0	4,16	4,14	10,52	3,85	0,63	23,3	15,8
Part (%)	0	17,9	17,8	45,2	16,5	2,7	100	

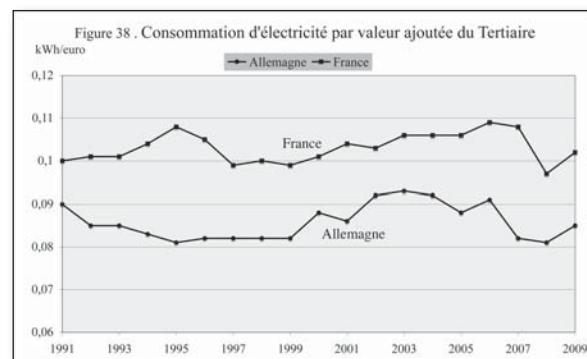
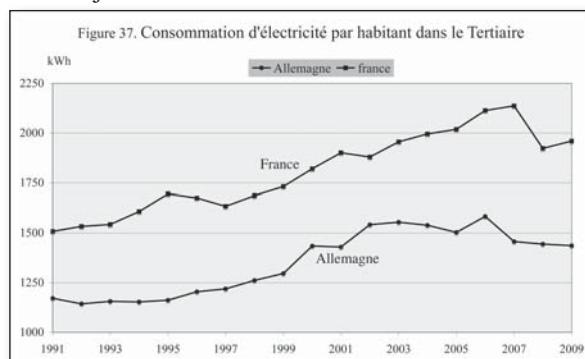
Consommation énergétique finale par produit par habitant dans le Tertiaire (2009)

tep	Charbon	Produits pétroliers	Gaz	Electricité	Chaleur	Biomasse	Total
Allemagne	0,003	0,093	0,122	0,124	0,04	0	0,381
France	0	0,067	0,066	0,168	0,062	0,01	0,373

On retrouve la même situation d'une dominante gaz en Allemagne et électricité en France.

A titre d'exemple, la consommation d'électricité par m² dans les bureaux était, en 2007 (données ODYSSEE), de 56 kWh en Allemagne et 162 kWh en France.

Les figures ci-dessous montrent les évolutions des consommations d'électricité par habitant et par rapport à la valeur ajoutée du tertiaire.



La consommation par habitant est nettement plus élevée en France, ce qui s'explique en partie par la plus importante valeur ajoutée du tertiaire. Mais la consommation par unité de valeur ajoutée est également supérieure en France et l'écart a tendance à augmenter.

3. Du côté de l'offre

3.1 De la production primaire à la consommation finale

• Le bilan énergétique

Le bilan énergétique d'un pays est un tableau à double entrée qui indique les différentes étapes du système énergétique, depuis la production des matières premières énergétiques jusqu'à la consommation des produits énergétiques par les secteurs d'activités finales, en passant par la transformation (raffineries, centrales électriques) des produits énergétiques, de la forme primaire à la forme finale.

La ligne du haut du tableau présente les différents produits énergétiques, sources primaires et produits finaux.

Dans les bilans officiels classiques (AIE, Eurostat, Enerdata), à côté des sources primaires fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel, chaleur primaire – eau chaude solaire ou géothermique – et biomasse), on trouve la case « électricité primaire » qui comprend l'électricité d'origine nucléaire, hydraulique, éolienne, solaire photovoltaïque, géothermique. Mais les productions d'électricité de ces différentes sources et techniques ne sont pas comptabilisées de la même façon : pour l'hydraulique, l'éolien et le photovoltaïque, on compte en « électricité primaire » la production d'électricité en tep (tonne équivalent pétrole) avec le coefficient : 1 000 kWh = 0,086 tep. Il n'en est pas de même pour la géothermie et le nucléaire. Pour la géothermie, le coefficient d'équivalence est « 1 000 kWh = 0,86 tep » (soit dix fois plus élevé) et pour le nucléaire, « 1 000 kWh : 0,26 tep » (soit trois fois plus élevé). Ce coefficient vient du fait que l'on ne comptabilise pas dans ce cas l'électricité produite mais la chaleur produite dans le réacteur : il n'est donc pas correct d'appeler cette production « électricité primaire ».

Le cas de la géothermie (haute température) est de peu de conséquences, tant pour l'Allemagne que pour la France, car la production à partir de cette source y est très faible. Le cas du nucléaire est tout à fait différent car sa contribution est importante en Allemagne et très importante en France.

En fait, une centrale nucléaire est une centrale thermique particulière dans laquelle la chaleur est produite dans le réacteur nucléaire par les fissions des matériaux fissiles et le « combustible » à l'origine de ces fissions est l'uranium naturel qui constitue donc la matière première de cette production d'électricité.

C'est pour cette raison que nous faisons apparaître dans le bilan énergétique une colonne « Uranium » pour bien rappeler le combustible de base de la production d'électricité d'origine nucléaire. La valeur de l'énergie primaire correspondante est bien la valeur de la chaleur produite dans le réacteur et transformée ensuite en électricité via un turboalternateur, comme dans une centrale thermique à combustible fossile. Le rendement d'une centrale nucléaire étant relativement faible (de l'ordre de 33 %), on obtient ainsi le coefficient 0,26.

La quantité d'uranium ainsi consommée, dans la mesure où cette matière première est entièrement importée, aussi bien en Allemagne qu'en France, figure dans la ligne « importations ». Cela constitue une différence notable avec les bilans officiels classiques qui considèrent que la production d'énergie d'origine nucléaire, même en valeur primaire, est une production « nationale », même si l'uranium est totalement importé.

Notons que, pour des calculs simplifiés, on peut retenir une valeur de 20 tonnes d'uranium naturel pour une production de 1 TWh (milliard de kWh) ou 0,086 Mtep d'électricité et 0,26 Mtep d'énergie primaire « uranium ».

D'autre part, nous avons regroupé dans une colonne « HESG » les productions d'électricité d'origine hydraulique, éolienne, solaire photovoltaïque et géothermique (en conservant pour celle-ci l'équivalence classique).

Ainsi, bien que réparties différemment, les valeurs qui apparaissent dans les bilans présentés dans ce chapitre sont bien identiques aux valeurs fournies par la base de données ENERDATA.

Remarque : les bilans classiques (AIE, Eurostat, Enerdata) regroupent les valeurs en énergie primaire de la production d'électricité (comptée comme expliqué précédemment) d'origine nucléaire et HESG sous une même rubrique appelée « électricité primaire ». Du fait de l'hétérogénéité de ces différentes sources et techniques ainsi rassemblées, il n'y a pas d'autre définition de cette appellation que la désignation de ses composantes (ce que fait d'ailleurs l'INSEE).

Il est assez attristant de trouver sur le site du Gouvernement¹³, la définition suivante :

Électricité primaire :

Électricité tirée de la nature directement sous forme d'électricité et non par transformation d'une autre énergie. Comprend l'électricité hydraulique, éolienne, photovoltaïque, géothermique à haute température et nucléaire.

La première phrase est évidemment fausse : elle ne s'appliquerait que si on captait l'électricité des éclairs. Sa présence est d'autant plus ridicule que cette définition ne s'applique à aucune des techniques de production d'électricité qui figurent dans la deuxième phrase. En particulier, comme nous l'avons vu plus haut, la production d'électricité d'origine nucléaire implique la transformation de l'énergie nucléaire en énergie cinétique, puis en énergie thermique et enfin en énergie électrique.

L'encadré ci-dessous présente un « guide de lecture » des bilans énergétiques qui figurent dans les pages suivantes.

La lecture du bilan énergétique

De la production primaire à la consommation primaire.

a) ***La ligne « Production primaire »*** indique les productions nationales des différentes sources d'énergie primaire :

- Valeurs en tep des productions de la matière première correspondante pour charbon et lignite, pétrole brut, gaz (gaz naturel), uranium et biomasse (bois, déchets organiques agricoles ou ménagers).
- La case « HESG » comprend la production d'électricité d'origine hydraulique, éolienne, solaire photovoltaïque et géothermique, avec les règles de passage de la production d'électricité à la valeur en tep présentées ci-dessus. Les valeurs des différentes productions d'électricité de chacune de ces sources sont données dans 3.2.
- La case « chaleur » représente la « chaleur primaire » et comprend la chaleur produite par les panneaux solaires thermiques (chauffage et eau chaude sanitaire) et la chaleur d'origine géothermique.

b) ***Les lignes « Importation » et « Exportation »*** ne se limitent pas aux échanges de produits « primaires » (charbons, pétrole brut, gaz naturel, uranium, biomasse) mais incluent également les échanges de produits pétroliers (exprimés en tep) et d'électricité.

Les valeurs en tep des importations et des exportations de l'électricité sont calculées avec le facteur d'équivalence 1 TWh = 0,086 Mtep. Si un pays exporte de l'électricité d'origine thermique (fossile ou nucléaire), on ne compte pas dans le bilan primaire une réduction proportionnelle de combustible (fossile ou uranium) mais seulement l'électricité exportée. Inversement, un pays importateur ne verra imputer à sa consommation primaire que l'électricité importée exprimée avec le même coefficient d'équivalence. Pour cette raison, les échanges d'électricité figurent dans la colonne « électricité ».

c) La ligne « soutes maritimes » comprend tous les approvisionnements en énergie des flottes qui s'approvisionnent dans des ports du pays concerné. Elle ne concerne en fait que les produits pétroliers. Cette consommation d'énergie n'est pas comptée comme consommation du pays dont on présente le bilan.

d) La ligne « variation de stocks » concerne le charbon, le pétrole, les produits pétroliers, le gaz et la biomasse.

e) La ligne « Consommation primaire » est la somme, colonne par colonne, des cases correspondantes (en tenant compte de leur signe + ou -). On voit que sont pris en compte dans la consommation primaire le bilan des échanges de produits pétroliers et le bilan des échanges d'électricité (avec la règle signalée plus haut).

13 - Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement - « Observations et Statistiques » - www.statistiques.equipement.gouv.fr, en date du 22 janvier 2010.

De la consommation primaire à la consommation finale :

Entre la ligne « consommation primaire » et la ligne « consommation finale » se situent les consommations et les productions du secteur de l'énergie :

a) **Raffineries**: consommation en tep (signe -) de pétrole brut (et d'un peu de charbon et de gaz) et production en tep (signe +) de produits pétroliers.

b) **Centrales électriques**:

- Consommation en tep de charbon, de produits pétroliers, de gaz, d'uranium et de biomasse et des autres énergies renouvelables (signe -).
- Production en tep d'électricité par ces centrales plus électricité importée dans la colonne « électricité ».
- La valeur figurant dans la case correspondant à la colonne « chaleur » est la chaleur produite par la cogénération (production simultanée d'électricité et de chaleur utilisée).

c) **Autoconsommation et pertes**: autoconsommation des mines, raffineries, centrales électriques et pertes sur les réseaux de transport et de distribution (gaz et surtout électricité).

Cette ligne comprend, avec le signe – les consommations effectives des différents produits énergétiques qui sont consommés par les différentes opérations du secteur énergétique.

Curieusement, elle comprend aussi deux cases en signe + qui ont la signification suivante :

- dans la case correspondant à la colonne « pétrole brut » figurent des quantités de produits pétroliers considérés comme de mauvaise qualité et qui doivent être « re-raffinés » et qui sont par conséquent assimilés à du pétrole brut en entrée de raffinerie (sinon il y aurait double comptage);
- dans la case correspondant à la colonne chaleur figurent les quantités de chaleur produites par les chaufferies pour le chauffage urbain (hors chaleur produite par cogénération).

d) Les valeurs de la ligne « Consommation finale » sont obtenues, pour chaque produit énergétique, en faisant la somme algébrique des valeurs à partir de la consommation primaire.

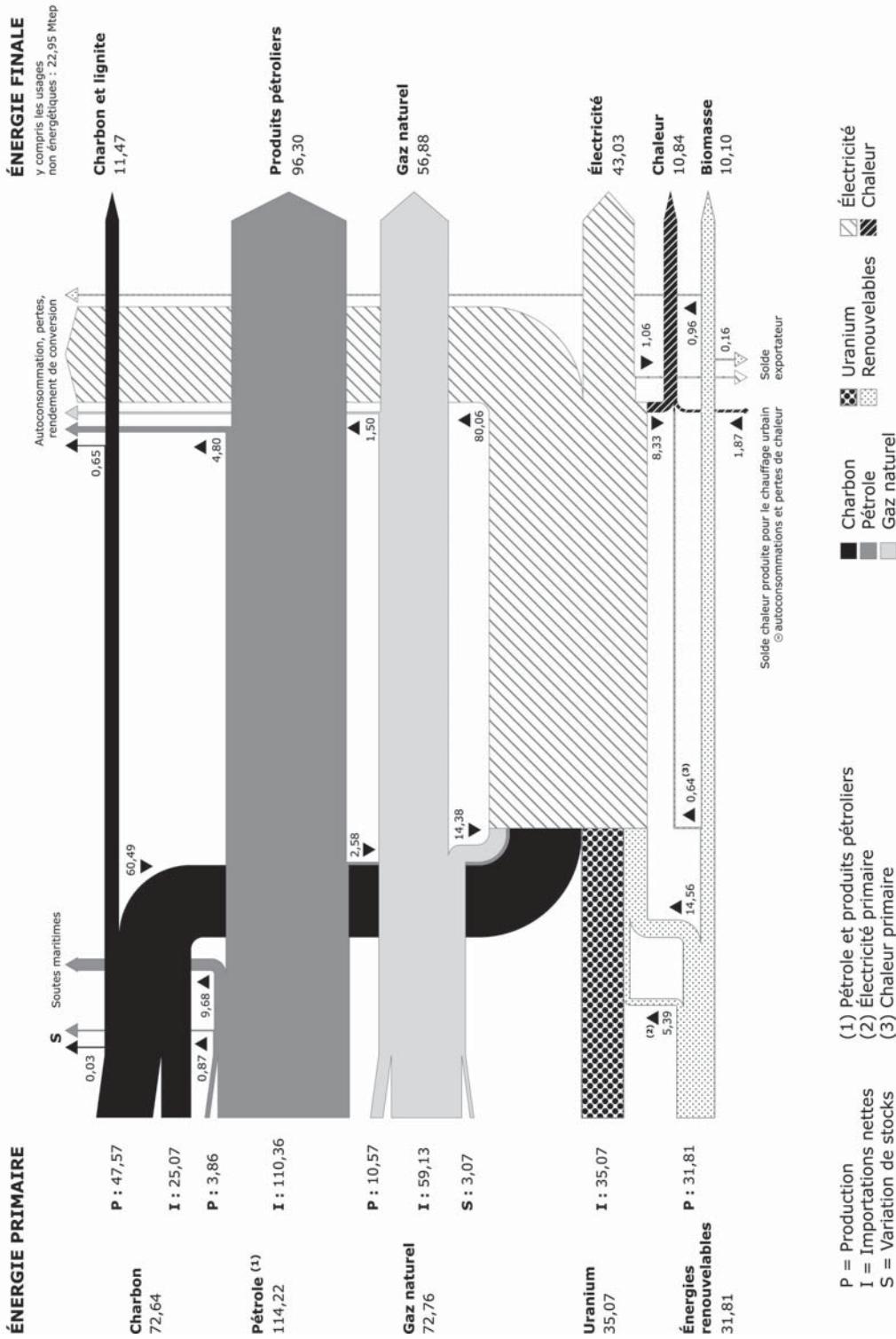
La consommation finale

On distingue la consommation énergétique finale et la consommation non énergétique (usages non énergétiques du charbon, des produits pétroliers et du gaz par l'industrie).

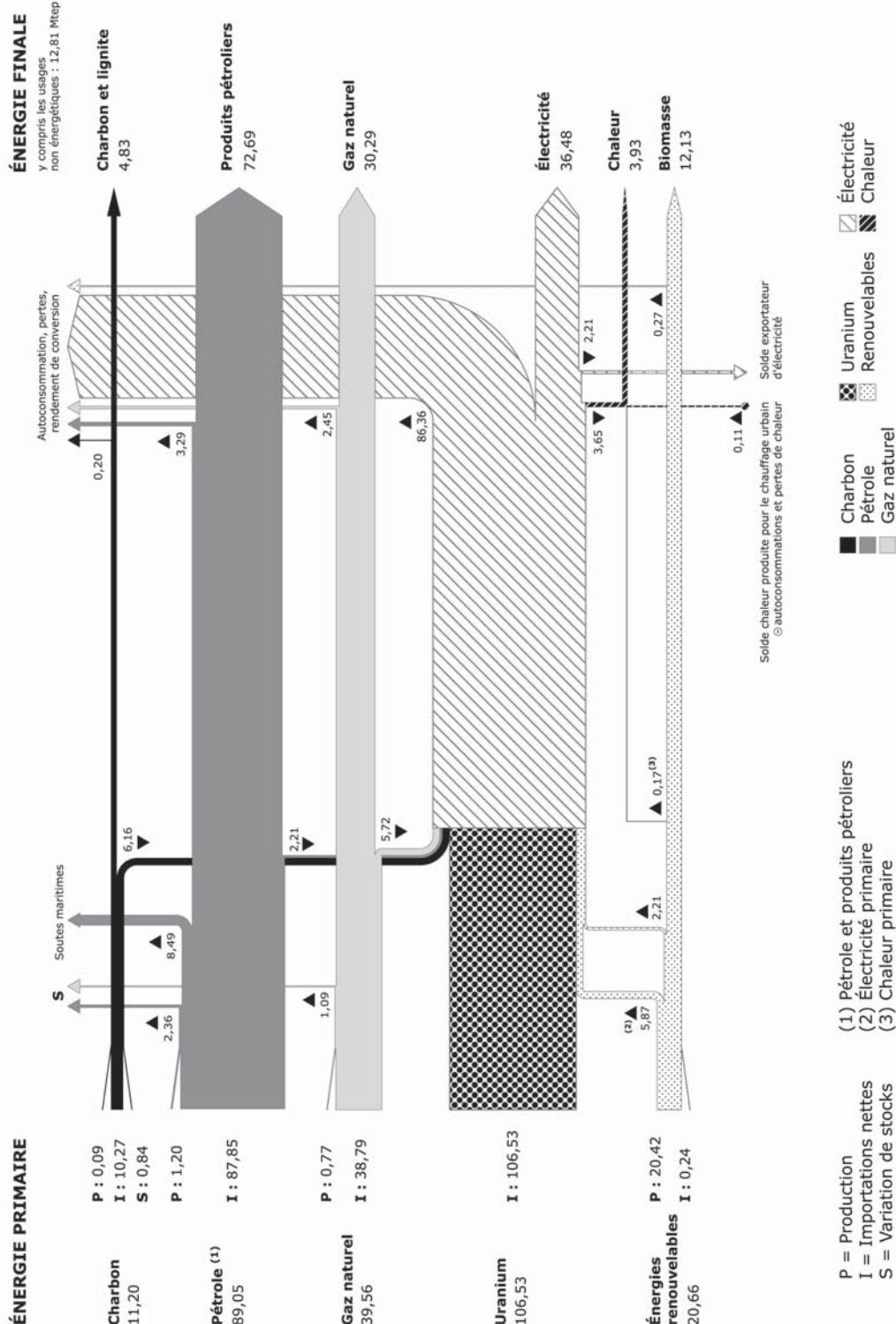
Les lignes de la zone « Consommation énergétique » présentent les consommations de produits énergétiques par secteur d'activité final : industrie, transports, résidentiel, tertiaire, agriculture.

On note que la consommation des usages non énergétiques – consommation de matières premières énergétiques (essentiellement produits pétroliers et gaz) pour l'industrie chimique - est relativement importante. Ces consommations ne sont donc pas des consommations finales pour les besoins énergétiques mais il est nécessaire d'en tenir compte pour obtenir un bilan complet et cohérent des consommations des produits énergétiques.

Bilan énergétique de l'Allemagne (2009, Mtep)



Bilan énergétique de la France (2009, Mtep)



Bilan énergétique - Allemagne - 2009

Unité : Mtep	Charbon, Lignite	Pétrole Brut	Produits pétroliers	Gaz	Uranium	HESG**	Électricité	Chaleur	Biomasse	Total
PRODUCTION PRIMAIRE	47,57	3,86	0	10,57	0	5,39	0	0,65	25,77	93,80
Importation	26,1	100	32,91	71,17	35,07	0	3,6	0	0,01	268,86
Exportation	-1,03	-0,11	-22,44	-12,04	0	-4,66	-0,01	-0,16	-40,44	-9,68
Soutes maritimes et aériennes	0	0	-9,68	0	0	0	0	0	0	0
Variation de stocks	-0,03	-0,15	-0,72	3,07	0	0	0	0	0	2,17
CONSOMMATION PRIMAIRE	72,61	103,6	0,08	72,76	35,07	5,39	-1,06	0,64	25,62	314,72
Raffineries	0	-111,13	109,94	0	0	0	0	0	0	-1,18
Centrales électriques	-60,49	0	-2,58	-14,38	-35,07	-5,39	51,32	8,33	-14,56	-72,82
Autoconsommation, pertes *	-0,65	7,53	-11,15	-1,5		-7,24	1,87	-0,96	-12,1	
CONSOMMATION FINALE	11,47	96,3	56,88			43,03	10,84	10,1	228,62	
Energétique	11,2	75,5	55,01			43,03	10,84	10,1	205,68	
<i>Industrie</i>	<i>10,15</i>	<i>3,36</i>	<i>16,71</i>			<i>18,82</i>	<i>3,1</i>	<i>2,99</i>	<i>55,12</i>	
<i>Transport</i>	<i>0</i>	<i>5,39</i>	<i>0</i>			<i>1,38</i>	<i>0</i>	<i>2,75</i>	<i>54,51</i>	
<i>Résidentiel</i>	<i>0,83</i>	<i>14,16</i>	<i>28,07</i>			<i>11,93</i>	<i>4,47</i>	<i>4,35</i>	<i>63,82</i>	
<i>Tertiaire</i>	<i>0,21</i>	<i>7,6</i>	<i>9,98</i>			<i>10,16</i>	<i>3,28</i>	<i>0,01</i>	<i>31,23</i>	
<i>Agriculture</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0,25</i>			<i>0,74</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0,99</i>	
Non énergétique	0,27		20,8	1,87		0	0	0	22,95	

Bilan énergétique France 2009

Unité : Mtep	Charbon, Lignite	Pétrole Brut	Produits pétroliers	Gaz	Uranium	HESG**	Électricité	Chaleur	Biomasse	Total
PRODUCTION PRIMAIRE	0,09	1,2	0	0,77	0	5,87	0	0,17	14,38	22,47
Importation	10,75	72,43	38,66	40,72	106,53	0	1,65	0	0,41	271,16
Exportation	-0,48	-0,03	-23,21	-1,93	0	-3,86	0	-0,17	-29,69	-8,49
Soutes maritimes et aériennes	0	0	-8,49	0	0	0	0	0	0	0
Variation de stocks	0,84	-0,67	-1,69	-1,09	0	0	0	0	-0,01	-2,63
CONSOMMATION PRIMAIRE	11,2	72,93	5,27	38,46	106,53	5,87	-2,21	0,17	14,61	252,82
Raffineries	0	-76,62	77,61	0	0	0	0	0	0	0,98
Centrales électriques	-6,16	0	-2,21	-5,72	-106,53	-5,87	46,58	3,65	-2,21	-78,47
Autoconsommation, pertes *	-0,2	3,69	-7,97	-2,45		-7,89	0,11	-0,27	-14,98	
CONSOMMATION FINALE	4,83		72,69	30,29		36,48	3,93	12,13	160,35	
Energétique	4,73		60,56	29,65		36,48	3,98	12,13	147,54	
<i>Industrie</i>	<i>4,4</i>		<i>4,25</i>	<i>9,35</i>		<i>10,79</i>	<i>0</i>	<i>1,95</i>	<i>30,74</i>	
<i>Transport</i>	<i>0</i>		<i>4,97</i>	<i>0,08</i>		<i>1,11</i>	<i>0</i>	<i>2,53</i>	<i>44,69</i>	
<i>Résidentiel</i>	<i>0,33</i>		<i>7,85</i>	<i>15,85</i>		<i>13,71</i>	<i>0,13</i>	<i>6,98</i>	<i>44,85</i>	
<i>Tertiaire</i>	<i>0</i>		<i>4,16</i>	<i>4,14</i>		<i>10,52</i>	<i>3,85</i>	<i>0,63</i>	<i>23,31</i>	
<i>Agriculture</i>	<i>0</i>		<i>3,34</i>	<i>0,21</i>		<i>0,35</i>	<i>0,01</i>	<i>0,04</i>	<i>3,95</i>	
Non énergétique	0,06		12,11	0,64		0	0	0	12,81	

* Y compris retours et transferts et chauffage urbain.

** HESG : Hydraulique, Eolien, Solaire (photovoltaïque), géothermie.

Unité : Mtep	Charbon, Lignite	Pétrole Brut	Produits pétroliers	Gaz	Uranium	HESG**	Électricité	Chaleur	Biomasse	Total
PRODUCTION PRIMAIRE	0,58	0,047	0	0,129	0	0,066	0	0,008	0,314	1,143
Importation	0,318	1,219	0,401	0,868	0,428	0	0,044	0	0	3,278
Exportation	-0,013	-0,001	-0,274	-0,147	0	0	-0,057	0	-0,002	-0,493
Soutes maritimes et aériennes	0	0	-0,118	0	0	0	0	0	0	-0,118
Variation de stocks	0	-0,002	-0,009	0,037	0	0	0	0	0	0,026
CONSOMMATION PRIMAIRE	0,885	1,263	0,001	0,887	0,428	0,066	-0,013	0,008	0,312	3,837
Raffineries	0	-1,355	1,34	0	0	0	0	0	0	-0,014
Centrales électriques	-0,737	0	-0,031	-0,175	-0,428	-0,066	0,626	0,102	-0,177	-0,888
Autoconsommation, pertes *	-0,008	0,092	-0,136	-0,018			-0,088	0,023	-0,012	-0,147
CONSOMMATION FINALE	0,14	1,174	0,693				0,525	0,132	0,123	2,787
Energétique	0,137		0,92	0,671			0,525	0,132	0,123	2,507
<i>Industrie</i>	0,124		0,041	0,204			0,229	0,038	0,036	0,672
<i>Transport</i>	0		0,614	0			0,017	0	0,034	0,665
<i>Résidentiel</i>	0,01		0,173	0,342			0,145	0,054	0,053	0,778
<i>Tertiaire</i>	0,003		0,093	0,122			0,124	0,04	0	0,381
<i>Agriculture</i>	0		0	0,003			0,009	0	0	0,012
Non énergétique	0,003		0,254	0,023			0	0	0	0,28

Bilan énergétique par habitant - France - 2009 - Population : 62,44 millions

Unité : tep	Charbon, Lignite	Pétrole Brut	Produits pétroliers	Gaz	Uranium	HESG	Électricité	Chaleur	Biomasse	Total
PRODUCTION PRIMAIRE	0,001	0,019	0	0,012	0	0,094	0	0,003	0,23	0,36
Importation	0,172	1,16	0,619	0,652	1,706	0	0,026	0	0,007	4,342
Exportation	-0,008	-0,001	-0,372	-0,031	0	0	-0,062	0	-0,003	-0,475
Soutes maritimes et aériennes	0	0	-0,136	0	0	0	0	0	0	-0,136
Variation de stocks	0,013	-0,011	-0,027	-0,018	0	0	0	0	0	-0,042
CONSOMMATION PRIMAIRE	0,179	1,168	0,084	0,616	1,706	0,094	-0,035	0,003	0,234	4,049
Raffineries	0	-1,227	1,243	0	0	0	0	0	0	0,016
Centrales électriques	-0,099	0	-0,035	-0,092	-1,706	-0,094	0,746	0,058	-0,035	-1,257
Autoconsommation, pertes *	-0,003	0,059	-0,128	-0,039			-0,126	0,002	-0,004	-0,24
CONSOMMATION FINALE	0,077		1,164	0,485		0,584	0,063	0,194	2,568	
Energétique	0,076		0,97	0,475		0,584	0,064	0,194	2,363	
<i>Industrie</i>	0,07		0,068	0,15		0,173	0	0,031	0,492	
<i>Transport</i>	0		0,656	0,001		0,018	0	0,04	0,716	
<i>Résidentiel</i>	0,005		0,126	0,254		0,22	0,002	0,112	0,718	
<i>Tertiaire</i>	0		0,067	0,066		0,168	0,062	0,01	0,373	
<i>Agriculture</i>	0		0,053	0,003		0,006	0	0,001	0,063	
Non énergétique	0,001		0,194	0,01		0	0	0	0,205	

* Y compris retours et transferts et chauffage urbain.

** HESG : Hydraulique, Eolien, Solaire (photovoltaïque), géothermie.

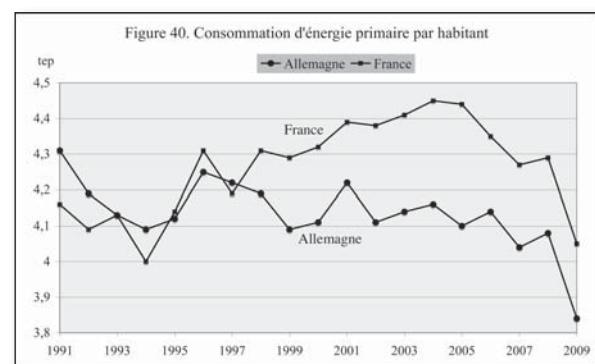
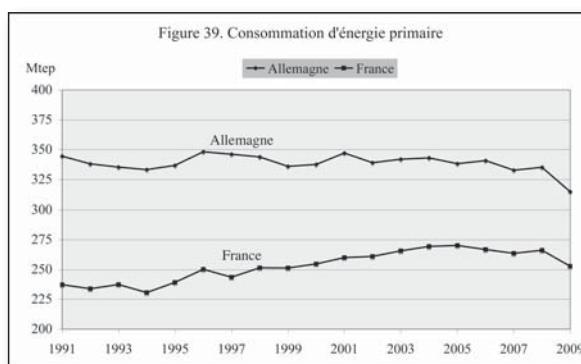
• Consommations d'énergie primaire

De la production primaire à la consommation primaire

Une seconde anomalie du bilan énergétique classique, que nous avons cependant conservée, est que la production d'électricité d'origine nucléaire est considérée comme une production nationale alors que, en Allemagne comme en France, l'uranium qui est la matière première à partir de laquelle cette production est réalisée, est entièrement importé. En toute logique, la case correspondante devrait figurer en « importation », au même titre que le charbon ou le pétrole importés, à partir desquels est produite de l'électricité dans les centrales électriques nationales ou les produits pétroliers dans les raffineries nationales.

En ce qui concerne les importations ou les exportations d'électricité, elles sont exprimées en tep (à partir des kWh) avec l'équivalence « 1 000 kWh = 0,086 tep ». Si un pays exporte de l'électricité d'origine thermique (fossile ou nucléaire), on ne compte pas dans le bilan primaire une réduction proportionnelle de combustible mais seulement l'électricité exportée. Inversement, un pays importateur ne verra imputer à sa consommation primaire que l'électricité importée, calculée avec le même coefficient d'équivalence. Pour cette raison, les échanges d'électricité figurent dans la colonne « électricité », tout en étant pris en compte dans la consommation primaire.

Évolution de la consommation d'énergie primaire totale



Consommation d'énergie primaire

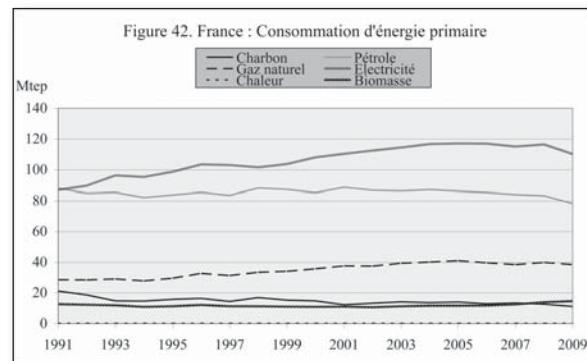
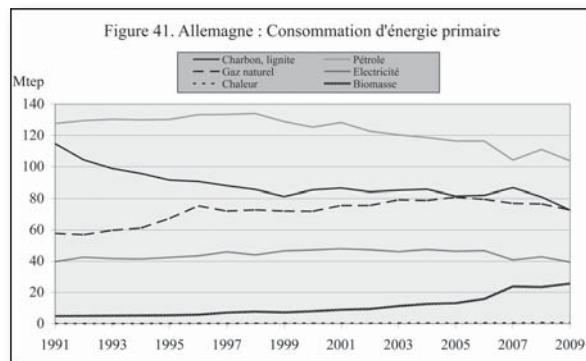
		1991	1997	2004	2008	2009
Totale	Mtep	344,5	346,2	343,1	335,1	314,7
Allemagne	Mtep	237,2	243,6	269,4	266,2	252,8

		1991	1997	2004	2008	2009
Par habitant	tep	4,31	4,22	4,16	4,08	3,84
Allemagne	tep	4,16	4,19	4,45	4,29	4,05

La consommation totale d'énergie primaire de l'Allemagne est supérieure à celle de la France sur toute la période, mais, alors qu'elle décroît de 9 % sur la période 1991-2009, celle de la France augmente de 16 %. De ce fait, l'écart des consommations primaires qui était de 107 Mtep en 1991 n'est plus que de 62 Mtep en 2009.

A peu près égales durant la décennie 90, les consommations primaires par habitant divergent à partir de 1997 (valeur commune : 4,2 tep). La consommation en France continue de croître jusqu'à 4,45 tep en 2004 pour décroître ensuite à 4,29 tep en 2008 et 4,05 tep en 2009, tandis qu'elle décroît en Allemagne à partir de 2001 (4,22 tep) jusqu'à 3,84 tep en 2009.

Évolution de la consommation d'énergie primaire par source



La rubrique « Électricité » comprend la production d'électricité d'origine nucléaire et celle d'origine renouvelable hors biomasse (HESG) comptabilisées en énergie primaire. La rubrique « Chaleur » comprend le solaire thermique pour la production de chaleur et la géothermie basse température.

Evolution de la consommation d'énergie primaire par source (Mtep)

Allemagne	1991	1999	2007	2008	2009
Charbon et lignite	114,7	81,2	86,6	81,0	72,6
Pétrole	127,6	128,9	104,2	111,0	103,7
Gaz naturel	57,7	72,0	76,9	76,6	72,8
Electricité	39,6	46,6	40,7	42,7	39,4
Chaleur	0,0	0,2	0,5	0,6	0,6
Biomasse	4,8	7,2	23,8	23,4	25,6
Total	344,5	336,0	332,7	335,1	314,7
France	1991	1999	2007	2008	2009
Charbon	21,1	15,2	13,4	12,6	11,2
Pétrole	87,9	87,3	83,9	83,2	78,2
Gaz naturel	28,5	34,1	38,5	39,9	38,5
Electricité	86,8	103,6	115,1	116,4	110,2
Chaleur	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Biomasse	12,6	11,0	12,6	14,0	14,6
Total	237,2	251,3	263,6	266,2	252,8

Sur l'ensemble de la période, le pétrole est la source principale d'énergie primaire en Allemagne, devant le charbon et le gaz naturel.

En Allemagne, la consommation de charbon décroît fortement sur la période 1991-1999 et se stabilise ensuite (à 34 % en 2007 au-dessous de sa valeur en 1991). Tandis que le charbon (et lignite) représentait 33 % de la consommation totale en 1991, il ne représentait plus que 24 % en 2009. La consommation de pétrole diminue nettement à partir de 1999 (de 19 % entre 1999 et 2007). La consommation de gaz naturel augmente de 33 % entre 1991 et 2007. L'électricité primaire augmente peu sur la période ; celle de la chaleur primaire augmente fortement mais sa part reste faible, tandis que l'augmentation de la consommation de biomasse est spectaculaire (elle est multipliée par 4,9 sur la période et prend une part significative dans la consommation totale).

En France, à partir de 1991, l'électricité primaire (nucléaire et hydraulique), est la première source dont la consommation augmente sur l'ensemble de la période (+ 34 % entre 1991 et 2008), tandis que celle du pétrole diminue légèrement (-5,3 % sur la même période). La consommation du gaz naturel augmente de 40 % sur 1991-2008, tandis que celle du charbon diminue (- 40 % sur la même période). La consommation de la biomasse augmente de 16 % sur la même période.

Structure par source de la consommation d'énergie primaire totale en 2009

Consommation d'énergie primaire (2009)										
Unité : Mtep	Charbon, Lignite	Pétrole Brut	Produits pétroliers	Gaz	Uranium	HESG**	Elec.*	Chaleur	Biomasse	Total
Allemagne	72,61	103,6	0,08	72,76	35,07	5,39	-1,06	0,64	25,62	314,72
Part (%)	23,1	32,9	0	23,1	11,1	1,7	-0,3	0,2	8,1	100
France	11,2	72,93	5,27	38,46	106,53	5,87	-2,21	0,17	14,61	252,82
Part (%)	4,4	28,8	2,1	15,2	42,1	2,3	-0,9	0,1	5,8	100

* Il s'agit des importations nettes d'électricité (d'où le signe – puisque les exportations sont plus importantes que les importations pour les deux pays) qui sont prises en compte dans la consommation primaire.

En Allemagne, la principale source primaire est le pétrole brut, à 33 %, suivi du charbon et du gaz naturel à 23 %, de l'uranium à 11 % et de la biomasse à 8 %. La contribution des énergies renouvelables pour la production d'électricité est de 5 %, celle de la chaleur primaire (solaire thermique et géothermie basse température) de 0,2 %. Les exportations nettes d'électricité sont de 0,3 %.

En France, la principale source primaire est l'uranium, à 42 %, suivie de « pétrole brut + produits pétroliers » à 31 %, du gaz naturel à 15 %, de la biomasse et du charbon à respectivement 6 % et 4 %. La contribution des énergies renouvelables pour la production d'électricité est de 2 %, celle de la chaleur primaire (solaire thermique et géothermie) de 0,1 %. Les exportations nettes d'électricité sont de 0,9 %.

La contribution des énergies renouvelables est en Allemagne de 31,65 Mtep (10 % de la consommation primaire) et de 20,65 Mtep en France (8,2 % de la consommation primaire).

Remarque

Nous avons vu précédemment que, pour des calculs simplifiés, on peut retenir une valeur de 20 tonnes d'uranium naturel¹⁴ pour une production de 1 TWh (milliard de kWh) ou 0,086 Mtep d'électricité et 0,26 Mtep d'énergie primaire « nucléaire (uranium) ».

La consommation d'uranium naturel pour la production d'électricité d'origine nucléaire est donc respectivement, pour l'année 2009, d'environ 2 700 tonnes pour l'Allemagne et 8 200 tonnes pour la France.

Structure par source de la consommation d'énergie primaire par habitant en 2009

La consommation d'énergie primaire par habitant est inférieure en Allemagne : 3,84 tep contre 4,05 tep en France.

Les consommations des trois combustibles fossiles – charbon, pétrole, gaz naturel – sont chacune supérieure en Allemagne, à des degrés divers : facteur 5 pour le charbon, 8 % de plus pour le pétrole, 42 % de plus pour le gaz. Par contre, la consommation d'énergie primaire nucléaire (uranium) est 4 fois plus élevée en France.

La consommation primaire de pétrole brut et produits pétroliers est plus élevée en Allemagne qu'en France alors que c'est l'inverse pour la consommation finale des produits pétroliers. Cela provient du fait que la consommation de produits pétroliers pour les usages non énergétiques est nettement plus élevée en Allemagne qu'en France : 0,254 tep contre 0,194 tep.

De façon assez surprenante, la consommation de biomasse est plus élevée en Allemagne (0,31 tep contre 0,23 tep en France), ainsi que celle de la chaleur primaire qui reste cependant très faible dans les deux pays (0,008 tep en Allemagne contre 0,003 tep en France). La consommation primaire correspondant à la production d'électricité d'origine renouvelable hors biomasse, HESG (hydraulique, éolien, solaire, géothermie) est supérieure en France (0,094 tep contre 0,066 tep en Allemagne).

Nous analysons plus loin la question de la production d'électricité et de chaleur.

En effet, c'est sur la production d'électricité que les systèmes énergétiques des deux pays diffèrent le plus profondément.

• De la consommation primaire à la consommation finale

Le rendement du système énergétique

Le rendement du système énergétique est égal au rapport de la consommation finale à la consommation primaire. Ce rapport est de 0,726 pour l'Allemagne et de 0,634 pour la France.

On note par conséquent une meilleure utilisation de l'énergie primaire en Allemagne qu'en France.

14 - Lorsque l'on parle de tonnes d'uranium naturel, il s'agit en fait de tonnes de l'oxyde U₃O₈ (« Yellow cake »), octaoxyde de triuranium, contenu dans le « yellow cake », produit final d'extraction de l'uranium à partir du minéral (uraninite ou pechblende).

Le rendement de la production brute d'électricité

La ligne « centrales électriques » du bilan fournit d'une part la quantité de tep d'énergie primaire en « entrant » des centrales électriques et la production brute de ces centrales en électricité et en chaleur (cogénération).

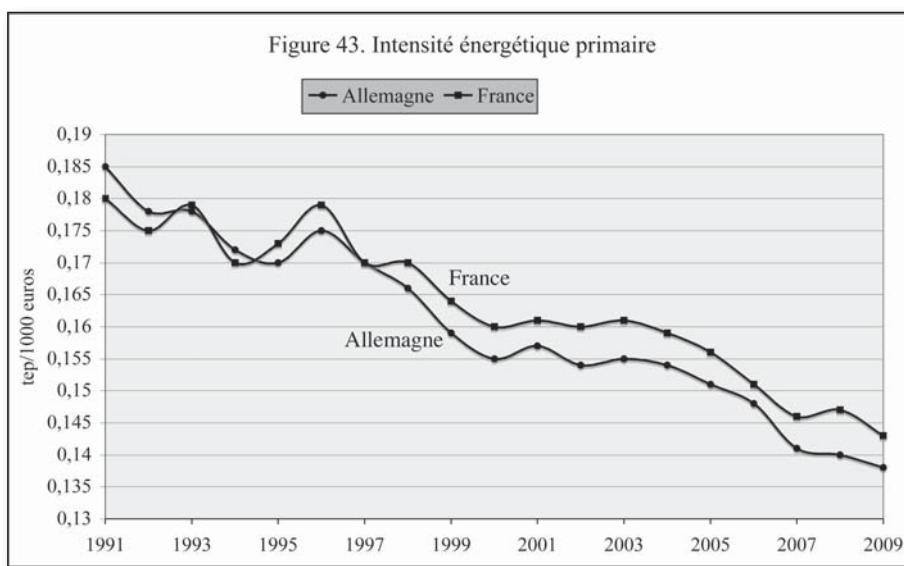
Centrales électriques	Charbon, Lignite	Produits pétroliers	Gaz	Uranium	HESG	Biomasse	Electricité	Chaleur	Total
Allemagne	-60,49	-2,58	-14,38	-35,07	-5,39	-14,56	51,32	8,33	-72,82
France	-6,16	-2,21	-5,72	-106,53	-5,87	-2,21	46,58	3,65	-78,47

	Allemagne	France
Entrants (Mtep)	132,5	128,7
Electricité produite (Mtep)	51,32	46,58
Chaleur produite (Mtep)	8,33	3,65
Entrants/Electricité produite	2,58	2,76
Entrants/ (Electricité + chaleur produites)	2,22	2,56

On constate que le rendement de la production brute d'électricité est nettement meilleur en Allemagne qu'en France (respectivement 39 % et 36,5 %). Il en est de même pour la production d'électricité et de chaleur (respectivement 45 % et 39 %).

• Intensité énergétique primaire

Les intensités énergétiques primaires, rapports des consommations primaires au produit intérieur brut, décroissent de façon assez semblable pour les deux pays sur la période 1991-2009, de façon un peu plus prononcée pour l'Allemagne qui se situe à 0,138 tep/1 000 euros en 2009, contre 0,143 pour la France.



3.2 Le bilan électrique et la production d'électricité

• Le bilan électrique

Bilan électrique 2009	Total		Par habitant	
	Allemagne	France	Allemagne	France
			(82,03 millions)	(62,45 millions)
	TWh	TWh	kWh	kWh
PRODUCTION BRUTE, dont	596,8	541,7	7275	8674
Renouvelables non thermiques	67,5	69,6	822	1113
Hydraulique, dont	23,5	61,6	286	986
Pompage	6,1	4,6	74	74
Géothermique	0,02	0	0,2	0
Eolien	37,8	7,8	461	124
Solaire	6,2	0,164	75	2,6
Thermiques, dont	529,2	471,7	6452	7554
Nucléaire	134,9	409,7	1645	6562
Fossile	354	56	4315	896
ex-charbon	264,5	27,7	3225	444
ex-pétrole	12,5	5,9	152	95
ex-gaz	77	22,3	939	357
Biomasse	40,3	6	492	96
Divers		0,49		8
AUTOCONSOMMATION (1)	-36,3	-23,8	-442	-382
PRODUCTION NETTE (2)	560,5	517,8	6833	8293
IMPORTATIONS (3)	41,9	19,2	510	308
EXPORTATIONS	-54,1	-44,9	-660	-719
CONSOMMATION DU POMPAGE	-7,6	-6,5	-93	-105
DISPONIBILITE INTERIEURE (4)	540,6	485,6	6591	7776
PERTES DE TRANSPORT ET DISTRIBUTION	-26,5	-32,5	-323	-520
CONSOMMATION TOTALE (5)	514,1	453,1	6267	7256
CONSOMMATION SECTEUR ENERGIE	13,8	28,9	168	463
CONSOMMATION FINALE, dont :	500,3	424,2	6099	6793
Industrie	218,8	125,5	2667	2010
Transport	16	12,9	195	206
Résidentiel	138,8	159,4	1692	2553
Tertiaire	118,1	122,3	1440	1959
Agriculture	8,7	4,1	106	66

(1) Autoconsommation : consommation d'électricité des centrales électriques.

(2) Production nette = production brute + autoconsommation (-).

(3) Sur la comptabilité des échanges d'électricité, voir 3.2.3.

(4) Disponibilité intérieure = Production nette + importations + exportations (-) + consommation du pompage (-).

(5) Consommation totale = Disponibilité intérieure + pertes de transport et distribution (-).

Production totale brute d'électricité

La production totale brute d'électricité de l'Allemagne n'est que de 10 % supérieure à celle de la France. Le rapport des populations étant de 1,3, on voit que la production brute par habitant est nettement plus élevée en France : 8 674 kWh contre 7 275 pour l'Allemagne, soit une différence de 1 399 kWh (16 %).

La consommation finale d'électricité par habitant de l'Allemagne est elle-même inférieure de 694 kWh à celle de la France. L'écart sur la production brute s'explique en partie pour cette raison, mais également par un certain nombre d'autres facteurs présentés dans le tableau suivant.

De la production brute à la consommation finale d'électricité : les écarts

Postes	Allemagne	France	France - Allemagne
	kWh/habitant	kWh/habitant	kWh/habitant
Exportations nettes d'électricité	150	411	+261
Autoconsommation des centrales électriques	442	382	-60
Pompage hydraulique	93	105	+12
Pertes de transport et distribution	323	520	+197
Consommation du secteur énergie	168*	463**	+295
Total	1176	1881	+705

* dont 28 kWh pour l'extraction du charbon, imputables à la production d'électricité.

** dont 336 kWh pour l'industrie nucléaire, imputables à la production d'électricité.

L'autoconsommation des centrales électriques est plus élevée en Allemagne.

Les exportations d'électricité sont plus fortes pour la France, mais aussi les pertes de transport et distribution et surtout la consommation du secteur de l'énergie (le poste principal pour la France étant l'enrichissement de l'uranium).

Si l'on ajoute ces 705 kWh aux 694 kWh de différence sur la consommation finale d'électricité, on trouve bien les 1 399 kWh de différence sur la production brute.

Le rendement global du système électrique

Nous avons vu en 3.1.2 que, pour produire 1 tep d'électricité (production brute), il fallait respectivement 2,58 tep en Allemagne et 2,76 tep en France d'énergie primaire (ou bien 2,58 et 2,76 kWh d'énergie primaire pour une production brute de 1 kWh d'électricité)¹⁵.

La consommation d'électricité produite à partir de la production nationale, hors celle du secteur électrique lui-même, est égale à la consommation totale moins celle du secteur énergie pour la production d'électricité (industrie nucléaire pour la France, extraction du charbon pour l'Allemagne), moins les importations d'électricité (réduites des pertes de transport et distribution proportionnelles).

La production brute nationale nécessaire pour assurer cette consommation d'électricité est égale à la production brute totale moins les exportations.

Le tableau suivant qui détaille ce calcul montre que, pour disposer d'1 kWh d'électricité finale, il faut 2,97 kWh (ou 0,255 ktep) d'énergie primaire en Allemagne et 3,31 kWh (ou 0,285 ktep) d'énergie primaire en France.

Autrement dit, le rendement global du système électrique est donc de 33,7 % en Allemagne et de 30,2 % en France.

Rappelons que nous n'avons pas pris en compte dans cette comparaison la production de chaleur par cogénération qui est beaucoup plus importante en Allemagne, ce qui augmente le rendement du système électrique en termes d'énergie totale fournie (électricité et chaleur produite).

15 - On ne prend pas en compte la production de chaleur par cogénération.

Le rendement du système électrique

Consommation d'électricité				
	Totale	Secteur énergie	Importations	Total
	TWh	TWh	TWh	TWh
Allemagne	514,1	2,3	40,0564	471,7
France	453,1	21	18,048	414,1
Production brute nationale correspondante				
	Totale	Exportations	Total	Prod brute/consommation finale d'électricité
	TWh	TWh	TWh	TWh
Allemagne	596,8	54,1	542,7	1,150
France	541,7	44,9	496,8	1,200
Consommation primaire/consommation finale d'électricité				
	Consommation primaire /Production brute d'électricité	Prod. brute d'électricité /conso. finale d'électricité	Consommation primaire /conso. finale d'électricité	
Allemagne	2,58	1,150		2,97
France	2,76	1,200		3,31

• Production d'électricité par source

Production d'électricité en 2009

Production totale d'électricité en 2009

2009		Thermique fossile			Thermique nucléaire	Renouvelables	Divers	Total
Allemagne		Charbon	Pétrole	Gaz				
Total	TWh	264,5	12,5	77	134,9	107,8	0	596,7
Par habitant	kWh	3225	152	939	1645	1314		7275
Part	%	44,3	2,1	12,9	22,6	18,1	0	100
France								
Total	TWh	27,7	5,9	22,3	409,7	75,56	0,49	541,7
Par habitant	kWh	444	95	357	6562	1208,6	8	8674
Part	%	5,1	1,1	4,1	75,6	13,9	0,1	100

Production d'électricité d'origine renouvelable

		Biomasse	Hydraulique	Eolien	Solaire	Géothermie	Total
Allemagne							
Total	TWh	40,3	23,5	37,8	6,2	0,02	107,82
Par habitant	kWh	492	286	461	75	0,2	1314,2
Part	%	6,8	3,9	6,3	1	0	18,1
France							
Total	TWh	6	61,6	7,8	0,16	0	75,56
Par habitant	kWh	96	986	124	2,6	0	1208,6
Part	%	1,1	11,4	1,4	0	0	13,9

En Allemagne, la production d'électricité est dominée par le charbon à 44,3 % qui se situe tout de même à moins de 50 %. Viennent ensuite le nucléaire à 22,6 %, les énergies renouvelables à 18,1 % et le gaz à 12,9 %. Ainsi la production d'origine renouvelable, avec une composante éolienne significative, arrive presque au niveau de la production d'origine nucléaire. L'autre propriété remarquable est l'importance de la production d'électricité à partir de la biomasse (7 % de la production totale d'électricité).

En France, la production d'origine nucléaire est ultra dominante à 76 %. Les contributions du charbon (5 %) et du gaz (4 %) sont faibles. Parmi les renouvelables, seule l'hydraulique garde sa production historique de l'ordre de 60 TWh (11 % du total) ; les autres énergies renouvelables n'ont que de très faibles contributions. L'ensemble renou-

velable ne représente que 14 % de la production totale. En valeur absolue, la production d'électricité d'origine renouvelable en France, malgré l'importance relative de l'hydraulique, ne représente que 70 % de la production allemande.

Capacités installées

Le tableau suivant présente les puissances installées suivant les différentes filières.

Puissances installées par filière

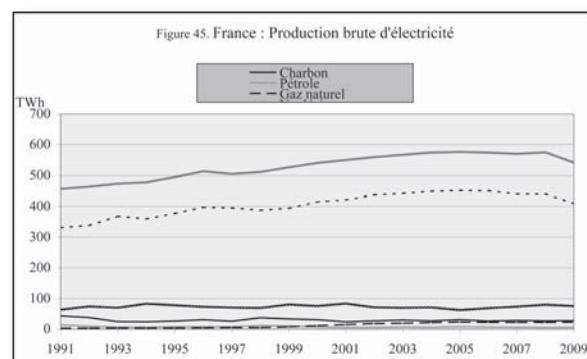
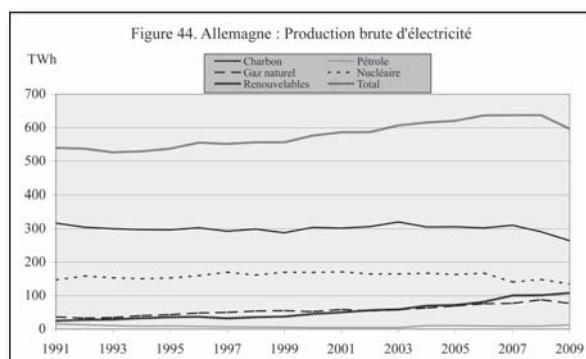
2009		Charbon	Pétrole	Gaz	Nucléaire	Hydraulique	Eolien	Solaire	Biomasse	TOTAL
Allemagne	MWe	43 980	5 975	25 628	20 209	10 771	25 777	9 830	4 650	146 820
France	MWe	11 850	9 825	4 709	63 130	25 267	4 521	289	911	120 502

La puissance installée de la production d'origine renouvelable en Allemagne, soit 51 028 MWe, est égale à 2,5 fois la puissance nucléaire installée (pour une production de 80 % d'origine renouvelable par rapport à la production d'origine nucléaire).

En France, la puissance « renouvelable » est la moitié (49 %) de la puissance nucléaire, pour une production 5,4 fois plus faible.

Si l'on compare les parcs nucléaires des deux pays, on voit que le parc nucléaire allemand produit 3 % de plus par unité de puissance installée, 6,68 TWh par 1 000 MWe installés, contre 6,49 pour la France,

Évolution de la production d'électricité



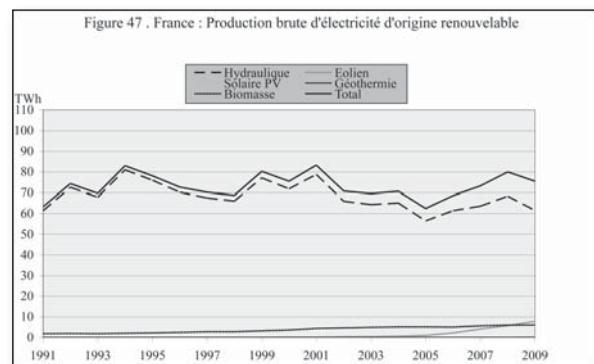
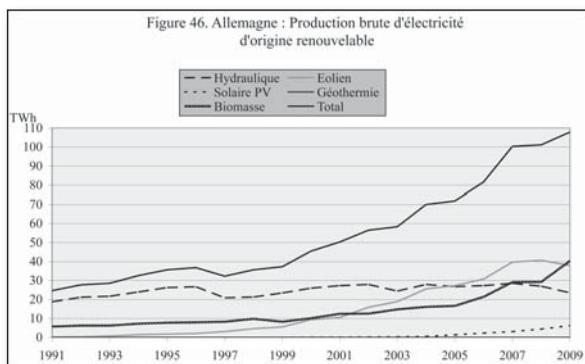
Evolution de la production d'électricité (TWh)

Allemagne	1991	1999	2006	2007	2008	2009
Charbon	316,9	288,2	302,3	310,4	290,6	264,5
Pétrole	14,7	5,8	9,5	8,6	9,2	12,5
Gaz naturel	36,1	55,1	76,1	77,3	87,7	77,0
Nucléaire	147,2	170,0	167,3	140,5	148,5	134,9
Renouvelables	24,6	37,2	81,6	100,3	101,2	107,8
Total	539,6	556,3	636,8	637,1	637,2	596,8
France	1991	1999	2006	2007	2008	2009
Charbon	43,2	33,1	26,4	28,2	27,2	27,7
Pétrole	14,1	10,0	7,1	6,2	5,8	5,9
Gaz naturel	3,1	7,7	21,8	22,0	21,9	22,3
Nucléaire	331,3	394,2	450,2	439,7	439,5	409,7
Renouvelables	63,3	80,2	68,6	73,2	79,9	75,5
Divers	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
Total	455,5	525,8	574,6	569,8	574,9	541,7

Entre 1991 et 2008 (point haut), la production d'électricité de l'Allemagne a augmenté de 18 % et celle de la France de 26 %.

Sur la même période, la production à partir du charbon est restée à peu près stable en Allemagne, la hausse de production étant assurée par le gaz naturel et, de façon de plus en plus importante (à partir de 1999), surtout en fin de période, par les énergies renouvelables (on note à partir de 2006 une baisse sensible de la production annuelle d'origine nucléaire, de l'ordre de 25 TWh, qui est compensée par la montée de la production d'origine renouvelable, éolien, biomasse, photovoltaïque à un degré moindre).

En France, l'augmentation de production a été assurée par le nucléaire (+ 33 % entre 1991 et 2008). La production d'origine thermique fossile est restée à peu près constante (60 TWh en 1991 et 56 TWh en 2009) mais sa structure change : forte baisse du charbon et du pétrole, au profit du gaz naturel. La contribution des énergies renouvelables reste très largement dominée par l'hydraulique, à peu près constante, une faible croissance de la biomasse et un décollage de l'éolien à partir de 2005 dans des proportions qui restent faibles.



• Les échanges d'électricité de la France

La comptabilité des échanges d'électricité¹⁶

Il existe deux façons de définir et de comptabiliser les échanges internationaux d'électricité : les « échanges contractuels transfrontaliers » et les « échanges physiques ». L'un et l'autre sont définis par RTE de la façon suivante :

Échanges contractuels transfrontaliers

« Compte tenu du fait que les caractéristiques physiques du réseau limitent les capacités d'interconnexion, RTE a mis en place des modalités d'allocation de ces capacités permettant de répondre aux demandes des clients de manière transparente et non discriminatoire.

Les échanges contractuels transfrontaliers intègrent l'ensemble des transactions sur les lignes d'interconnexion du réseau de RTE ».

Échanges physiques

« Les échanges physiques d'électricité avec l'étranger pour l'ensemble de la France, importations/exportations, recouvrent :

- le cumul des soldes instantanés d'échanges mesurés par les comptages sur chaque ligne d'interconnexion, comptabilisés, selon le signe, en importations ou en exportations.
- les échanges de compensation correspondant à la part de production hydraulique revenant à chaque pays en fonction des droits d'eau, indépendamment du lieu physique d'implantation des moyens de production frontaliers.

Les échanges physiques d'électricité avec l'étranger, aux bornes du réseau de RTE, tiennent compte uniquement des échanges physiques mesurés aux frontières, sans prise en compte des droits d'eau. »

Il résulte de ces définitions que :

- a) Les échanges physiques sont inférieurs, dans leurs deux composantes (importations et exportations), aux échanges contractuels puisqu'ils sont la somme des soldes instantanés des échanges.
- b) Le solde « importations - exportations » global annuel des échanges physiques est le même pour les échanges physiques et les échanges contractuels.

Les bilans électriques, tel celui figurant en 3.2.1, présentent les valeurs en importations et exportations des échanges physiques. Ce qui est important au premier chef pour le bilan électrique est le solde « importations – exportations » (qui est donc le même dans les deux définitions). Par contre, si l'on veut connaître la réalité des échanges sur le plan économique comme sur l'origine de l'électricité consommée (par exemple pour estimer les émissions de CO₂ liées à une certaine consommation d'électricité), il faut se baser sur les échanges contractuels.

Les échanges contractuels globaux

Le tableau suivant établi à partir des données de RTE (Gestionnaire du réseau de transport d'électricité en France) montre que, tout en restant positif, le solde des échanges « exportations – importations » a diminué régulièrement en France depuis 2002 et connu une forte baisse entre 2008 et 2009.

16 - Source : RTE (gestionnaire du réseau de transport d'électricité français), « Statistiques de l'énergie électrique en France – 2008 ».

Volumes d'échanges contractuels sur les lignes d'interconnexion* en France

TWh	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Exportations	91,9	89	89,6	90,9	89,9	83	81,4	68,2
Importations	15,9	24,3	29,2	32,3	28	27,5	34,8	43,5
Solde E-I	76	64,7	60,4	58,6	61,9	55,5	46,6	24,7

Source : RTE (*rapports d'activité 2008 et 2009*)

* Ces chiffres concernent le périmètre France métropolitaine, y compris la Corse.

Dans son rapport d'activité de 2009, RTE souligne que la France a été importatrice nette d'électricité sur un mois entier en 2009, pour la première fois en 27 ans : en octobre, elle a importé un solde physique net de 458 GWh d'électricité. Le maximum de puissance a été atteint le 19 octobre avec 7711 MW. D'autre part, 2009 a compté 57 journées d'importations contractuelles nettes contre 6 en 2008 et 20 en 2007.

Les échanges contractuels par pays**Echanges contractuels transfrontaliers en 2008 et 2009***

France vers :	Allemagne		Belgique		Espagne		Grande-Bretagne		Italie		Suisse	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Exportations	6,4	7,2	10,9	3	5,7	5,3	12,7	7,6	19,6	19,4	26,1	25,7
Importations	19	19,2	1,9	5,8	3	3,8	1,4	4,3	1,8	1,2	7,7	9,2
Solde E-I	-12,6	-12	9	-2,8	2,7	1,5	11,3	3,3	17,8	18,2	18,4	16,5

Source : RTE (*rapports d'activité 2008 et 2009*)

* Ces chiffres concernent le périmètre France métropolitaine, y compris la Corse.

Le solde des échanges a nettement baissé, voire est devenu négatif, entre 2008 et 2009, avec la Belgique et la Grande-Bretagne.

Contrairement à ce qui se dit très souvent en France, le solde des échanges avec l'Allemagne, à peu près au même niveau en 2008 et 2009, est négatif : la France importe plus d'électricité d'Allemagne qu'elle n'en exporte vers ce pays.

La pointe de consommation d'hiver¹⁷

Depuis de nombreuses années, en France, la puissance maximale appelée par le réseau augmente sensiblement, nettement plus que la quantité d'énergie consommée sur l'année. La puissance maximale a ainsi fait un bond de 12 800 MW entre le record de l'hiver 2001-2002 et le record du 7 janvier 2009. Depuis 1996, l'augmentation de la puissance de pointe d'hiver (+40 %) est deux fois plus rapide que celle de la puissance de base (+19 %).

Cette augmentation de puissance est liée au développement du chauffage électrique en France. La pointe électrique française, au contraire de ses voisins européens, a donc un caractère très fortement saisonnier dont l'explication principale est l'appel de puissance hivernal du parc de chauffage électrique, comme le signale RTE : « la sensibilité aux températures extérieures en hiver est largement plus forte en France que dans les systèmes voisins : le gradient thermique du système français, qui approche 2 100 MW/°C, représente à lui seul près d'une fois et demie la somme des gradients thermiques de tous les autres systèmes européens ».

Or le parc français de centrales électriques est essentiellement constitué de centrales nucléaires qui fonctionnent en base. En période de grand froid et par conséquent de forts appels de puissance, la France doit importer des productions de pointe de ses voisins et notamment de l'Allemagne (électricité produite majoritairement par des centrales à charbon).

Puissance maximale atteinte dans la consommation d'électricité en France*

Année	2007	2008	2009
Date	17-déc	12-déc	7-jan
Température*	-6°C	-3,9°C	-7,8°C
Puissance	89 GW	84,4 GW	92,4 GW

Source : RTE (*rapports d'activité 2008 et 2009*)

* Ces chiffres concernent la France métropolitaine hors Corse.

Nous ne possédons pas de données du même ordre sur la puissance de pointe pour l'Allemagne, mais son rapport à la puissance moyenne doit être beaucoup plus faible qu'en France du fait de la consommation beaucoup plus faible de chauffage électrique.

17 - Source : association négaWatt (cf. « Du gâchis à l'intelligence : le bon usage de l'électricité », Cahier de Global Chance n° 27, janvier 2010).

3.3 La production de chaleur

La chaleur identifiée dans le bilan énergétique est d'une part la chaleur primaire (solaire et géothermique) et, d'autre part, la chaleur de réseau, produite soit par des chaufferies, soit par cogénération dans les centrales électriques.

• Chaleur primaire

Chaleur solaire

	Production		Surface de panneaux	
	2008	2009	Totale en 2008	Installée en 2008
	Mtep	Mtep	km2	km2
Allemagne	0,36	0,41	10484	1000
France	0,04	0,05	1830	394

La production de chaleur solaire est, en 2009, huit fois plus importante en Allemagne qu'en France, ce qui ne laisse pas d'étonner étant donné le potentiel solaire beaucoup plus important dont dispose la France.

Chaleur géothermique

	Production	
	2008	2009
Mtep		
Allemagne	0,22	0,24
France	0,11	0,12

La production de chaleur à partir de la géothermie est, en 2009, le double en Allemagne de celle de la France.

Production de chaleur des chaufferies et de la cogénération

Chaufferies

	Production	
	2008	2009
Mtep		
Allemagne	2,97	2,91
France	0,11	0,11

La chaleur de réseau, importante en Allemagne, reste marginale en France.

Cogénération

	Production	
	2008	2009
Mtep		
Allemagne	8,49	8,33
France	3,65	3,65

La cogénération est nettement plus développée en Allemagne qu'en France.

3.4 La biomasse

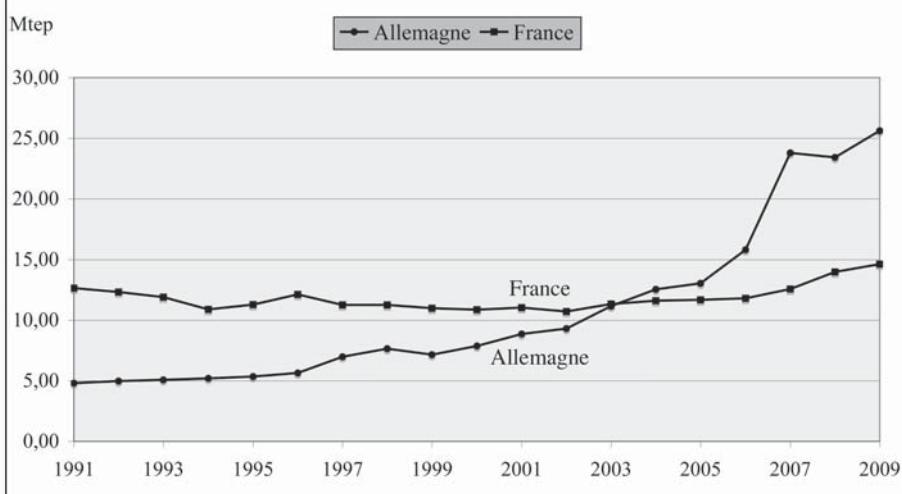
Bilan biomasse - Allemagne - 2009

Unité : Mtep	Bois	Total déchets	dont déchets industriels	dont déchets municipaux	Biogaz	Biocarburants	Total
Production	12,28	5,47	0,08	5,39	4,04	3,97	25,77
Consommation	12,29	5,46	0,08	5,39	4,04	3,83	25,62
Consommation secteur énergie, dont	6,25	4,66	0,08	4,58	3,53	1,08	15,52
Centrales électriques	6,05	4,01	0,07	3,94	3,42	1,08	14,56
Consommation finale	6,03	0,80	0,00	0,80	0,51	2,75	10,10
Industrie	1,68	0,80	0,00	0,80	0,50		2,99
Transport						2,75	2,75
Résidentiel, tertiaire	4,35				0,01		4,36

Bilan biomasse - France - 2009

Unité : Mtep	Bois	Total déchets	dont déchets industriels	dont déchets municipaux	Biogaz	Biocarburants	Total
Production	9,16	2,45		2,45	0,48	2,29	14,38
Consommation	9,17	2,43		2,43	0,47	2,53	14,61
Consommation secteur énergie, dont	0,22	1,87		1,87	0,39	0,00	2,48
Centrales électriques	0,19	1,63		1,63	0,39		2,21
Consommation finale	8,95	0,56		0,56	0,08	2,53	12,13
Industrie	1,93				0,02		1,95
Transport						2,53	2,53
Résidentiel, tertiaire	7,03	0,56		0,56	0,06		7,65

Figure 48 . Consommation totale de biomasse



La consommation de biomasse est beaucoup plus importante en Allemagne. Alors qu'en 1991, la consommation de biomasse était de 4,79 Mtep en Allemagne et 12,64 Mtep en France, on voit qu'elle atteint 25,62 Mtep en Allemagne et seulement 14,61 Mtep en France, en 2009.

On note en particulier que 14,56 Mtep de biomasse sont consacrées à la production d'électricité en Allemagne, contre 2,21 Mtep en France. Le biogaz est également beaucoup plus développé en Allemagne : 4,04 Mtep contre 0,48 Mtep en France.

3.5 Contribution des sources primaires à la consommation finale

La contribution relative de chaque source primaire à la consommation finale est calculée en additionnant :

- Les contributions directes telles qu'elles figurent dans le bilan énergétique : charbon et lignite, produits pétroliers, gaz, biomasse.
- Les contributions indirectes du fait de la production d'électricité : charbon et lignite, produits pétroliers, gaz, nucléaire, énergies renouvelables non thermiques (HESG), biomasse.
- Les contributions indirectes du fait de la production de chaleur : chaleur primaire et chaleur produite par les chaufferies (chaleur de réseau) et la cogénération, chaufferies et cogénération à partir du charbon, des produits pétroliers, du gaz et de la biomasse.

Dans chacun des tableaux suivants, les valeurs absolues sont les valeurs en Mtep de la consommation énergétique finale qui est assurée, directement ou indirectement, par la source primaire de la colonne correspondante.

• Contributions directes à la consommation énergétique finale

Contribution directe	2009	Charbon, Lignite	Produits pétroliers	Gaz	Biomasse
Allemagne	Mtep	11,2	75,5	55,01	10,1
France	Mtep	4,73	60,56	29,65	12,13

Contributions à la consommation finale d'électricité

La contribution relative de chaque source primaire à la consommation finale d'électricité (colonne « total ») est calculée à partir de la contribution de chacune de ces sources à la production d'électricité, sur la base du bilan électrique.

Dans le cas de la France, on a déduit de la production d'origine nucléaire les exportations d'électricité (45 TWh) et la consommation d'électricité du secteur nucléaire (21 TWh) et on a attribué au charbon la production de l'électricité importée (19 TWh).

Comme précisé ci-dessus, la valeur indiquée dans chaque case (aussi bien en valeur absolue qu'en pourcentage) n'indique pas une consommation de la source primaire correspondante (charbon par exemple) mais la quantité (ou la part) de la consommation finale d'électricité qui est assurée par cette source primaire.

Contribution à la consommation finale d'électricité

	Part	Charbon	Pétrole	Gaz	Nucléaire	HESG	Biomasse	Total
Allemagne	%	44,3	2,1	12,9	22,6	11,3	6,8	100
France	%	9,5	1,2	4,5	69,5	14,1	1,2	100
	Valeur							
Allemagne	Mtep	19,06	0,9	5,55	9,72	4,86	2,93	43,02
France	Mtep	3,47	0,44	1,64	25,35	5,14	0,44	36,48

Contributions à la consommation finale de chaleur

Chaleur réseau	Charbons	Pétrole	Gaz	Biomasse	Total
Allemagne	0,39	0,09	1,63	0,55	2,66
France	0	0	0	0,11	0,11

Chaleur cogénération	Charbons	Pétrole	Gaz	Biomasse	Total
Allemagne	2,42	0,21	4,04	0,93	7,6
France	0,18	0,42	2,53	0,51	3,65

Chaleur totale	Charbon	Pétrole	Gaz	Biomasse	Chaleur primaire	Total
Allemagne	2,81	0,3	5,67	1,48	0,64	10,9
France	0,18	0,42	2,53	0,62	0,17	3,92

Comme noté ci-dessus, la valeur indiquée dans chaque case (aussi bien en valeur absolue qu'en pourcentage) n'indique pas une consommation de la source primaire correspondante (charbon par exemple) mais la quantité (ou la part) de la consommation finale de chaleur qui est assurée par cette source primaire.

Contribution relative de chaque source primaire à la consommation énergétique finale

	2009	Charbon	Pétrole	Gaz	Nucléaire	Renouvelables	Total
Allemagne	Mtep	33,07	76,7	66,23	9,72	20,01	205,73
France	Mtep	8,38	61,42	33,82	25,35	18,50	147,48
<i>Part</i>							
<i>Allemagne</i>	<i>%</i>	<i>16,1</i>	<i>37,3</i>	<i>32,2</i>	<i>4,7</i>	<i>9,7</i>	<i>100</i>
<i>France</i>	<i>%</i>	<i>5,7</i>	<i>41,6</i>	<i>22,9</i>	<i>17,2</i>	<i>12,5</i>	<i>100</i>

Dans les deux pays, la principale contribution vient du pétrole, dans une proportion supérieure pour la France. Le gaz naturel vient en seconde position, dans une proportion nettement plus importante pour l'Allemagne, puis le charbon pour l'Allemagne et le nucléaire pour la France. La contribution des énergies renouvelables est à peu près du même ordre, légèrement supérieure pour la France.

Contribution relative de chaque source primaire à la consommation finale

On peut également calculer la contribution de chaque source primaire à la consommation finale en ajoutant les consommations des usages non énergétiques du charbon, du gaz et du pétrole.

	2009	Charbon	Pétrole	Gaz	Nucléaire	Renouvelables	Total
Allemagne	Mtep	33,34	97,5	68,1	9,72	20,01	228,67
France	Mtep	8,44	73,53	34,46	25,35	18,5	160,29
<i>Part</i>							
<i>Allemagne</i>	<i>%</i>	<i>34</i>	<i>32,9</i>	<i>23</i>	<i>3,3</i>	<i>6,8</i>	<i>100</i>
<i>France</i>	<i>%</i>	<i>5,3</i>	<i>45,9</i>	<i>21,5</i>	<i>15,8</i>	<i>11,5</i>	<i>100</i>

3.6 La dépendance énergétique

La dépendance énergétique est une notion complexe qui doit prendre en compte des données physiques sur la production ou la provenance des produits énergétiques consommés, des données économiques sur les coûts des énergies et des appréciations sur les risques physiques, économiques et géopolitiques de l'approvisionnement énergétique.

Le choix d'un indicateur unique traduisant le degré de dépendance ou d'indépendance énergétique, bien que commode et facile à communiquer, entraîne le plus souvent des dérives proches de la propagande et, en tout cas, ne reflète pas la réalité des problèmes.

• Le « taux d'indépendance énergétique » officiel en France

Le taux d'indépendance énergétique est défini officiellement en France, pour une année donnée, comme le rapport de la production nationale à la consommation totale d'énergie primaire (ou « total des disponibilités »), ces consommations étant exprimées en tep.

Le tableau suivant, conforme aux bilans présentés en 3.1.1 indique ces quantités pour l'Allemagne et pour la France, en 2009.

Allemagne - Mtep	Charbon, Lignite	Pétrole brut	Gaz	Nucléaire (Uranium)	HESG**	Chaleur	Biomasse	Total
Production primaire	47,57	3,86	10,57	35,07	5,39	0,65	25,77	128,87
Consommation primaire*	72,61	103,68	72,76	34,01	5,39	0,64	25,62	314,72

France - Mtep	Charbon, Lignite	Pétrole Brut	Gaz	Nucléaire (Uranium)	HESG**	Chaleur	Biomasse	Total
Production primaire	0,09	1,2	0,7	106,53	5,87	0,17	14,38	129
Consommation primaire*	11,2	78,2	38,46	104,32	5,87	0,17	14,61	252,82

* Dans ce tableau, la consommation primaire de pétrole brut inclut des produits pétroliers (solde des échange, soutes, stocks) et celle du nucléaire inclut le solde des échanges d'électricité.

Les valeurs du « taux d'indépendance » s'établissent alors à 40,9 % pour l'Allemagne et 51,0 % pour la France.

La valeur pour la France est généralement interprétée, surtout dans le discours politique, comme traduisant le fait que la moitié de l'énergie consommée en France est obtenue à partir de ressources nationales, dont l'essentiel est constitué par la production d'électricité d'origine nucléaire (42 % sur les 51 %).

• **Differentes méthodes de calcul d'un indicateur unique**

La définition et le calcul de cet indicateur de dépendance énergétique se heurtent à un certain nombre de critiques, présentées ci-dessous :

- a) La première et la plus importante est le fait de considérer la production d'électricité d'origine nucléaire comme « nationale » alors que l'uranium naturel, source de cette production d'énergie, est totalement importé. Dans la mesure où le taux d'indépendance est bien défini sur la base de quantités physiques des sources primaires, il serait normal de considérer les quantités d'énergie primaire correspondantes comme importées. Dans ce cas, le coefficient d'indépendance de la France serait de $(129 - 106,5) : 252,8 = 0,089$, soit 8,9 % et celui de l'Allemagne, par le même calcul, de 29,8 %.
- b) La seconde est que, même si l'on admet que la production nucléaire est « nationale », il serait logique de calculer le degré d'indépendance en termes de substitution à des importations de combustible fossile évitées du fait de cette production, en « équivalent gaz naturel », la centrale de référence étant à cycle combiné. D'autre part, il faut exclure de la production d'origine nucléaire celle qui est destinée à des exportations qui n'a aucun effet de substitution par rapport aux combustibles fossiles.

Avec cette méthode d'évaluation, on trouve que, pour la France, le taux d'indépendance est de l'ordre de 35 %.

- c) Enfin, on peut également évaluer la dépendance énergétique en calculant le taux de couverture des consommations en énergie finale. Sur la base des calculs présentés en 3.5 et en supposant que la production d'origine nucléaire est « nationale », on trouve un « taux d'indépendance » de 36 % pour l'Allemagne et de 28 % pour la France.

On voit que, selon la définition et la méthode de calcul, on obtient des résultats très différents pour un indicateur unique de dépendance énergétique. Le calcul des parts relatives de la production nationale et des importations dans la consommation d'énergie, soit par le taux de couverture des besoins en énergie primaire, selon une règle réaliste de substitution (35 %), soit par le taux de couverture des besoins en énergie finale (28 %) donne une image globale de la situation énergétique française vis-à-vis de sa dépendance extérieure plus réaliste que le taux officiel de 51 %, même en supposant que la production d'origine nucléaire est « nationale ».

• **Une appréciation multicritères : la sécurité énergétique¹⁸**

L'utilisation d'un indicateur unique est beaucoup trop simplificatrice pour être satisfaisante et l'appréciation de la dépendance doit être plus subtile, multicritères et relative à chaque source d'énergie.

Que ce soit par rapport à l'approvisionnement physique et aux ressources mondiales, à l'augmentation des prix d'importation, aux risques géopolitiques, la source d'énergie dont la dépendance est la plus porteuse de risques est le pétrole. Le secteur des transports est totalement dominé par les produits pétroliers (du fait de l'utilisation des voitures individuelles et des camions). Or nous avons vu que la consommation énergétique finale par habitant de produits pétroliers était plus élevée en France qu'en Allemagne. Les produits pétroliers représentent respectivement 37 % en Allemagne et 41 % en France de la consommation énergétique finale et sont pour les deux pays le premier poste de dépendance. Pour presque tous les pays européens, le pétrole est la première préoccupation de sécurité énergétique.

Un second type de « fragilité énergétique » concerne particulièrement la France : la production d'électricité dépend à 76 % de l'énergie nucléaire et d'un seul type de réacteurs (à eau ordinaire sous pression et uranium enrichi de la filière PWR), production qui représente à peu près la moitié de celle de l'Union Européenne. Bien que dépendant à 44 % du charbon (ce qui est nettement moins que 76 %), la production d'électricité en Allemagne est plus équilibrée, avec 23 % de nucléaire, 13 % de gaz et 18 % de renouvelables. De plus, comme on l'a vu, la part trop élevée du nucléaire au détriment des autres sources a pour conséquence, du fait des consommations de pointe causées notamment par le chauffage électrique, des importations importantes et très onéreuses en période de pointe.

A contrario, même si l'uranium est importé, quelquefois de pays que l'on peut estimer « à risques », la vulnérabilité à l'augmentation des prix de la matière première doit évidemment tenir compte, pour ce qui concerne la production d'électricité, de la part du coût du combustible dans le coût de production du kWh. Dans le cas de la production d'électricité d'origine nucléaire, et au prix actuel de l'uranium naturel, la part du coût de cette matière première représenterait entre 5 et 10 % du coût du kWh, ce qui est très favorable par rapport à une production d'origine

¹⁸ - La sécurité énergétique : Etude pour la Commissariat Général du Plan, B. Laponche, H. Stéphan et Y. Marignac. Publiée par le Commissariat général du Plan : Rapport d'activités du « Club Energie, Prospective et Débats » - 2000.

charbon ou gaz naturel. C'est donc bien un facteur favorable par rapport à l'augmentation des prix. Reste à savoir quelle sera l'augmentation des prix de l'uranium naturel dans l'avenir.

Les énergies renouvelables sont évidemment un facteur de sécurité énergétique et l'Allemagne, malgré une production hydraulique beaucoup plus faible que celle de la France, la dépasse largement dans ce domaine avec une production totale de 108 TWh contre 76 TWh pour la France.

Enfin, la réduction des consommations totales d'énergie est le premier facteur de sécurité énergétique puisqu'elle entraîne de facto la réduction des importations d'énergie. Si les deux pays ont connu une baisse significative de leurs intensités énergétiques primaire et finale, il est certain qu'un effort beaucoup plus important est nécessaire chez l'un comme chez l'autre en matière de sobriété et d'efficacité énergétique.

4. Les émissions de gaz à effet de serre

Ce chapitre présente les émissions de gaz carbonique (CO_2) et de méthane (CH_4) qui sont les deux principaux gaz à effet de serre en termes d'influence sur les changements climatiques et qui sont importants vis-à-vis des questions énergétiques.

Avant de présenter les données détaillées sur les émissions de ces deux gaz, il est intéressant de rappeler que les émissions totales agrégées des gaz à effet de serre pris en compte par le protocole de Kyoto ont diminué de 6,1 % entre 1990 et 2008 en France et de 22,2 % en Allemagne¹⁹.

4.1 Gaz carbonique (CO_2)

Émissions totales

Les émissions totales de CO_2 proviennent au premier chef de la combustion des combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel) pour des usages énergétiques. Viennent ensuite, comme sources d'émissions, les procédés industriels, les déchets et l'utilisation des solvants²⁰.

Remarque importante

Les émissions de CO_2 prises en compte dans les bilans nationaux ne tiennent compte ni des émissions engendrées par la fabrication et le transport des produits importés d'autres pays, ni non plus de celles correspondant aux produits exportés par le pays considéré. L'INSEE²¹ a montré que, dans un pays comme la France, en 2005, la contribution totale de ce bilan import-export de produits atteignait environ 140 millions de tonnes de CO_2 qui venaient s'ajouter au bilan d'émission nationale. Nous ne disposons malheureusement pas de données équivalentes pour l'Allemagne et ne pouvons donc pas présenter de comparaison globale entre les deux pays tenant compte du bilan des importations et exportations. Il est cependant très probable que la prise en compte de ce bilan import-export des émissions conduirait à une révision non négligeable des jugements provisoires présentés ci-dessous.

Le tableau ci-dessous montre que, sur l'exemple de l'année 2007, les émissions dues à la combustion sont très majoritaires, que celles des procédés industriels ne sont pas négligeables et que, par contre, celles liées aux déchets et à l'utilisation des solvants sont très faibles.

Composantes des émissions de CO_2

2007	Allemagne		France	
	Mt CO_2	%	Mt CO_2	%
Total	823,5	100	379,8	100
Combustion	768,5	93,3	355,1	93,5
Procédés industriels	52,84	6,4	21,9	5,8
Déchets		0	1,5	0,4
Solvants	2,1	0,3	1,3	0,3

La base de données ENERDATA fournit les valeurs des émissions dues à la combustion jusqu'en 2009, mais seulement jusqu'en 2007 pour les autres émissions. Pour cette raison, les émissions totales exactes ne sont comparabilisées que jusqu'en 2007.

Les figures et tableaux suivants fournissent les valeurs des composantes essentielles, combustion et procédés, en valeurs annuelles aux bornes de la période 1991-2009, ainsi que leur évolution sur la période, en valeurs par habitant et par unité de PIB.

19 - Source : CCNUCC, 2010 (n° 142 de « C'est dans l'air », bulletin du CITEPA, janvier 2010).

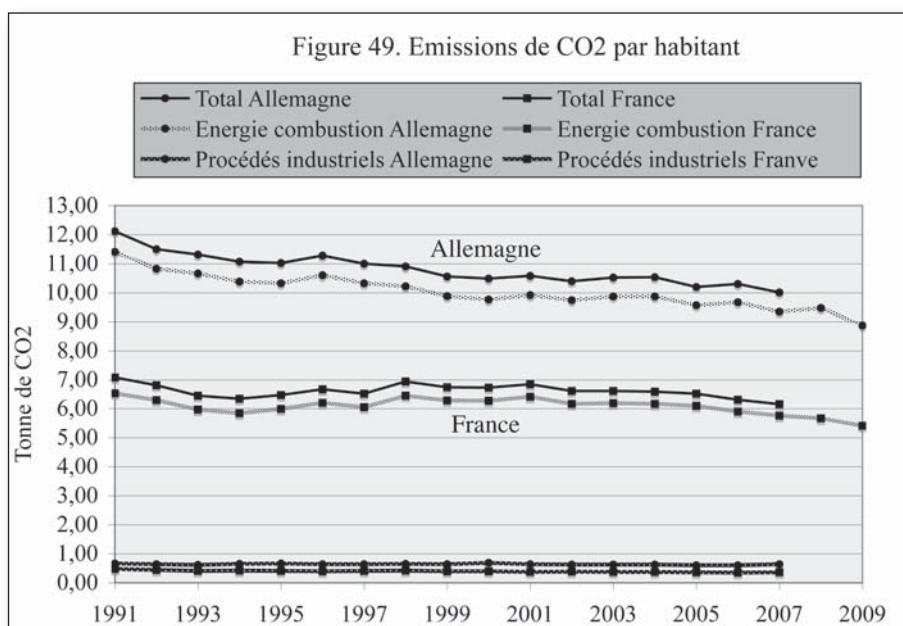
20 - Les émissions de CO_2 et leur variation, dues au changement d'affectation des sols, ne sont pas prises en compte.

21 - F Lenglart et al , Contenu en CO_2 de l'économie française, INSEE 2010.

Les principales sources d'émissions de CO₂,

MtCO ₂	1991	2007	2008	2009
Total Allemagne	912,8	823,5		
Total France	371,7	379,8		
Energie combustion Allemagne	912,8	768,5	778,1	727,1
Energie combustion France	371,7	355,1	351,9	337,6
Procédés industriels Allemagne	53,3	52,8		
Procédés industriels France	27,4	21,9		

tCO ₂ par habitant	1991	2007	2008	2009
Total Allemagne	12,12	10,01		
Total France	7,08	6,16		
Energie combustion Allemagne	11,41	9,34	9,47	8,86
Energie combustion France	6,52	5,76	5,67	5,41
Procédés industriels Allemagne	0,67	0,64		
Procédés industriels France	0,48	0,35		

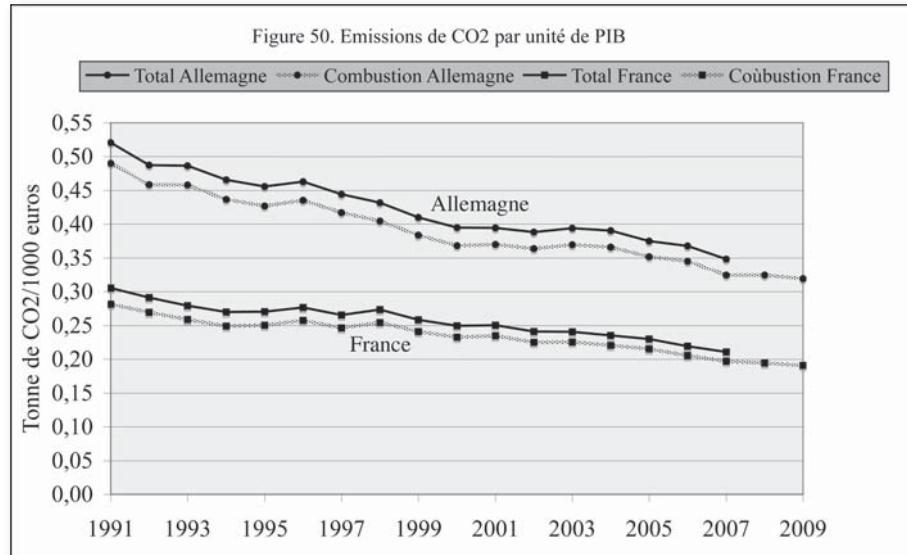


- a) On constate que les émissions par combustion représentent environ 93 % des émissions de CO₂ en 1997 dans les deux pays et sont donc de loin les plus importantes. Les émissions par habitant des procédés industriels sont, en Allemagne, presque le double de celles de la France²².
- b) Les émissions de l'Allemagne sont très supérieures à celles de la France, avec cependant une réduction sur la période du facteur entre les valeurs relevées pour l'Allemagne et la France :
 - Pour les émissions totales : de 2,40 (Allemagne/France) en 1991 à 2,17 en 2007.
 - Pour les émissions totales par habitant : de 1,71 en 1991 à 1,63 en 2007.
 - Pour les émissions de combustion : de 2,46 en 1991 à 2,15 en 2009.
 - Pour les émissions de combustion par habitant : de 1,75 en 1991 à 1,64 en 2009.
- c) Sur la période 1991-2007, les émissions totales ont diminué de 15 % en Allemagne et de 6 % en France. Sur la période 1991-2009, les émissions de combustion ont diminué de 20 % en Allemagne et de 4 % en France
Les mêmes émissions, par habitant, ont diminué respectivement, sur les mêmes périodes, de 17 % en Allemagne et 13 % en France pour les émissions totales et de 22 % en Allemagne et de 13 % en France pour les émissions de combustion.

22 - Les émissions des procédés industriels sont prises en compte dans l'analyse des émissions sectorielles en 4.1.3.

La figure et le tableau suivants indiquent les valeurs aux bornes des périodes ainsi que l'évolution des émissions de CO₂ par unité de PIB pour les émissions totales et les émissions de combustion.

tCO ₂ par 1000 euros de PIB	1991	2007	2008	2009
Total Allemagne	0,521	0,348		
Combustion Allemagne	0,490	0,325	0,325	0,319
Total France	0,306	0,211		
Combustion France	0,282	0,197	0,194	0,191



- a) L'évolution des émissions par unité de PIB est très semblable à celle des émissions par habitant.
- b) Le rapport Allemagne/France diminue de 1,70 en 1991 à 1,65 en 2007 pour les émissions totales et de 1,74 à 1,67 pour les émissions de combustion.
- c) Les émissions totales rapportées au PIB diminuent de 33 % pour l'Allemagne et de 31 % pour la France sur la période 1991-2007 et les émissions de combustion de 34 % pour l'Allemagne et 32 % pour la France sur la période 1991-2009.

• **Émissions de combustion par produit énergétique**

Émissions totales

Emissions de CO₂ par combustible fossile

MtCO ₂	Pétrole		Charbon		Gaz		Total	
	1991	2009	1991	2009	1991	2009	1991	2009
Allemagne	336	263	447	292	129	172	913	727
Part (%)	37	36	49	40	14	24	100	100
France	231	210	78	43	63	85	372	338
Part (%)	62	62	21	13	17	25	100	100

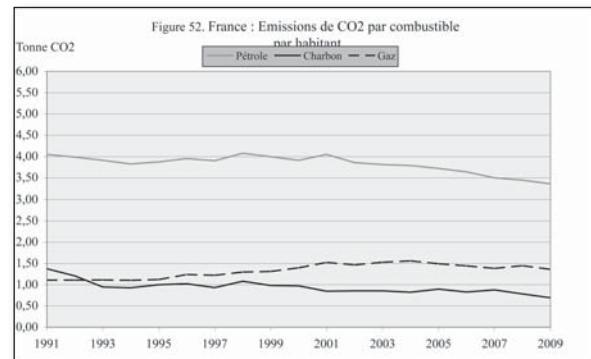
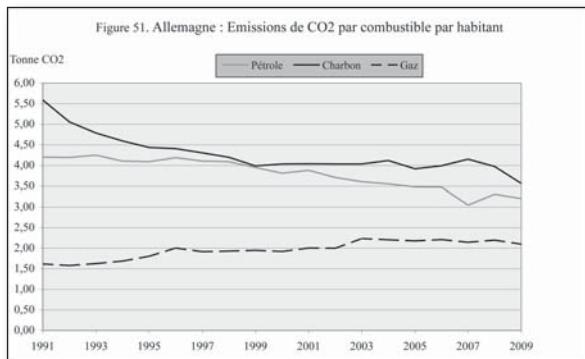
On retrouve bien le poids très important du charbon dans les émissions de l'Allemagne, plus accentué que dans la consommation primaire. A noter cependant que les émissions « charbon » ont fortement diminué en Allemagne entre 1991 et 2009 (-35 %). Les émissions « pétrole » ont également diminué de façon importante en Allemagne (22 %), nettement plus qu'en France (9 %). Les émissions « gaz » ont augmenté de la même proportion en Allemagne 33 %) et en France (35 %).

Emissions par habitant

Le tableau suivant montre que la différence entre les émissions totales par habitant (3,45 tCO₂) provient essentiellement du charbon (2,97 tCO₂). Les émissions « gaz » sont plus élevées en Allemagne de 0,74 tCO₂, tandis qu'elles sont légèrement plus élevées en France pour le pétrole (+0,14 tCO₂).

Tonne CO2	Pétrole		Charbon		Gaz		Total	
	1991	2009	1991	2009	1991	2009	1991	2009
Allemagne	4,20	3,21	5,59	3,56	1,62	2,10	11,41	8,86
France	4,05	3,36	1,37	0,69	1,11	1,36	6,52	5,41

Les courbes d'évolution des émissions par habitant et par produit montrent la diminution forte des émissions « charbon » durant la décennie 90, suivie par une stabilisation dans les années 2000 avec la chute brusque en 2008 et 2009 du fait de la crise économique. Le plus intéressant est la décroissance régulière sur l'ensemble de la période des émissions « pétrole », nettement plus accentuée en Allemagne qu'en France. Les émissions « gaz » augmentent également dans les deux pays sur la même période, les valeurs absolues restant nettement supérieures en Allemagne.



• Émissions par secteur d'activités

Émissions par grand secteur

Les émissions de CO₂ liées aux différentes activités économiques et sociales sont comptées de deux façons : les émissions directes et les émissions indirectes.

Les émissions directes sont celles des activités elles-mêmes et, dans ce cas, on distingue les émissions des secteurs d'activités finals (industrie, transports, résidentiel, tertiaire, agriculture) et celles du secteur de l'énergie (mines, raffineries, production d'électricité ou de chaleur de réseau...).

Les émissions indirectes par secteurs d'activités finals sont calculées en attribuant à chaque secteur d'activité final les émissions des activités du secteur énergétique qui assurent la fourniture des produits énergétiques finals consommés par chacun (essentiellement l'électricité).

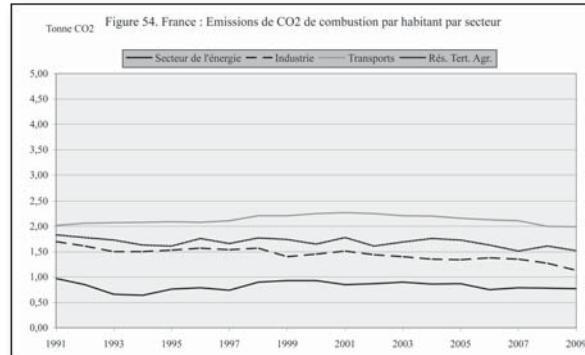
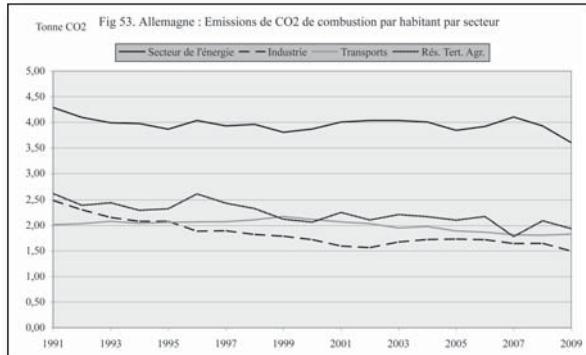
Les tableaux suivants indiquent pour les deux pays les valeurs des émissions de combustion aux bornes de la période 1991-2009.

Emissions directes de CO₂ de combustion par grand secteur

Totales	Allemagne				France			
	MtCO2	1991	2009	1991-2009	Ecart (%)	1991	2009	1991-2009
Sect Energie	343,1	295,4	47,7	13,9	55,1	48,1	7	12,7
Industrie	198,9	122,9	75,9	38,2	96,8	70,5	26,3	27,2
Transports	161,2	150,1	11,0	6,8	115,3	124	-8,7	-7,5
Rés Tert Agr	209,6	158,6	51,0	24,3	104,5	95	9,5	9,1
Total	912,8	727,1	185,7	20,3	371,7	337,6	34,1	9,2
Par habitant	Allemagne				France			
tCO2	1991	2009	1991-2009		1991	2009	1991-2009	
Sect Energie	4,3	3,6	0,7	0,97	0,77	0,2		
Industrie	2,5	1,5	1,0	1,7	1,13	0,57		
Transports	2,0	1,8	0,2	2,02	1,99	0,03		
Rés Tert Agr	2,6	1,9	0,7	1,83	1,52	0,31		
Total	11,4	8,9	2,5	6,52	5,41	1,11		

La figure suivante montre les évolutions des émissions de combustion totales, directes et indirectes de CO₂ par grands secteurs d'activités pour chaque pays. En ce qui concerne l'industrie, les émissions totales seront obtenues

en ajoutant les émissions des procédés industriels (voir paragraphe suivant). On ne tient pas compte ici des émissions très faibles des déchets et de l'utilisation des solvants.



La différence la plus frappante entre les deux pays saute aux yeux : en Allemagne, le secteur de l'énergie est de loin le premier émetteur de CO₂, tandis qu'en France ses émissions sont les plus faibles. Cela provient de la dominante fossile et surtout charbon de la production d'électricité en Allemagne tandis que la production d'origine nucléaire, très faible émettrice de CO₂, explique ce faible niveau en France.

On note toutefois que les émissions du secteur énergétique de l'Allemagne ont diminué de 14 % sur la période 1991-2009.

Dans les secteurs d'activité finals, les valeurs sont beaucoup moins éloignées avec cependant un certain nombre de différences :

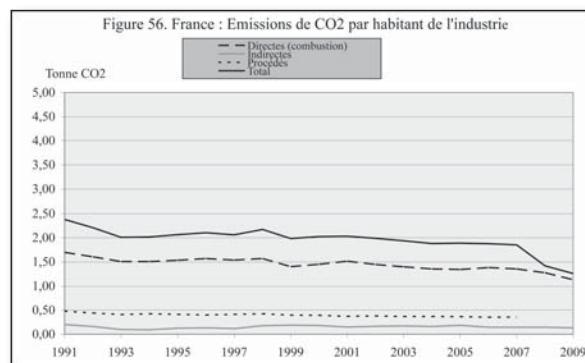
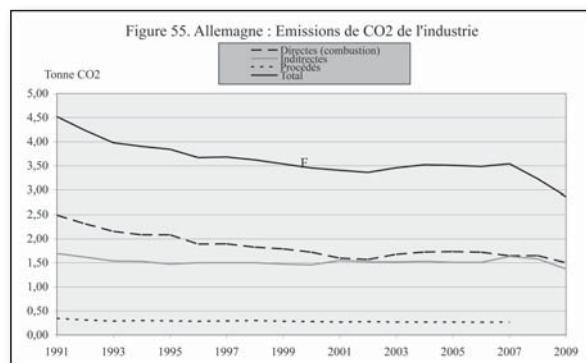
- a) Les émissions directes de l'industrie ont diminué de façon notable dans les deux pays, plus en Allemagne (38 %) qu'en France (27 %). En valeur par habitant, elles restent supérieures en Allemagne (1,5 tCO₂ contre 1,13 en France) mais on a vu que l'activité industrielle était beaucoup plus élevée en Allemagne qu'en France.
- b) Les émissions directes des transports, inférieures par habitant en Allemagne en 2009 (-10 % par rapport à la France), ont diminué de 7 % en Allemagne sur la période 1991-2009 alors qu'elles ont augmenté en France de 7,5 % sur la même période.
- c) Les émissions directes de l'ensemble résidentiel, tertiaire et agriculture ont diminué sur la période de 24 % en Allemagne et de 9 % en France, mais, en valeur absolue et par habitant, elles sont supérieures en Allemagne en 2009 : 1,9 tCO₂ contre 1,52 en France.

• Émissions de l'industrie

Émissions par habitant

Les émissions directes de l'industrie allemande ont diminué de 38 % entre 1991 et 2009 contre 28 % pour l'industrie française. A l'inverse, les émissions indirectes de l'industrie allemande n'ont diminué que de 17 % au cours de la même période contre 28 % en France (principalement du fait de l'électricité nucléaire).

Globalement, l'industrie allemande a amélioré sa performance CO₂ de 19 % et la France de 16%



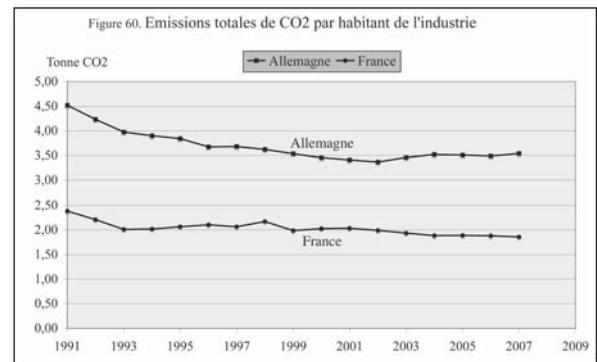
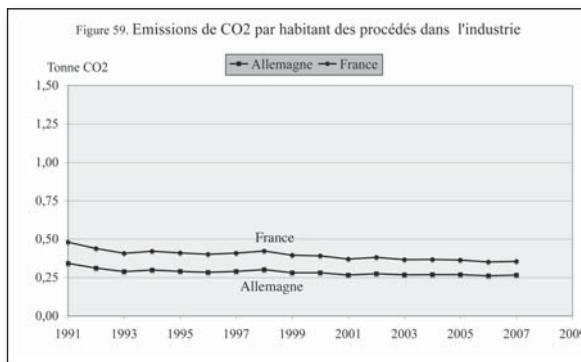
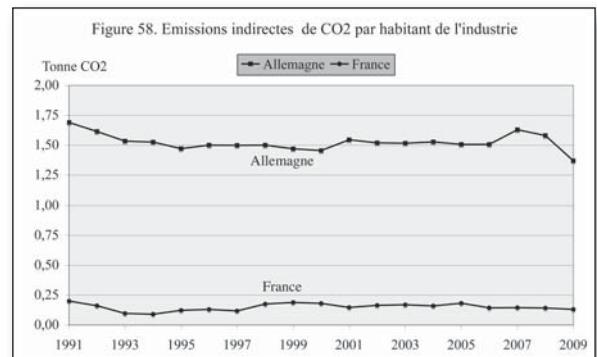
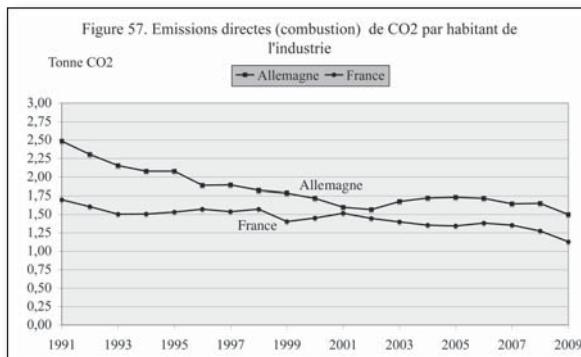
Emissions de CO2 de l'industrie										
Totales	Allemagne					France				
MtCO2	1991	2007	2009	1991-2009	Ecart (%)	1991	2007	2009	1991-2009	Ecart (%)
Directes	198,9	135,3	122,9	75,9	38,2	96,8	83,5	70,5	26,3	27,2
Indirectes	135,3	134,1	112,3	23,0	17,0	11,4	9,0	8,2	3,2	28,2
Procédés	27,4	21,9		5,5		27,4	21,9			
Totales	361,6	291,2				135,5	114,4			

Emissions de CO2 par habitant de l'industrie

Par habitant	Allemagne				France			
tCO2	1991	2007	2009	1991-2009	1991	2007	2009	1991-2009
Directes	2,49	1,64	1,50	1,0	1,70	1,35	1,129	0,6
Indirectes	1,69	1,63	1,37	0,3	0,20	0,15	0,131	0,1
Procédés	0,34	0,27			0,48	0,35		
Totales	4,52	3,54			2,38	1,85		

Émissions par unité de valeur ajoutée

Les émissions totales de CO₂ par unité de valeur ajoutée industrielle ont baissé sensiblement au cours de la période 1991-2009 dans les deux pays, respectivement de 27 % en Allemagne et 30 % en France, et restent nettement plus basses en France en 2007, à 0,32 tCO₂ / 1 000 euro contre 0,45 tCO₂/1 000 euros en Allemagne.

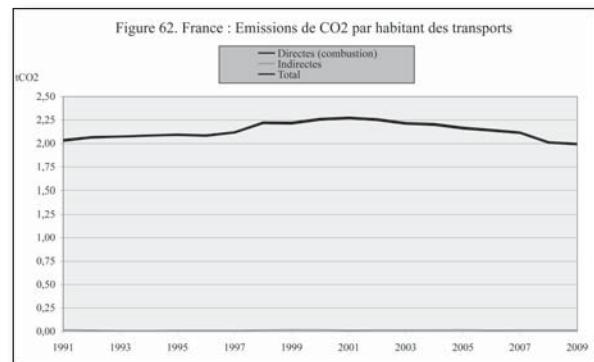
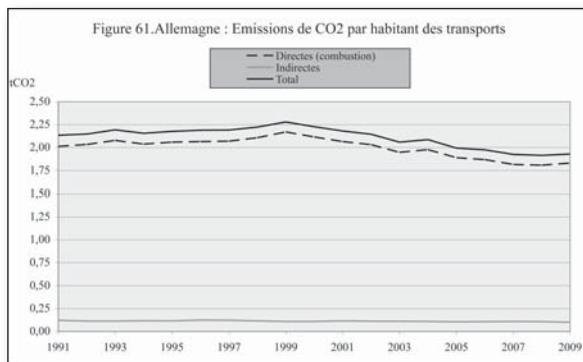


Émissions des Transports

Emissions de CO2 des transports

Totales	Allemagne				France				
	MtCO2	1991	2009	1991-2009	Ecart (%)	1991	2009	1991-2009	Ecart (%)
Directes	161,2	150,1		11,0	6,8	115,3	124,0	-8,7	-7,6
Indirectes	9,7	8,2		1,4	15,0	0,9	0,8	0,1	6,7
Totales	170,8								

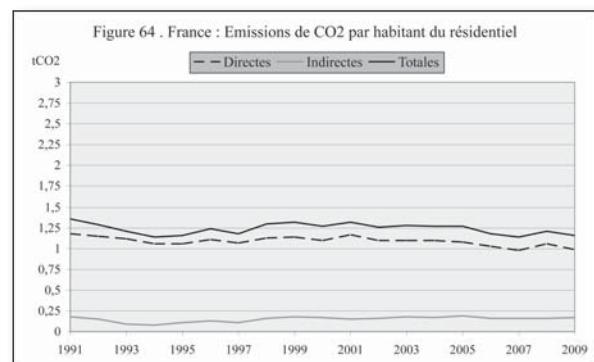
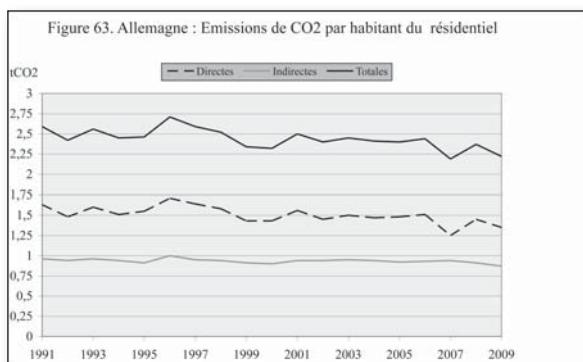
Par habitant	Allemagne				France			
	tCO2	1991	2009	1991-2009	1991	2009	1991-2009	
Directes		2,01	1,83	0,18		2,02	1,99	0,04
Indirectes		0,12	0,10	0,02		0,02	0,01	0,00
Totales		2,13	1,93	0,20		2,04	2,00	0,04



Pour la France, la courbe des émissions directes se confond avec celle du total des émissions.

Les émissions par habitant des transports ont diminué plus rapidement en Allemagne qu'en France. Alors qu'elles étaient 4 % plus fortes que celle des Français en 1991 elles sont 4 % inférieures en 2009.

Émissions du Résidentiel



Emissions de CO2 du secteur résidentiel								
Totales	Allemagne				France			
	MtCO2	1991	2009	1991-2009	Ecart (%)	1991	2009	1991-2009
Directes	130,2	110,8	19,5	14,9	67,3	61,9	5,4	8,0
Indirectes	77,0	71,2	5,8	7,5	10,4	10,4	0,0	0,1
Totales	207,3	182,0	25,3	12,2	77,7	72,3	5,4	7,0

Emissions de CO2 par habitant du secteur résidentiel

	Allemagne			France		
tCO2	1991	2009	1991-2009	1991	2009	1991-2009
Directes	1,63	1,35	0,28	1,18	0,99	0,19
Indirectes	0,96	0,87	0,09	0,18	0,17	0,01
Totales	2,59	2,22	0,37	1,36	1,16	0,20

En Allemagne et en France, les émissions de CO₂ par habitant du secteur résidentiel ont décrue au cours de la période (de 14 % en Allemagne et de 8 % en France), celles de la France restant très inférieures à celles de l'Allemagne.

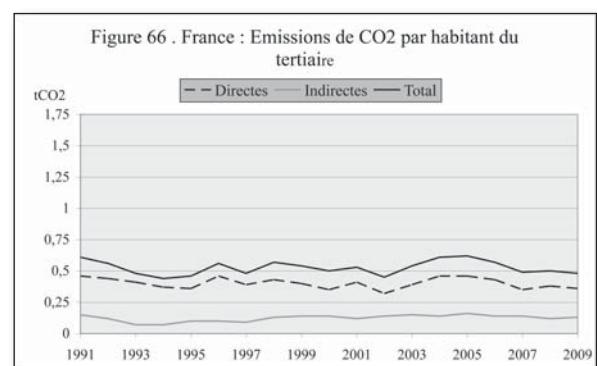
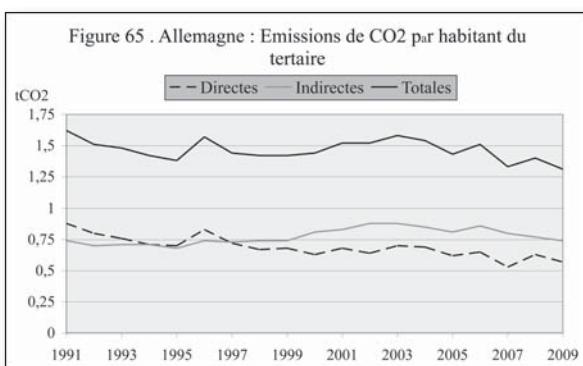
Émissions du Tertiaire

Emissions de CO2 totales du secteur tertiaire

	Allemagne				France			
MtCO2	1991	2009	1991-2009	Ecart (%)	1991	2009	1991-2009	Ecart (%)
Directes	70,5	47,1	23,3	33,1	26,2	22,3	3,9	15,0
Indirectes	59,3	60,6	-1,3	-2,2	8,4	7,9	0,4	4,9
Totales	129,8	107,7	22,0	17,0	34,6	30,2	4,3	12,6

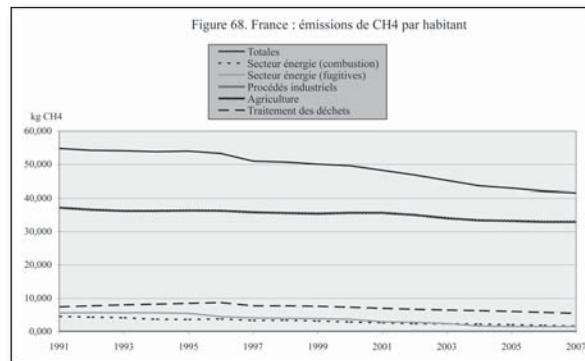
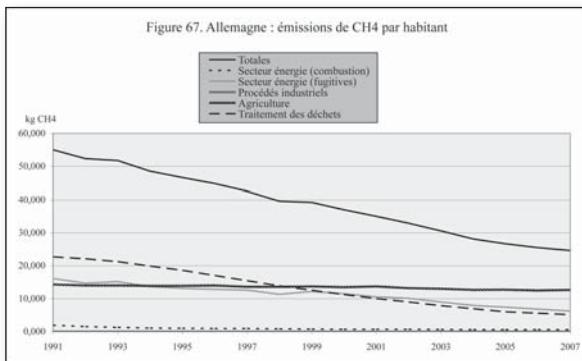
Emissions de CO2 par habitant du secteur tertiaire

	Allemagne				France		
tCO2	1991	2009	1991-2009		1991	2009	1991-2009
Directes	0,88	0,57	0,31		0,46	0,36	0,10
Indirectes	0,74	0,74	0,00		0,15	0,13	0,02
Totales	1,62	1,31	0,31		0,61	0,48	0,13



4.2 Méthane (CH₄)

Les émissions de méthane de la France et de l'Allemagne proviennent principalement de quatre secteurs : le secteur de l'énergie (combustion et fuites des systèmes énergétiques), l'agriculture, le traitement des déchets et les procédés industriels.



Les évolutions des émissions totales de CH₄ dans les deux pays sont très contrastées : les émissions allemandes, supérieures de 40 % aux émissions françaises en 1991 (4 404 kt contre 3 121) sont, en 2007, 27 % inférieures aux émissions françaises (2 026 kt contre 2 566). Pendant que les émissions françaises diminuaient de 22 % les émissions allemandes de méthane chutaient d'un facteur 2,17.

La comparaison sectorielle permet de mieux comprendre ce contraste important d'évolution des émissions.

En Allemagne, le secteur le plus émetteur au début des années 90 était celui des ordures ménagères (1,8 MtCO₂). Mais le pays a engagé une vaste politique de réduction des émissions de méthane de ce secteur dès le début des années 90 (couverture de décharges, méthanisation contrôlée, etc.) qui a montré son efficacité puisque les émissions du secteur ont été divisées par un facteur 4,3 au cours de la période 1991-2007 (10 %/an). Le second poste allemand concernait les émissions fugitives des systèmes énergétiques, principalement liées dans ce pays aux fuites de méthane des mines de charbon et de lignite. La fermeture de nombreuses mines et la récupération du méthane ont permis une diminution également très sensible des émissions de ce secteur, de 1 290 kt à 515 ktCO₂.

En France, les émissions du secteur agricole qui représentaient en 1991 les 2/3 des émissions totales n'ont connu qu'une faible décroissance, de l'ordre de 4 %, au cours de la période (contre 9 % en Allemagne). Le niveau des émissions du second secteur le plus important, le secteur des ordures ménagères (423 kt), beaucoup moins significatif que son équivalent allemand (1 815), n'a connu qu'une diminution lente de ses émissions sur la période (1 % par an).

Emissions de CH₄

Totales	Allemagne			France					
	ktCH4	1991	2007	1991-2007	Ecart (%)	1991	2007	1991-2007	Ecart (%)
Totales	4403,3	2026,3	2377,0	54,0	54,0	3121,5	2565,8	555,8	17,8
Secteur énergie (combustion)	155,0	48,5	106,5	68,7	68,7	259,4	102,6	156,8	60,4
Secteur énergie (fugitives)	1290,5	515,8	774,7	60,0	60,0	319,2	91,8	227,4	71,2
Procédés industriels	0,2	0,1	0,0	26,9	26,9	0,2	0,1	0,1	51,4
Agriculture	1142,4	1039,9	102,4	9,0	9,0	2120,0	2031,6	88,4	4,2
Traitement déchets	1815,2	421,9	1393,3	76,8	76,8	422,7	339,6	83,1	19,7

Par habitant	Allemagne			France		
	kgCH4	1991	2007	1991-2007	1991	2007
Totales	55,032	24,631	30,401	54,785	41,580	13,205
Secteur énergie (combustion)	1,937	0,589	1,348	4,552	1,663	2,889
Secteur énergie (fugitives)	16,129	6,270	9,859	5,602	1,488	4,114
Procédés industriels	0,002	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002
Agriculture	14,277	12,641	1,636	37,208	32,923	4,284
Traitement déchets	22,686	5,129	17,558	7,419	5,504	1,915

Le contraste d'évolution des deux pays est encore plus élevé en ce qui concerne les émissions de méthane par habitant et par an. Alors que ces émissions par habitant étaient du même ordre dans les deux pays en 1991 (55 kg/habitant) elles sont en 2007 près de 40 % plus faibles en Allemagne qu'en France (30,4 kg contre 41,5 kg).

Le dernier tableau montre l'évolution des émissions de méthane des deux pays en équivalent CO₂ à 100 ans (GWP = 21) et à 20 ans (GWP = 72)

	Allemagne			France		
	1991	2007	1991-2007	1991	2007	1991-2007
T eqCO2 (100 ans)	1,16	0,52	0,64	1,15	0,87	0,28
T eqCO2 (20 ans)	3,96	1,77	2,19	3,94	2,99	0,95

Ce tableau montre l'importance des actions entreprises par l'Allemagne pour réduire ses émissions de méthane puisqu'elles se soldent par des conséquences analogues à une réduction des émissions de CO₂ de 0,64 tonne à l'horizon 2107 et de 2,19 tonnes à l'horizon 2020, non négligeables à ces deux horizons par rapport aux réductions réalisées sur le CO₂ (2,5 tonnes).

En France les réductions obtenues se soldent par des conséquences analogues à une réduction des émissions de CO₂ de 0,28 tonne à l'horizon 2117 et de 0,95 tonne à l'horizon 2027 contre 1,1 tonne de réduction du CO₂ du système énergétique (25 à 85 % selon l'horizon).

5. Les déchets nucléaires

5.1 Les politiques nucléaires

Le développement de la production d'électricité d'origine nucléaire en Allemagne et en France s'est effectué de façon très différente.

A l'instar du Royaume-Uni, la France a développé simultanément dès les années 1950 un puissant programme nucléaire à des fins militaires : capacités industrielles d'enrichissement de l'uranium et de production de plutonium par le retraitement des combustibles irradiés, réacteurs nucléaires à uranium naturel graphite gaz (la filière UNGG de « première génération »). C'est cette filière qui a été développée pour les premières centrales nucléaires productrices d'électricité dans les années 1960. Parallèlement, la production de plutonium s'orientait vers son utilisation dans les surgénérateurs (centrale Superphenix arrêtée définitivement en 1998 et en cours de démantèlement). C'est au début des années 1970 que la filière UNGG fut abandonnée au profit de centrales équipées de réacteurs à uranium enrichi et eau ordinaire sous pression (filière REP ou PWR²³, sous licence Westinghouse, puis « francisée » par la suite), dite de « deuxième génération », dont le dernier « palier » est le réacteur EPR²⁴). Afin de produire les combustibles nucléaires pour le programme massif lancé en 1974 (aujourd'hui 63 000 MW de puissance installée), les capacités d'enrichissement de l'uranium étaient considérablement augmentées, (usine du Tricastin) ainsi que, pour fournir le plutonium aux futurs surgénérateurs, il en était de même pour le retraitement des combustibles usés (usine de La Hague). L'activité d'extraction du minerai d'uranium en France a été abandonnée dans les années 70 au profit d'une politique active d'acquisition de concessions à l'étranger (Niger notamment).

L'Allemagne, interdite de programme nucléaire militaire depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, s'est dotée de puissants moyens de recherche et développement mais a opté directement, pour son programme électronucléaire lancé au début des années 1970, pour les réacteurs de la filière à uranium enrichi et eau ordinaire, également sous licence américaine au départ (avec deux sous filières : à eau pression, PWR et à eau bouillante, BWR²⁵). Les centrales actuellement en fonctionnement en Allemagne sont de ce type et la puissance installée est de 20 000 MW. En parallèle, des projets de surgénérateur ainsi que des projets de réacteurs dits « à haute température », HTR²⁶ ont été lancés, puis abandonnés. Notons que des centrales nucléaires ont été construites dans les années 1960-70 en Allemagne de l'Est, également à uranium enrichi et eau ordinaire mais de technologie soviétique (le combustible restant maîtrisé par l'URSS) mais elles ont été arrêtées définitivement dès la réunification pour des raisons de sûreté nucléaire et sont en cours de démantèlement.

L'Allemagne s'est dotée d'une capacité d'enrichissement de l'uranium (URENCO) mais ne s'est pas dotée de capacités industrielles de retraitement des combustibles irradiés. Après avoir également exploité ses propres ressources en minerai d'uranium (notamment en Allemagne de l'Est), elle a également abandonné cette activité sur son territoire, sans chercher d'ailleurs une maîtrise particulière de cette ressource au plan international.

23 - REP, PWR, BWR : Réacteur à eau sous pression ou Pressurized Water Reactor.

24 - EPR : European Pressurized Reactor.

25 - BWR : Boiling Water Reactor.

26 - HTR : High Temperatur Reactor.

En résumé, alors que la France a toujours cherché à développer une puissante industrie du combustible nucléaire (mines, enrichissement, retraitement), l'Allemagne s'est concentrée sur les centrales nucléaires (jusqu'au projet EPR, initialement franco-allemand, d'où sa dénomination).

L'événement majeur qui a marqué la divergence profonde entre les deux politiques nucléaires est, en 1998, la décision du gouvernement Schröder (coalition SPD Verts) de « sortie du nucléaire », impliquant qu'il n'y aurait plus de nouvelles constructions de centrales et que les centrales nucléaires devaient être définitivement arrêtées au bout de trente ans de fonctionnement (accord entre gouvernement et compagnies d'électricité en 2000). Si la décision de ne pas construire de nouvelles centrales nucléaires a été maintenue, un accord est intervenu en septembre 2010 entre le gouvernement Merkel (CDU FDP) et les industriels pour une extension de la durée de vie de huit ans des réacteurs construits avant 1980 et de douze ans des autres, moyennant le paiement de taxes importantes, utilisées notamment pour soutenir le développement des énergies renouvelables.

Concomitamment à la décision de 1998, l'envoi des combustibles irradiés pour retraitement en France a été arrêté et l'industrie allemande (Siemens) s'est retirée du projet EPR. Enfin en juin 2011, à la suite de la catastrophe de Fukushima, l'Allemagne a décidé d'une sortie définitive du nucléaire en 2022.

5.2 Accumulation de combustibles usés et de matières nucléaires

Les déchets radioactifs forment un ensemble de matières extrêmement hétérogènes dans leurs caractéristiques physiques et chimiques, dans les volumes qu'ils représentent, et dans leur niveau de dangerosité et son évolution dans le temps. La classification réglementaire et la comptabilité opérationnelle de ces déchets rencontrent ainsi d'importantes variations d'un pays à l'autre, rendant difficile, voire impossible, toute comparaison fine des situations. On peut néanmoins repérer des grandes catégories.

Il faut en premier lieu distinguer les matières nucléaires (l'uranium et le plutonium, composants des combustibles nucléaires) des autres déchets radioactifs.

Le tableau suivant propose un inventaire des quantités de combustibles usés (après irradiation en réacteur) entreposées en Allemagne et en France. Ces stocks sont exprimés en tonnes de métal lourd (tML), qui représentent un bon indicateur à la fois des quantités à gérer sur un plan opérationnel et des risques associés.

Combustibles irradiés (tonnes de métaux lourds)

2007	tML
Allemagne	5830
France	11711

La France retraite ses combustibles à La Hague pour en récupérer les matières nucléaires utilisables (qui, dans cette perspective, ne sont pas considérées comme un déchet) en les séparant des déchets ultimes accumulés dans le combustible au cours de son irradiation.

L'Allemagne a dans un premier temps envoyé ses combustibles irradiés en France pour traitement avant d'abandonner cette voie en 1998 pour revenir à l'entreposage direct des combustibles irradiés.

Pour être complet, le bilan des matières nucléaires entreposées doit également inclure le plutonium et l'uranium issus du retraitement, censés faire l'objet d'une réutilisation dans du nouveau combustible, mais dont les stocks augmentent continuellement faute d'une réutilisation effective suffisante. Les stocks d'uranium comprennent également l'uranium appauvri, qui s'accumule dans les pays exploitant les usines d'enrichissement de l'uranium. Les quantités entreposées s'élèvent ainsi 82 tML de plutonium et 260 000 tML d'uranium (dont 20 000 tML issues du retraitement) pour la France (respectivement fin avril 2007 et fin décembre 2005, toutes ces valeurs incluant la part étrangère).

Enfin, l'industrie de l'uranium génère également, au stade des mines d'uranium, des quantités très importantes de déchets sous forme de roches excavées non exploitées (stériles miniers) et surtout de résidus de traitement chimique du minerai d'uranium. L'Allemagne et la France ont exploité le minerai d'uranium dont les stériles s'accumulent en centaines de millions de tonnes, et les résidus en dizaines de millions de tonnes.

5.3 Accumulation de déchets radioactifs

Hors matières nucléaires, les déchets radioactifs issus de l'exploitation de l'énergie nucléaire sont produits aux différentes étapes industrielles, depuis la fabrication du combustible et son utilisation en réacteur, jusqu'à la gestion du combustible irradié, y compris les déchets de démantèlement des installations mises en jeu (dont l'essentiel reste donc à produire au-delà de la phase d'exploitation actuelle).

On distingue en général les grandes catégories de déchets radioactifs selon deux critères :

- le niveau d'activité : très faible et faible (FA), moyenne (MA), et haute (HA),

- la durée de vie, liée à la décroissance périodique de la radioactivité des éléments qu'ils contiennent, en distinguant des éléments à vie courte (VC) et à vie longue (VL) selon que leur radioactivité diminue de moitié en quelques dizaines d'années ou davantage.

Les tableaux suivants présentent les quantités accumulées en Allemagne et en France en fonction de ces catégories ainsi que du stade de gestion de ces déchets : conditionnés ou non, entreposés ou stockés. Ces quantités sont exprimées, faute d'un indicateur plus représentatif, en volumes. Les valeurs reproduites sont celles déclarées par les pays pour la base de données de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), qui présente ainsi la source la plus complète et la plus homogène.

Cumul des déchets de faible et moyenne activité à vie courte ou longue en Allemagne et en France (m³) en 2007

	Faible -moyenne activité vie courte (m ³)				Faible – moyenne activité vie longue (m ³)			
	Entreposé		Stocké		Entreposé		Stocké	
	Non traité	Traité	Non traité	Traité	Non traité	Traité	Non traité	Traité
Allemagne	26218	67215	0	33078	2913	7468	0	3675
France	0	226532	0	711692	0	92641	0	0

En France, tous les déchets à faible et moyenne activité à vie courte (FMAVC), d'un volume VII,5 fois plus important qu'en Allemagne, sont traités, alors qu'en Allemagne 20 % d'entre eux ne le sont pas.

En France, 76 % des déchets FMAVC sont définitivement stockés et 24 % entreposés. En Allemagne, c'est l'inverse puisque 74 % des déchets FMAVC, traités ou non, sont entreposés en attente de stockage définitif.

L'ensemble des déchets à faible et moyenne activité à vie longue français (FMAGL), 6,5 fois plus importants que les déchets allemands, sont traités et entreposés en attente de stockage définitif.

En Allemagne, 20 % des déchets FMAVL ne sont pas encore traités, mais 33 % de ceux qui font l'objet d'un stockage définitif.

Cumul des déchets haute activité en Allemagne et en France (m³) en 2007

	Haute activité (m ³)			
	Entreposé		Stocké	
	Non traité	Traité	Non traité	Traité
Allemagne	56	544	0	0
France	0	1851	0	0

Ni les déchets à haute activité allemands, dont 10 % ne sont pas traités, ni les déchets français de même type, 3,4 fois plus volumineux, ne sont stockés actuellement puisque aucune solution de stockage n'est opérationnelle aujourd'hui dans ces deux pays comme dans l'Union Européenne.

Le tableau suivant permet enfin de comparer les volumes de déchets des différentes catégories par habitant dans les deux pays :

Volume des différentes catégories de déchets par habitant en Allemagne et en France en 2007

Litres/habitant	FMAVC	FMAVL	HA
Allemagne	1,5	0,17	0,007
France	15,0	1,48	0,030

La France cumule 10 fois plus de déchets de faible et moyenne activité à vie courte par habitant que l'Allemagne, 9 fois plus de déchets de faible et moyenne activité à vie longue et 4 fois plus de déchets à haute activité.

Des politiques énergétiques contrastées

Efficacité énergétique : convergences et différences des politiques françaises et allemandes

Loïc Chappoz (Iddri)

Malgré des niveaux de richesse par habitant comparables, la France et l'Allemagne ont réagi très différemment à la crise financière. Cela a déclenché une vague de comparaisons sur les politiques économiques des deux pays, laissant de côté les politiques énergétiques. La décision allemande d'accélérer sa sortie du nucléaire, suite à l'accident de Fukushima en mars 2011, a remis cette problématique sur le devant de la scène. Dans un contexte où les énergies fossiles ne peuvent pas seules assurer le relais du nucléaire pour des questions climatiques, et où certains contestent la faisabilité d'une production électrique reposant principalement sur les renouvelables, la réduction des consommations d'énergie par des politiques d'efficacité énergétique pourrait permettre à l'Allemagne de fermer ses centrales nucléaires selon le plan adopté en juin 2011, mais aussi donner à la France un réel choix quant à ses futurs modes de production d'électricité.

L'Union Européenne définit l'efficacité énergétique comme « le rapport entre les résultats, le service, la marchandise ou l'énergie que l'on obtient et l'énergie consacrée à cet effet » (Directive 2006/32/CE). Améliorer l'efficacité énergétique d'une économie ne signifie donc pas nécessairement diminuer la quantité totale d'énergie consommée. En effet, l'augmentation des besoins énergétiques générés par la croissance du PIB d'un pays dépasse bien souvent les économies réalisées grâce à l'efficacité énergétique.

1. Les chocs pétroliers, déclencheurs des politiques d'efficacité énergétique

En France comme en Allemagne, les premières mesures d'économie d'énergie remontent aux années 1970 en réaction au choc pétrolier de 1973 qui force les deux pays à réduire leur dépendance vis-à-vis de cette énergie jusqu'alors bon marché. France et Allemagne engagent alors une diversification de leurs productions énergétiques, notamment par le développement de l'énergie nucléaire, mais la solution la plus efficace à court terme pour limiter l'impact de l'envolée des cours du pétrole sur l'économie reste de limiter la consommation d'énergie.

1.1 Les agences de l'énergie

L'Agence pour les économies d'énergie (AEE), première agence de l'énergie non seulement en France mais aussi en Europe, voit le jour en 1974 et verra ses moyens d'actions renforcés après le second choc pétrolier de 1979. Outre la promotion des économies d'énergie, l'AEE a pour but le conseil aux consommateurs et la promotion de l'innovation. En 1982, le discours officiel français s'affine avec la création de l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie (AFME¹) dont le but n'est plus seulement les économies d'énergie mais plus largement la maîtrise de l'énergie, l'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables. L'agence crée des délégations dans chaque région de France et met en œuvre d'importants programmes de soutien aux investissements tels que le Fond spécial de grands travaux.

En Allemagne, la Dena² ne voit le jour qu'en 2000, mais cette problématique a été prise en compte par les Länder dès le premier choc pétrolier avec la création de nombreuses agences de l'énergie comme par exemple dans le Land de Berlin ou de Bade-Wurtemberg.

1 -L'AFME absorbe entre autres l'AEE et le Commissariat à l'énergie solaire (COMES).

2 - Dena : Deutsche Energie-Agentur GmbH (Agence allemande de l'énergie).

1.2 Le retour du pétrole bon marché : coup d'arrêt provisoire pour l'efficacité énergétique

D'après une étude réalisée en 1989³, les politiques menées par la France à partir de 1974 donnent des résultats concrets. Mais à la fin de l'année 1985, les cours du pétrole s'effondrent⁴. Cette situation est perçue comme un retour à la normale et se traduit par un véritable coup d'arrêt des politiques mises en place depuis 1974. Les consommations d'énergie repartent à la hausse notamment dans les secteurs des transports et du bâtiment (Laponche, 2002). En 1989, les cours du pétrole entament une nouvelle hausse, qui se poursuivra sous l'effet de la première guerre du golfe en 1990. Ce renchérissement de l'énergie coïncide avec la montée en puissance des préoccupations environnementales avec le Sommet de la Terre de Rio de Janeiro de 1992 et la signature du protocole de Kyoto en 1997.

La réunification allemande, intervenue en 1990, a certainement eu des conséquences sur les politiques d'efficacité énergétique du pays et sur leurs résultats. Mais l'absence de données statistiques avant 1990 et la non-discrimination entre les anciens blocs dans les évaluations des mesures ne permet pas de tirer de conclusions étayées sur ce point.

Les politiques d'efficacité énergétique trouvent leur origine dans les chocs pétroliers des années 1970 et la baisse des cours du pétrole en 1985 marque un coup d'arrêt pour l'efficacité énergétique qui durera quatre ans. A l'inverse de la France qui mène une politique centralisée, l'Allemagne bâtit une politique décentralisée qui s'appuie sur les Länder. Après s'être intéressée exclusivement à l'efficacité des produits, l'Union Européenne fixe progressivement des objectifs communautaires et nationaux.

1.3 Cadres européen et nationaux actuels

L'action de l'Union Européenne en matière d'efficacité énergétique s'est initialement focalisée sur l'efficacité des produits avec des directives portant sur les consommations des appareils électroménagers et leur étiquetage, le rendement des chaudières ou les consommations des voitures neuves particulières⁵. En 2002, la directive sur la performance énergétique des bâtiments instaure des normes minimales de performance énergétique des bâtiments neufs et anciens. La directive relative à l'efficacité énergétique dans les utilisations finales et aux services énergétiques (2006/32/CE) impose aux États membres d'établir un premier Plan d'action en matière d'efficacité énergétique (PAEE) en 2006, un second en 2011 et un troisième en 2014. L'objectif fixé par la directive à chaque pays membre est de réaliser à l'horizon 2016 une quantité d'économies d'énergie sur la consommation finale⁶ égale à 9 % de cette consommation finale moyenne annuelle pour la période 2000-2005. Les ambitions européennes ont enfin été réaffirmées dans le paquet énergie climat dit « les trois fois 20 % ». Pour ce qui est de l'efficacité énergétique l'objectif, non contraignant, est une réduction de la consommation d'énergie primaire de 20 % par rapport au scénario tendanciel, en cohérence avec les évaluations du livre vert (Décision N° 406 2009/CE).

L'objectif allemand d'amélioration de l'efficacité énergétique découle directement de la directive sur l'efficacité énergétique, mais il est englobé dans le Concept énergétique allemand qui vise à réduire la consommation d'énergie primaire de 20 % en 2020 et de 50 % en 2050 par rapport à 2008⁷. Les objectifs français sont, quant à eux, complétés par la loi Popé⁸ qui précise : « le premier acte de la politique énergétique est de maîtriser la demande d'énergie afin de porter le rythme annuel de baisse de l'intensité énergétique finale à 2 % d'ici 2015 et à 2,5 % d'ici à 2030 ».

2. De fortes disparités de traitement entre les différents secteurs de l'économie

2.1. Certains secteurs semblent faire l'objet de plus d'attention

La base de données Mesures d'Utilisation Rationnelle de l'Énergie (MURE) de l'Union Européenne recense les mesures d'efficacité énergétique des États membres et fournit pour chaque mesure une fiche descriptive ainsi qu'un résumé des évaluations ex ante et ex post éventuellement menées⁹. Les mesures sont répertoriées selon quatre grands secteurs : résidentiel, tertiaire, industrie et transport¹⁰.

3 - Bertrand Château, cité par Laponche, 2002.

4 - La tonne de brut passe de 2170 FF (environ 330 EUR) en décembre 1984 à 525 FF (environ 80 EUR) en décembre 1985 (Laponche, 2002).

5 - Voir directives 92/75/CCE, 92/42/CE, 96/57/CE, 2000/55/CE et 1999/94/CE.

6 - Hors consommation des installations soumises au système européen de quotas d'émission de CO₂.

7 - Source : Présentation de la Berliner Energieagentur GmbH (agence de l'énergie berlinoise), janvier 2011.

8 - Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique.

9 - www.isisrome.com/mure/. Les informations présentées proviennent de multiples consultations de la base de données entre février et juin 2011, et certaines mesures ont pu être mises à jour pendant cette période.

10 - De nombreuses mesures ont des effets sur plusieurs de ces secteurs et sont aussi recensées dans une rubrique « mesures générales transversales » de la base de données. Les politiques et mesures qui ont des effets sur plusieurs secteurs sont comptées dans chaque secteur dans le tableau de la figure 1.

Figure 1 : Nombre de politiques et mesures consultées dans la base de données MURE par secteur.

	Allemagne	France
Résidentiel	32	31
Tertiaire	26	14
Industrie	29	12
Transport	22	18
Total	109	75

Dans les deux pays, le bâtiment (résidentiel et tertiaire) concentre le plus grand nombre de politiques. L'industrie fait l'objet de plus de mesures en Allemagne qu'en France, ce qui semble cohérent avec les différences de structures des économies des deux voisins : la valeur ajoutée de ce secteur représentait en 2009 27,7 % du PIB allemand contre 19,5 % en France¹¹. Il faut néanmoins interpréter ces chiffres avec prudence : une mesure importante peut en effet avoir plus d'impact qu'une myriade d'actions isolées.

Malgré la quantité limitée de données disponibles sur leur efficacité, que ce soit par des études ex ante ou ex post, les politiques recensées sont classées selon leur impact en quatre catégories : faible, moyen, fort et inconnu. Une grande partie des politiques menées ont un impact faible ou inconnu (48 % en France, 53 % en Allemagne).

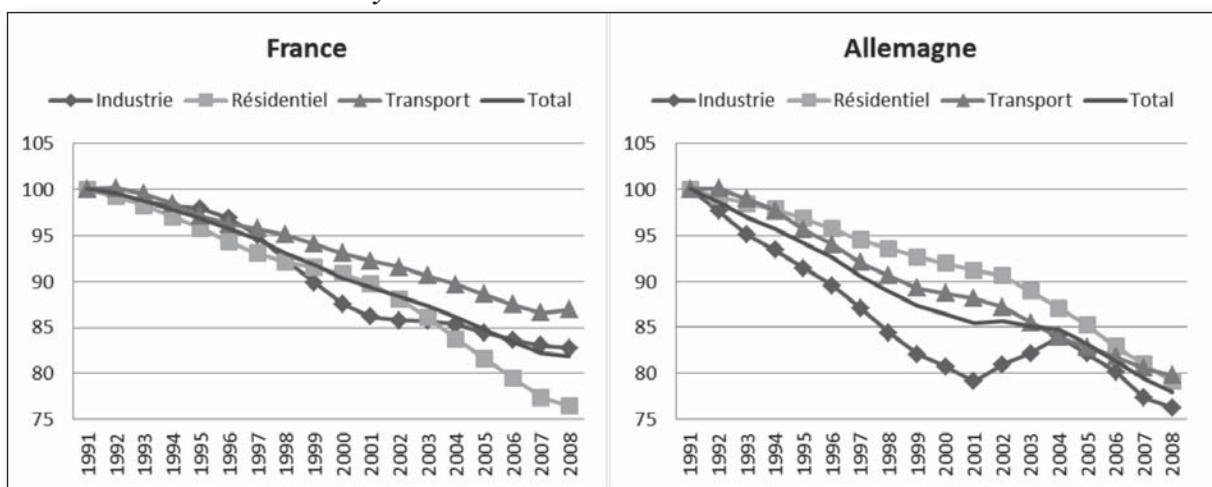
Outre le classement par pays et par secteur, la base de données MURE organise les mesures répertoriées en fonction du levier d'action utilisé par les pouvoirs publics : mesures législatives et normatives, mesures à caractère financier, mesures portant sur l'information, l'éducation et la formation, et mesures de coopération.

2.2. Les secteurs les plus performants diffèrent en France et en Allemagne

L'efficacité énergétique est une notion relativement floue qui recouvre à la fois le progrès technique autonome et les résultats des politiques visant à favoriser les économies d'énergie. Les Odyssee Energy Efficiency Index¹² (ODEX) sont des index qui fournissent une mesure des progrès réalisés en matière d'efficacité énergétique. Ils ne permettent pas d'isoler les effets du progrès technique des résultats des politiques d'efficacité énergétique, mais, dans le cadre d'une comparaison entre deux pays de niveaux de développement comparables, ils fournissent une mesure indirecte de l'efficacité relative de ces politiques.

Figure 2 : Évolution des index d'efficacité totaux et sectoriels (industrie, résidentiel et transport)¹³.

Source : Enerdata - Odyssee.



Sur la période, l'ODEX total de l'Allemagne a diminué plus fortement (-22 %) que celui de la France (-18 %). La contribution de chaque secteur à ces progrès diffère de manière significative entre les deux pays.

Industrie. C'est le secteur pour lequel l'Allemagne progresse le plus (-24 %). La France affiche une progression proche de sa tendance générale (-17 %) alors que sa politique d'efficacité dans ce secteur semble être à la fois peu ambitieuse et peu efficace. L'essentiel des progrès réalisés dans ce secteur n'apparaît pas lié aux mesures menées par les pouvoirs publics, mais plutôt à l'innovation et aux améliorations générées par la compétition économique et la recherche constante de l'abaissement des coûts, y compris les coûts liés aux consommations d'énergie.

Transport. Si les progrès allemands (-20 %) sont comparables à leur performance globale, ce secteur est indéniablement le point noir des politiques d'efficacité énergétique françaises avec des progrès de seulement 13 % en 17 ans, soit en moyenne 0,76 % par an. Cela a des conséquences négatives importantes sur le bilan énergétique des

11 - La valeur ajoutée de l'industrie représentait 650 milliards d'euros (euros de 2005) en Allemagne contre 350 milliards d'euros en France en 2009.

12 - Index Odyssee d'efficacité énergétique. Source : base de données Odyssee d'Enerdata. Pour plus d'information sur les ODEX, voir Enerdata, Definition of ODEX indicators in ODYSSEE database, 2010.

13 - Les chiffres ont été retravaillés afin d'obtenir un index 100 pour l'année 1991. Il n'y a pas de données pour l'Allemagne pour l'année 1990. Il n'existe pas de données pour le secteur tertiaire.

deux pays du fait de la croissance du volume de marchandises et du nombre de passagers transportés, notamment en Allemagne (cf. 6.2).

Résidentiel. Le secteur résidentiel est sans surprise le secteur pour lequel l'ODEX français diminue le plus : -25 %. Les politiques menées dans le bâtiment semblent avoir porté leurs fruits. Le bilan est un peu moins bon en Allemagne (-21 %). La lenteur relative du renouvellement du parc immobilier allemand explique en partie cette différence.

Le bâtiment est le secteur pour lequel la recherche d'efficacité énergétique par des politiques publiques est la plus forte. Dans tous les secteurs, une part importante des mesures ont un faible impact, notamment dans l'industrie où l'essentiel des gains sont autonomes. Le transport semble être insuffisamment pris en compte dans les politiques d'efficacité énergétique, notamment en France.

3. La réforme fiscale allemande : un signal prix clair en faveur de l'efficacité énergétique

Le prix de l'énergie est un des principaux déterminants de la consommation d'énergie. Ce n'est pas le seul facteur influant sur les consommations, mais il a des effets au-delà de la simple élasticité-prix immédiate de la consommation. Une augmentation volontaire et pérenne de prix a aussi un effet psychologique : elle remet les économies d'énergie au sommet des agendas des entreprises et des préoccupations des ménages, et modifie ainsi les anticipations à long terme des agents économiques et donc leurs investissements. Sur le plan politique, l'impact sur les ménages les plus défavorisés et les conséquences économiques potentielles sur les entreprises poussent les pouvoirs publics à développer des politiques d'accompagnement par une réduction des consommations afin de rendre l'augmentation des prix supportable sur le plan social et sur celui de la compétitivité internationale. Des politiques différentes en matière de prix de l'énergie peuvent donc à moyen terme avoir une influence sur l'efficacité énergétique de différents secteurs. En mettant en place la réforme de la taxe écologique, le gouvernement fédéral allemand entendait clairement utiliser ce levier pour réduire la demande en énergie de l'ensemble de son économie.

3.1. La réforme fiscale écologique allemande¹⁴

En 1999, le gouvernement fédéral allemand entreprend une réforme fiscale à visée écologique avec trois buts principaux : encourager les économies d'énergie, promouvoir le développement des énergies renouvelables et créer des emplois¹⁵. Cette réforme agit principalement sur le coût de l'énergie en augmentant progressivement la fiscalité sur l'électricité et les énergies fossiles afin d'en réduire l'utilisation. Les taxes sur les carburants ont par exemple été augmentées de 0,03 €/l par an entre 1999 et 2003 (soit 0,18 €/l au total) et les taxes sur l'électricité de 0,01 €/kWh en 1999 puis 0,02 €/kWh par an entre 2000 et 2003 (soit 0,02 €/kWh au total). Si ces incitations peuvent paraître minimes, le relèvement total de la fiscalité représente fin 2003 respectivement 18 % et 64 % du prix hors taxe pour l'électricité résidentielle et l'essence sans plomb 95¹⁶. L'impact sur la facture finale des ménages s'élève à +11 % pour l'électricité et +6 % pour l'essence. Cette réforme fiscale ambitieuse a marqué le début d'une divergence des politiques françaises et allemandes en matière de prix de l'énergie et a créé en Allemagne un signal prix et un signal politique clairs.

3.2. Des politiques de prix différenciées : l'exemple de l'électricité

La France produit 75,6 % (en 2009) de son électricité grâce son parc nucléaire, alors qu'outre Rhin, 59,3 % de l'électricité est produite à partir d'énergie fossile¹⁷. Ces différents modes de production sont vraisemblablement une des principales explications des différences de prix hors taxe entre les deux pays.

14 - Die Ökologische Steuerreform : la réforme fiscale écologique.

15 - Les deux lois votées en 1999 ont été amendées en 2003. Afin d'éviter des pertes de compétitivité trop importantes, de nombreuses exceptions ont été concédées, dont certaines ont vraisemblablement minimisé l'impact de cette politique, notamment dans l'industrie.

16 - Sur la base d'un prix moyen hors taxe en 2003 de 0,112 €/kWh de l'électricité résidentielle et de 0,287 €/l pour l'essence sans plomb 95. Source Enerdata- Données mondiales sur l'énergie.

17 - En 2009, l'Allemagne produisait 44,3 % de son électricité à partir de charbon, 12,9 % à partir de gaz naturel, 22,6 % à partir du nucléaire, 18,1 % grâce à partir des sources d'énergie renouvelables, et 2,1 % à partir de pétrole.

Figure 3 : Prix des matières premières pour la production d'électricité allemande.
 Source : Enerdata - Données mondiales sur l'énergie.

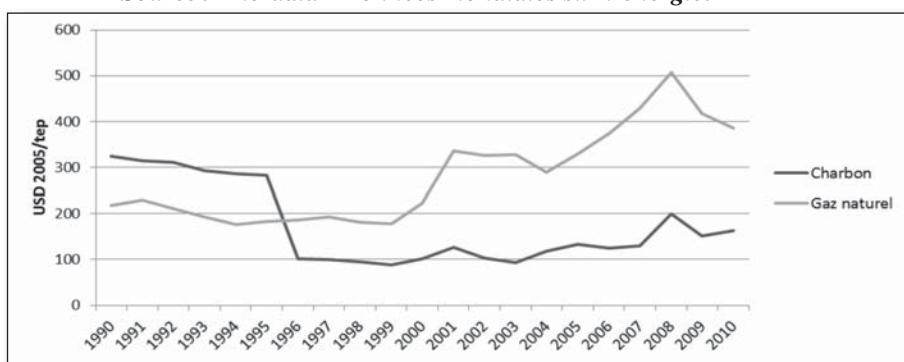
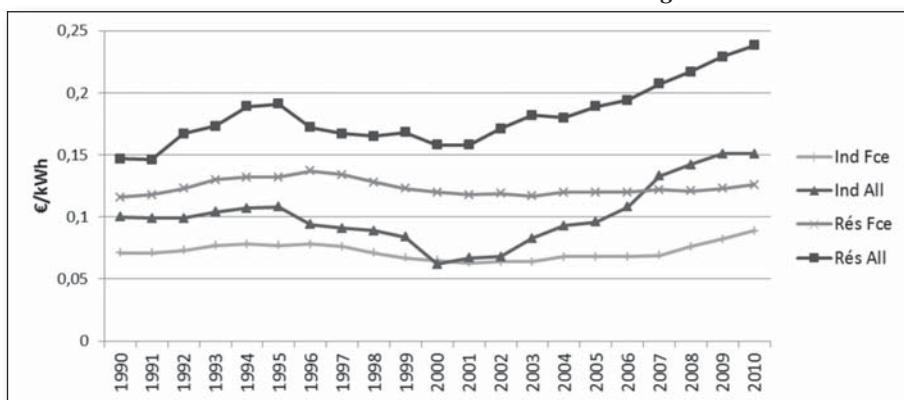
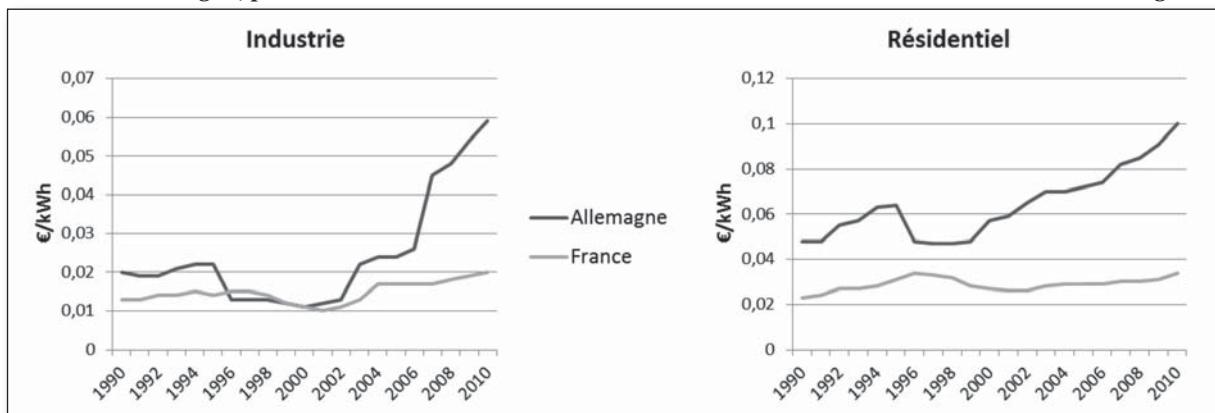


Figure 4 : Prix de l'électricité TTC pour l'industrie (> 500 MWh et < 2000 MWh) et le résidentiel (résidentiel > 2500 kWh et < 5000 kWh) en France et en Allemagne.
 Source : Enerdata-Données mondiales sur l'énergie.



Mais les effets de la réforme fiscale restent importants : la figure 5 montre un décrochage franc en matière de fiscalité à partir de 1999-2000. D'autres facteurs, tels que le mode de financement de la politique ambitieuse de l'Allemagne pour le développement des énergies renouvelables et la politique de prix garantis de l'électricité en France, ont accentué cette divergence.

Figure 5 : Différences entre le prix hors taxe et le prix toutes taxes comprises de l'électricité en France et en Allemagne, pour l'industrie et le résidentiel. Source : Enerdata- Données mondiales sur l'énergie.



Etant donné les nombreux facteurs qui influent à la fois sur le prix de l'énergie et sur le comportement des consommateurs finaux, il est difficile de quantifier l'impact direct de la politique fiscale de l'Allemagne sur la demande. Néanmoins, d'après les études quantitatives recensées dans la base de données MURE, cette réforme fiscale a un impact sur l'ensemble des secteurs de l'économie, et cet impact est qualifié d'élévé pour le secteur résidentiel. Elle semble notamment avoir eu un effet important sur la consommation allemande d'électricité spécifique (voir 7.3).

Les prix TTC moyens de l'électricité en 2008 étaient largement supérieurs à la moyenne de l'Union Européenne en Allemagne, et inférieurs en France. Le prix du kWh pour les ménages était d'environ 0,12 € en France, 0,22 € en Allemagne et 0,16 € en moyenne dans l'Union Européenne (source : Attali et al., 2009).

La réforme fiscale allemande marque le début d'une divergence forte des prix de l'électricité en France et en Allemagne. En 2008, le prix de l'électricité était sensiblement inférieur à la moyenne européenne en France, et sensiblement supérieur en Allemagne. Ces différences sont vraisemblablement un des éléments explicatifs de la plus faible consommation d'électricité spécifique par les ménages allemands.

4. Des mesures transversales à fort potentiel : certificats blancs en France et ESCO en Allemagne

4.1. Les certificats d'économie d'énergie (CEE)

D'après la loi Pope, les fournisseurs d'énergie français ont depuis 2006 l'obligation de promouvoir l'efficacité énergétique auprès de leurs clients. Les économies d'énergie réalisées sont converties en CEE, aussi appelés certificats blancs. A la fin de chaque période, d'une durée de trois ans, les fournisseurs d'énergie doivent remettre un nombre de certificats correspondant aux objectifs qui leur ont été fixés. Dans le cas contraire, ils doivent s'acquitter d'une pénalité 0,02 € par CEE manquant (un certificat correspond à l'économie d'un kWh cumulé actualisé) ou acheter des certificats à des opérateurs non obligés. Si cette mesure vise l'ensemble de l'économie, 86,7 % des CEE de la première période concernent le secteur résidentiel¹⁸, dont 75 % générés par l'installation d'équipements de chauffage plus performants. Seuls 14 % de ces CEE concernent l'amélioration de l'enveloppe des bâtiments. Les objectifs ont été dépassés pour la première période 2006-2009 avec 65 milliards de kilowattheures cumulés, actualisés certifiés. Après une période de transition, une nouvelle période a commencé en 2011 et ce dispositif a été prolongé jusqu'en 2020.

4.2 Les compagnies de service énergétique

Les compagnies de services énergétiques (Energy Service Companie, ESCO) sont des entreprises qui identifient les économies d'énergies potentielles et financent (ou aident au financement) les investissements nécessaires à leur réalisation. Contrairement aux autres entreprises qui fournissent des services énergétiques, elles garantissent par des contrats de performance énergétique les économies que leurs clients réalisent et sont rémunérées en fonction des économies effectivement constatées. Ce sont donc elles qui portent le risque potentiel des projets d'économies d'énergie qu'elles réalisent (WEC et ADEME, 2007).

Il existe des ESCO dans de nombreux pays européens, mais le marché allemand est un des plus avancés. Il a émergé au début des années 1990 et a pris son essor grâce à la libéralisation du marché de l'énergie²⁰ allemand quelques années plus tard qui, en stimulant la concurrence, a poussé les fournisseurs d'énergie à se lancer dans les services énergétiques. Incitant les entreprises à réduire leurs consommations d'énergie, l'augmentation des taxes sur l'énergie à partir de 1999 est aussi un des principaux facteurs de développement des ESCO en Allemagne. Cette nouvelle conception des services énergétiques présente un fort potentiel mais peine à se développer : il existait en 2005 environ 480 ESCO en Allemagne, mais la plupart d'entre elles ne proposaient que des contrats de fourniture d'énergie et seule une cinquantaine d'entre elles offraient des contrats de performance énergétiques²¹.

5. L'industrie, moteur autonome de l'efficacité énergétique

En 2009, la consommation énergétique finale de l'industrie s'élevait à 0,67 tep par allemand contre 0,49 tep par français, soit respectivement 26,8 % et 20,8 % de l'énergie consommée. Cet écart est cohérent avec les différences de structure des deux économies puisque la valeur ajoutée de l'industrie allemande représentait 27,5 % du PIB contre 19,5 % en France en 2009. Les deux pays ont accompli des progrès significatifs sur la période étudiée : l'énergie nécessaire par unité de valeur ajoutée générée a diminué de 21 % en Allemagne et de 25 % en France. L'industrie française, qui consommait 11 % de plus d'énergie pour produire la même quantité de richesse que l'industrie allemande en 1991, semble donc avoir rattrapé son retard²².

18 - 4,3 % pour le secteur tertiaire, 7,4 % dans le domaine de l'industrie, 1,3 % pour les réseaux et seulement 0,4 % pour le secteur des transports.

19 - Pour plus de détails sur les CEE, voir le Plan d'action de la France en matière d'efficacité énergétique, 2011.

20 - Réalisée en 1998 par la loi sur l'industrie énergétique (Energiewirtschaftsgesetz, EnWG).

21 - Pour plus de détails sur les ESCO, voir WEC et ADEME, 2007, et Lamersn, P., Kuhn, V and Krechting, A., 2008.

22 - Les courbes d'ODEX présentées à la figure 2 donnent des résultats légèrement différents. Si les profils des courbes sont comparables, l'efficacité énergétique de l'Allemagne aurait selon ces index plus diminué que celle de la France. Voir § 2.2.

Parmi les mesures mises en œuvre dans l'industrie, plusieurs d'entre elles concernent en réalité les bâtiments commerciaux et industriels, ou sont des mesures transversales. Seules 21 mesures pour l'Allemagne et 11 pour la France sont en fait spécifiques à l'industrie et la plupart ont un impact faible selon MURE: 25 % des mesures françaises (soit 3 mesures) et 31 % des mesures allemandes (soit 9 mesures) ont un impact moyen ou fort. Parmi ces mesures, les accords volontaires ou négociés et les mesures financières dominent clairement. Une grande partie des industries les plus intensives en énergie sont en outre incluses dans le système européen d'échange de quotas d'émissions depuis 2005. Ce marché carbone a eu des conséquences importantes en matière d'efficacité énergétique puisque l'essentiel des objectifs des phases 1 et 2 ont été atteints par une amélioration de celle-ci.

5.1. Les mesures coopératives dominent les politiques dans l'industrie

MURE recense deux principaux accords volontaires dans l'industrie allemande. Par le premier accord conclu en 1995, l'association allemande de l'industrie et du commerce s'est engagée à réduire la consommation spécifique d'énergie de ses membres²³ de 20 % en 2005 par rapport à 1987, soit une année de référence antérieure de 8 ans à l'année de signature de l'accord. Une nouvelle déclaration en 1996 ramène cette année de référence à 1990. Le second accord est signé en 2000 avec 12 associations industrielles. L'objectif est de réduire les émissions de gaz à effet de serre, et donc de manière indirecte les consommations d'énergie, de 35 % en 2012 par rapport à 1990. En contrepartie, le gouvernement allemand s'est engagé à ne pas mettre en place de nouvelle obligation telle que les audits énergétiques. Ces deux accords ont eu des impacts respectivement fort et moyen sur l'efficacité énergétique de l'industrie allemande selon MURE mais une étude conjointe du World Economic Council et de l'ADEME remet en cause ces évaluations (voir § 5.2).

La France fait, elle aussi, appel à ce type de mesures. En 1995, le ministère de l'environnement a conclu avec six partenaires²⁴ un accord visant à réduire les émissions de CO₂. Les objectifs de réduction varient entre 5 % et 20 % par rapport à 1995 en 2000 ou 2005 selon les signataires. L'impact de cette mesure a été faible d'après MURE. En 2002, l'Association des Entreprises pour la réduction de l'Effet de Serre (AERES)²⁵ signe une série d'accords volontaires dont le but est de réduire les émissions de CO₂ de 14 % en 2007 par rapport à 1990²⁶. Ces accords impliquaient 24 entreprises en 2003, et couvraient en 2006 50,3 % des émissions de l'industrie et de la production d'énergie, soit 18 % des émissions du pays (source: MURE). Enfin, l'ADEME signe en 2003 un accord avec la Fédération française des tuiles et briques, l'industrie plastique et les équipementiers automobiles afin que ces acteurs réalisent un diagnostic de leurs consommations d'énergie et tentent de les réduire.

5.2. Les accords volontaires entraînent rarement de réels gains d'efficacité énergétique

Il est difficile d'évaluer l'impact des accords volontaires au-delà des progrès autonomes du secteur concerné. D'après l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) et l'ADEME, il est rare qu'un accord volontaire ait un réel effet en matière d'environnement au-delà du business as usual (OCDE, 2003, cité par WEC et ADEME, 2004). Le cas du premier accord allemand en matière d'efficacité énergétique en est un bon exemple. L'étude réalisée par le WEC et l'ADEME conclut que la diminution de l'intensité énergétique dans l'industrie allemande entre 1990 et 2005 a été principalement le résultat du progrès technique autonome et de changements structurels du secteur vers des industries moins lourdes. Le choix de 1990 (initialement 1987) comme année de référence pour un accord signé en 1995 a de plus rendu les objectifs beaucoup faciles à atteindre car l'industrie est-allemande s'est effondrée et été contrainte de se restructurer après la réunification en 1990. Ainsi, à la signature de l'accord, les trois quarts des progrès visés étaient déjà réalisés. En outre, une partie des progrès sont dus à d'autres mesures, notamment la réforme fiscale écologique conduite à partir de 1999 (voir § 2. Source: MURE).

L'essentiel des gains d'efficacité énergétique dans l'industrie sont dus au progrès technique et aux efforts de maîtrise des coûts des industriels, y compris des coûts liés aux émissions de CO₂ dans le cadre du marché carbone européen. La politique française pour ce secteur semble peu ambitieuse comparée à celle de l'Allemagne. La plupart des mesures mises en place par les deux pays ont un impact faible. Les accords volontaires sont un des principaux instruments utilisés dans ce secteur mais leur efficacité au-delà du « business as usual » est contestable.

23 - Les secteurs dont des membres de l'association ont déclaré participer à l'accord volontaire sont entre autres le ciment, le verre, le papier, l'industrie chimique, l'acier, le sucre et l'industrie du textile. Cf. MURE, GER 8.

24 - Le groupe Pechiney (producteur d'aluminium), le Syndicat français de l'industrie cimentière, les producteurs de chaux magnésienne et de chaux grasse, la fédération française de l'acier, la Chambre Syndicale de Verreries Mécaniques de France et les 3 Suisses.

25 - Crée en 2002 par l'Association Française des Entreprises Privées - Association des Grandes Entreprises Françaises, Association Française des Entreprises pour l'Environnement et le MEDEF.

26 - Objectifs de réduction par secteur entre 1990 et 2007 : acier -11 %, industrie chimique -40 %, ciment -28 %, pulpe (papier) -7 %, verre +1 %, raffinage +28 %, production d'énergie -2,5 %. Au total : -14 %. Source : MURE.

6. Transport : l'augmentation de la demande efface les gains d'efficacité

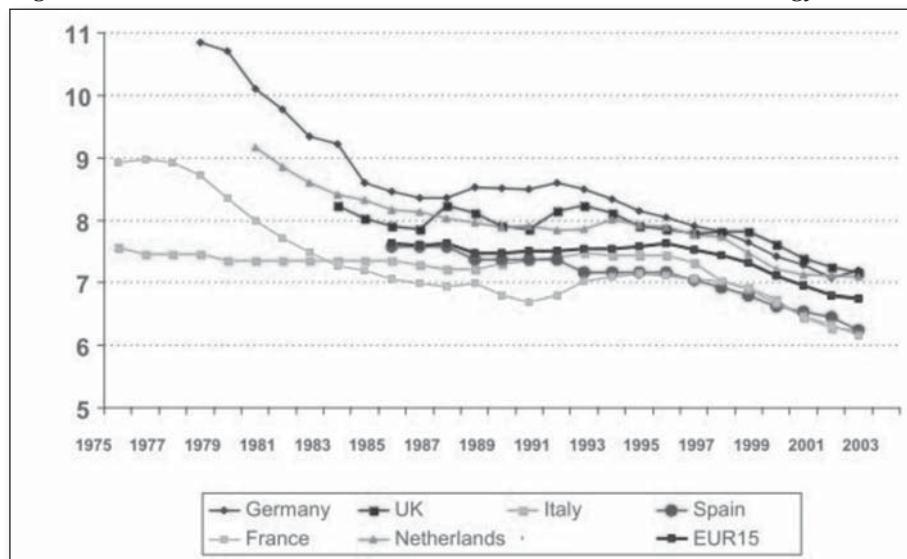
L'efficacité des véhicules a progressé en France comme en Allemagne depuis 1990, et ce même si une grande partie des mesures recensées dans MURE ont un impact fable ou nul (56 %, contre 41 % en Allemagne). Mais ces gains n'ont pas suffi à enrayer l'augmentation de l'énergie totale consommée dans ce secteur du fait d'une demande croissante de transport et de l'absence de politiques efficaces favorisant le transfert modal ou tentant de limiter cette demande.

6.1 L'efficacité des véhicules domine les politiques publiques

En France comme en Allemagne, la majeure partie des mesures recensées dans MURE visent l'amélioration de l'efficacité des véhicules (11 mesures en France comme en Allemagne contre respectivement 6 et 5 en faveur du transfert modal, 1 et 6 visant la maîtrise de la demande). En Allemagne, c'est la stimulation de l'innovation par des mesures coopératives telles que des accords volontaires avec l'industrie automobiles, et des campagnes d'information et d'éducation²⁷ qui dominent. La France semble quant à elle privilégier les leviers financiers avec des subventions pour encourager les économies d'énergie dans les entreprises de transport ou accélérer le renouvellement du parc de véhicules²⁸ et orienter les achats des particuliers²⁹.

Ces mesures semblent porter leurs fruits comme le montre la diminution constante des consommations des voitures neuves vendues dans les deux pays. L'Allemagne améliore plus ses véhicules, mais elle part de plus loin et les voitures françaises restent pour le moment plus efficaces.

Figure 6 : Consommation des automobiles neuves. Source : World Energy Council et ADEME, 2004.



Si la France est un peu plus efficace pour le transport de passagers, il est difficile de comparer l'efficacité des deux pays en matière de transport de marchandises en raison de la méthode de collecte de données statistiques. En effet, le fret repose essentiellement sur le transport routier et la France est un axe de transit majeur en Europe. Si le nombre de t.km³⁰ transportées mesurées au niveau national n'inclut pas ce transit, les quantités de carburant consommées sont une mesure des quantités vendues à la pompe sur le territoire et incluent donc le transit. Utiliser le ratio quantité de carburant diesel vendu/t.km parcourues reviendrait donc à corrélérer des données qui ne mesurent pas la même chose. Néanmoins, d'après les ODEX présentés en 2.2, l'Allemagne était moins efficace que la France en 1991 mais progresse plus sur la période. Les progrès sont donc réels bien que modérés pour la France et il faut se demander si les politiques mises en place permettent ou non d'aller plus loin que le business as usual. En effet, nous avons déjà montré que les accords volontaires ont une efficacité contestable, tandis que les subventions peuvent produire des effets d'aubaine (c'est-à-dire que l'entreprise qui investit collecte la subvention en réalisant des améliorations déjà planifiées) ou simplement déplacer les investissements dans le temps sans réellement influencer l'efficacité du véhicule acquis.

27 - Telles que la campagne « Efficacité énergétique et mobilité », lancée en 2008 dans le cadre du premier Plan National d'Amélioration de l'Efficacité Energétique allemand, qui vise à promouvoir les pneus à faible résistance au roulement et à former les conducteurs à une conduite plus économique. Voir MURE, GER 28.

28 - La France a, à de nombreuses reprises, mis en place des subventions pour la mise à la casse des véhicules anciens. Voir notamment MURE, FRA 8.

29 - La France a, comme l'Allemagne, mis en place l'étiquetage sur la consommation des véhicules émanant du droit européen. En 2007, elle a de plus instauré un système efficace de bonus-malus subventionnant l'achat des voitures les plus efficaces et surtaxant les véhicules consommant le plus. Voir FRA 22.

30 - t.km : nombre de tonnes transportées multiplié par le nombre de kilomètres que l'on fait parcourir à ces marchandises.

6.2 Le transport de marchandises explose en Allemagne

Le réel échec des politiques de transport n'est pas celui de l'amélioration de l'efficacité des véhicules mais l'impuissance à maîtriser l'augmentation de la demande, et l'absence de transfert modal.

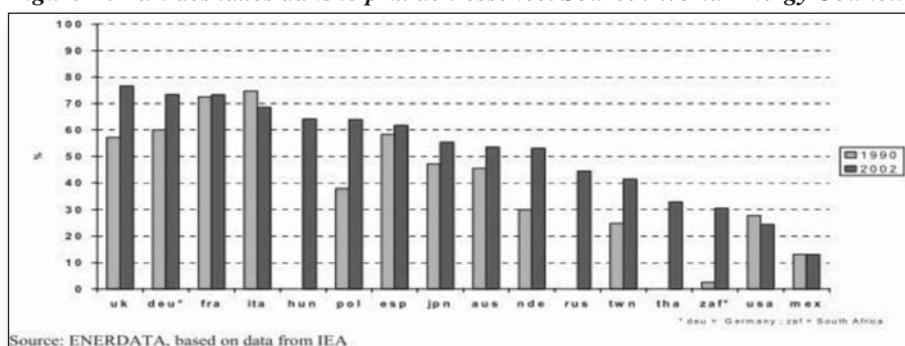
Le transport de passagers a enregistré une croissance relativement forte (+ 13 % en France et + 21 % en Allemagne entre 1991 et 2008) mais semble plafonner en Allemagne et décroître en France en fin de période. Concernant le transport de marchandises, la demande semble relativement contenue en France avec une augmentation de 11,4 % entre 1991 et 2008. La situation est beaucoup plus préoccupante en Allemagne où les marchandises transportées par habitant ont augmenté de 66 % sur la même période.

La part de train et des transports en commun dans le transport de passager et les quantités transportées par train et par voie d'eau pour le transport de marchandise n'ont peu ou pas augmenté en 17 ans. Le transfert modal n'a donc pas eu lieu. Au contraire, la part de ces deux modes de transport a sensiblement diminué dans le transport de marchandise allemand, passant de 36 % en 1991 à 26 % en 2008, en raison d'une croissance rapide du transport routier.

6.3 Des politiques fiscales convergentes sur les carburants mais des parcs automobiles de plus en plus différenciés

Si la réforme fiscale allemande marque le début d'une divergence des prix de l'électricité, elle a aussi participé à la convergence franco-allemande de la fiscalité sur l'essence. La différence d'environ 12 % de taxation en 1990 était en effet ramenée à zéro en 2002.

Figure 7 : Part des taxes dans le prix de l'essence. Source : World Energy Council et ADEME, 2004.

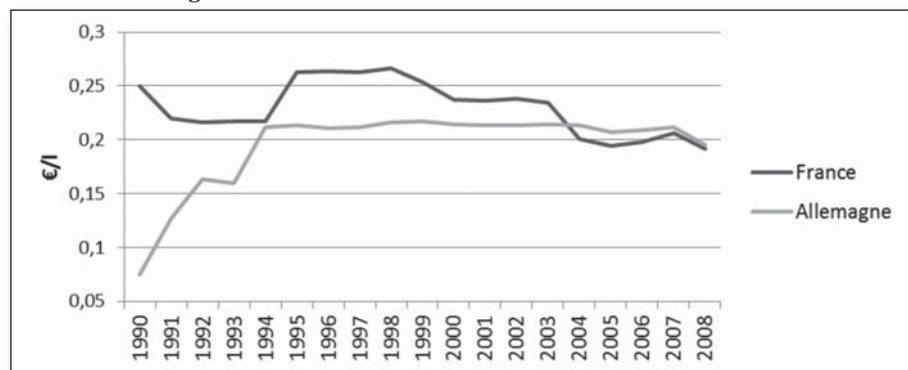


Plus généralement, et même si cela ne s'est pas traduit dans les faits (voir § 6.2) l'Allemagne semble plus active en matière de maîtrise de la demande de transport, par une politique d'augmentation des taxes sur les carburants et les émissions à partir de 1997. En effet, ce levier fiscal représente 4 des 6 mesures au service de cet objectif.

Concernant le carburant diesel, la France pratique une fiscalité plus avantageuse que pour l'essence sans plomb (SPA). En moyenne entre 1990 et 2008, un automobiliste devait acquitter 23 centimes de taxes de plus sur le SP95 que sur le diesel, alors que les prix hors taxe des deux carburants étaient comparables³¹. Cela est souvent décrit comme une particularité française, mais là aussi, la politique fiscale allemande a convergé : la différence de taxation entre SPA et diesel s'est accrue en Allemagne au profit du diesel, au point de dépasser légèrement celle de la France en 2004.

³¹ - En moyenne sur la période, un litre de diesel hors taxe coûtait 28,2 centimes contre 27,4 pour le SP95.

Figure 8 : Différences de taxation entre l'essence et le diesel. Source : Enerdata - Données mondiales sur l'énergie.



Malgré cette convergence, la part des automobiles diesel dans le parc français (17 % en 1991, 55 % en 2009) croît beaucoup plus vite qu'en Allemagne (12 % en 1991, 24 % en 2009). Il paraît difficile d'expliquer complètement cette différenciation croissante des parcs par les politiques publiques d'efficacité, mais certaines particularités du code des impôts français fournissent des éléments de réponse : les entreprises françaises peuvent déduire la TVA sur leurs dépenses professionnelles en gazole, mais cette disposition ne s'applique pas aux supercarburants³². En plus d'une augmentation artificielle de la part des véhicules diesel, cette mesure entrave le développement de l'usage professionnel des véhicules hybrides qui fonctionnent quasiment exclusivement à l'essence, et freine ainsi l'amélioration de l'efficacité énergétique du parc de véhicules à usage professionnel.

L'essentiel des mesures concernant les transports se concentre sur l'efficacité des véhicules. Peu de mesures concernent le transfert modal ou le développement d'infrastructures à même d'orienter ou de limiter la demande. Le volume des biens et personnes transportés par d'autres moyens que la route stagne donc logiquement. En parallèle, la croissance du transport routier est mal maîtrisée, notamment pour le fret routier allemand qui explose. Contrairement au cas de l'électricité, la réforme fiscale allemande tend à aligner les prix TTC des carburants sur les prix français. Malgré cette convergence, la part des véhicules diesel dans le parc automobile croît beaucoup plus vite en France qu'en Allemagne.

7. Le bâtiment concentre l'essentiel des politiques de réduction de la demande

Les secteurs résidentiel et tertiaire recouvrent des problématiques différentes en matière de maîtrise des consommations d'énergie. Néanmoins, ces deux secteurs sont très liés pour ce qui est des politiques publiques en faveur de l'efficacité énergétique. En effet, le bâtiment résidentiel est le premier à avoir fait l'objet de mesures pour diminuer la consommation d'énergie, et celles s'appliquant aux bâtiments tertiaires n'ont été dans un premier temps que l'extension des politiques visant le résidentiel. Sur l'ensemble des mesures recensées pour le secteur tertiaire (26 pour l'Allemagne et 14 pour la France) la majeure partie est commune avec le secteur résidentiel (respectivement 13 et 10 mesures).

En 2008, le secteur résidentiel représentait respectivement 31,4 % et 30,1 % de l'énergie finale consommée en Allemagne et en France contre 15,2 % et 15,5 % pour le tertiaire. Entre 1991 et 2008, la consommation finale résidentielle et tertiaire a augmenté de 2 % en Allemagne et de 4,6 % en France. En réalité, la variation française est due à une forte augmentation dans le tertiaire (+23,5 %), vraisemblablement du fait de la tertiarisation de l'économie, qui surcompense une diminution de la consommation d'énergie finale par habitant dans le résidentiel (-2,9 %).

Dans le résidentiel, on peut distinguer quatre postes de consommation : le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, la cuisson et l'électricité spécifique, c'est-à-dire l'électricité destinée à l'éclairage, à l'électroménager, l'audiovisuel et à la bureautique. Le chauffage y représente l'essentiel de la consommation d'énergie (69 % en France et 73 % en Allemagne en 2008). Les politiques et mesures mises en places par les deux pays se sont donc logiquement focalisées sur l'isolation des bâtiments depuis les années 1970. Les allemands consomment en moyenne plus d'énergie pour se chauffer, mais si on prend en compte le climat allemand en moyenne plus rigoureux que le climat français, on se rend compte que les bâtiments allemands sont plus efficaces (voir p ?).

Parmi les politiques mises en place, on voit deux types d'instruments se détacher clairement : les instruments financiers (15 mesures en France et 12 en Allemagne) utilisés notamment dans l'ancien sous la forme d'aides financières et d'incitations fiscales, et les outils réglementaires (12 mesures en France et autant en Allemagne) utilisés d'une part pour garantir une bonne isolation des bâtiments neufs, et d'autre part pour améliorer l'efficacité

³² Article 206-IV.2.8° de l'annexe II au code général des impôts. Pour plus de détails sur ce point, voir la question à l'Assemblée Nationale française numéro 66946.

des appareils. Sur ce dernier axe, des mesures d'information et des accords volontaires complètent la palette de politiques et mesures mises en œuvre.

7.1 Le levier réglementaire, pierre angulaire de l'efficacité énergétique dans le neuf

La France a semble-t-il été la plus rapide à réagir après le premier choc pétrolier de 1973. Elle est en effet la première à mettre en place une réglementation thermique (RT) pour les bâtiments, dès 1974, alors qu'il faudra attendre 1977 pour l'Allemagne.

La réglementation thermique française

Crée en 1974 dans le code de la construction et de l'habitation, la réglementation thermique française (RT) a été révisée en 1982, 1988, 2000 et 2005, avec à chaque fois des objectifs d'amélioration par rapport à la RT précédente (figure 9). Une nouvelle RT est actuellement en cours de mise en application (RT 2012).

Figure 9 : Synthèse de l'évolution de la réglementation thermique française

RT	Objectif par rapport RT précédente	Objectif par rapport à la situation pré 1974	Eléments pris en compte
1974	-25%	-25%	Enveloppe, ventilation
1982	-25%	-43,75%	Enveloppe, ventilation
1988	-25%	-57,81%	Enveloppe, ventilation, efficacité des systèmes de chauffage et de production d'eau chaude
2000	-15%	-64,14%	Objectif général de performance énergétique des bâtiments (Idem RT 1988 + éclairage)
2005	-15%	-69,52%	Idem RT 2000 + meilleure prise en compte des énergies renouvelables

La RT 1974 instaure un standard maximum de dissipation d'énergie au travers de l'enveloppe et de la ventilation des bâtiments de 1,6 W/°C.heure.m³. En 1988, la RT prend pour la première fois en compte l'efficacité des systèmes de chauffage et de production d'eau chaude, et plus seulement la qualité de l'isolation du logement. La RT 2000 intègre quant à elle un objectif général de performance énergétique des bâtiments. Cette dernière doit être rendue plus restrictive tous les cinq ans avec pour objectif d'améliorer les performances énergétiques des bâtiments de 40 % d'ici à 2020. Enfin, la nouvelle loi sur la construction adoptée en 2005 découlant du plan climat du gouvernement français (2004) vise à diviser les émissions des bâtiments par 4 d'ici à 2050. Cette RT concerne les bâtiments résidentiels et tertiaires et permet une meilleure prise en compte des sources d'énergie renouvelables dans les calculs³³. Les dernières RT couvrent donc cinq postes de consommation d'énergie : le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage, et la ventilation. (Thierry Salomon dans le cahier Global Chance n° 27, 2010). Dans la RT actuelle, les consommations maximales sont exprimées en énergie primaire.

La régulation thermique allemande

En Allemagne, la WSVO³⁴ voit le jour en 1977. L'objectif est la réduction des consommations d'énergie et des émissions de CO₂ dues au chauffage. Cette mesure à l'échelle nationale, c'est -à dire sans différences entre les Länder, donne des valeurs maximales de dissipation d'énergie au travers de l'enveloppe du bâtiment en W/m².K. Les valeurs maximales de dissipation de chaleur sont abaissées en 1982 puis en 1994. La réforme de 1994 étend cette réglementation aux bâtiments anciens faisant l'objet d'une rénovation substantielle. En 2002, cette réglementation est intégrée dans l'Energieeinsparverordnung (EnEv), loi sur la conservation de l'énergie, qui est présentée comme une approche intégrée couvrant à la fois la fourniture et la demande de chauffage. Cette loi a été révisée une première fois en 2007, principalement pour transposer la directive 2002/91/EC sur les performances des bâtiments et sans introduction de standards plus restrictifs. Enfin, une nouvelle révision est introduite en 2009 avec des standards plus stricts qui visent à réduire la consommation de 30 % en moyenne pour les nouveaux bâtiments. L'élément principal de cette réforme est une nouvelle approche qui se focalise, comme en France, sur l'énergie primaire. Le but affiché est de faire supporter dans la chaîne de production et de consommation les pertes énergétiques entre l'extraction des matières premières et l'utilisation de l'énergie finale, et ce afin d'assurer

33 - La RT 2005 définit aussi deux labels de performance énergétique : Haute performance énergétique (HPE, consommation d'énergie inférieure de 10 % par rapport au standard de la RT 2005) et Très haute performance énergétique (THPE, consommation d'énergie inférieure de 20 % par rapport au standard de la RT 2005).

34 - Wärmeschutzverordnung : régulation thermique.

une compétition la plus équitable possible entre les différentes sources d'énergie. Cette nouvelle version de la loi élargit l'éventail des possibilités pour atteindre la cible prescrite en prenant par exemple en compte l'efficacité des installations de chauffage, l'utilisation des énergies renouvelables ou le concept de récupération de chaleur. Un nouveau resserrement des consommations maximales autorisées de 30 % est prévu en 2012.

Comparaison qualitative des deux réglementations thermiques

Si les réglementations thermiques des deux pays fonctionnent selon des principes proches, elles font appel à des coefficients exprimés dans des unités différentes. Il est donc difficile de comparer directement les exigences en matière d'isolation, mais on peut grâce comparer l'évolution des deux réglementations grâce aux deux graphiques ci-dessous.

Figure 10 : Évolution des objectifs de la réglementation thermique française. Base 100 = situation pré 1974.

La courbe noire est une courbe de tendance d'équation $y = 126,47x - 0,427$, $R^2 = 0,90$.

Calculs basés sur des données provenant de MURE.

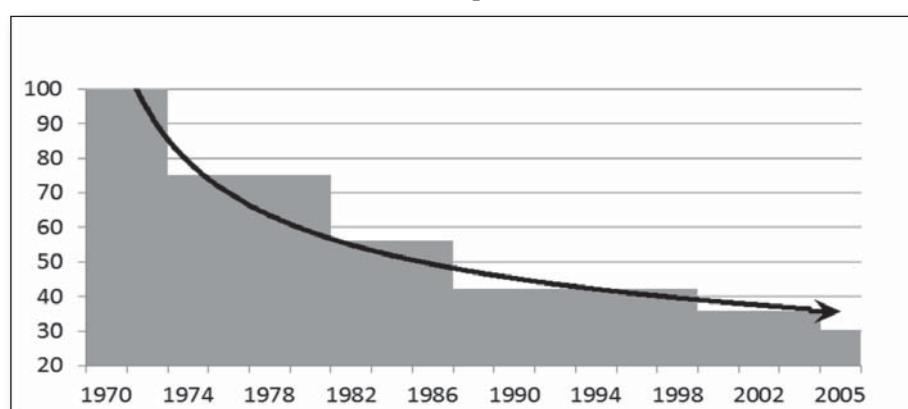
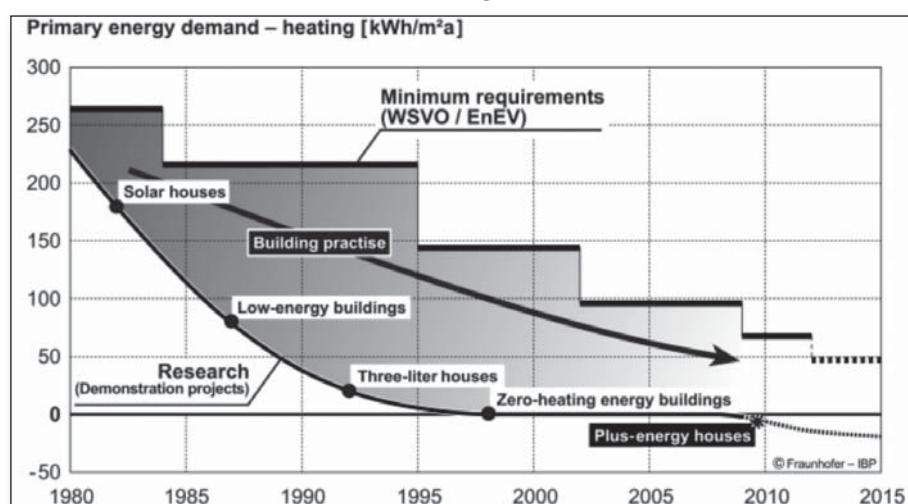


Figure 11 : Évolution de la réglementation thermique des bâtiments en Allemagne.

Source : Ehorn et Ehorn-Kluttig, 2009.

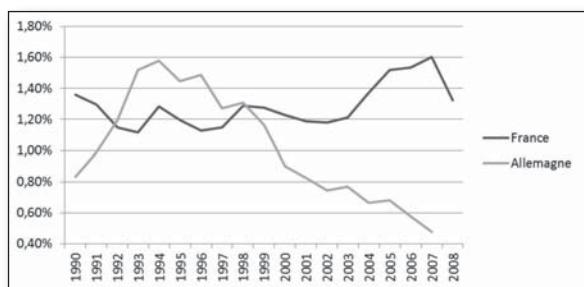


Les réglementations qui étaient en vigueur en 2008 dans les deux pays représentent des gains d'environ 70 % par rapport à la situation pré-1974. Mais ces progrès suivent des trajectoires asymptotiques et il est raisonnable de penser que les gains possibles en termes d'économies d'énergie dans le bâtiment neuf sont en passe d'être épuisés. Les standards à venir sont proches des bâtiments passifs, c'est-à-dire des bâtiments produisant au moins autant d'énergie que leur utilisation en consommé, et ceci constitue évidemment une butée basse en terme d'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel.

La lenteur du renouvellement du parc et des taux de conformité incertains limitent l'impact de ces politiques réglementaires

Avec 649 000 nouveaux bâtiments construits entre 1978 et 1980, la WSVO aurait permis une économie de 0,69 Mt d'énergie primaire par an avec un surcoût estimé à 3 % du coût total des nouveaux bâtiments (Karl et al., 1982). Mais l'impact des constructions neuves sur l'efficacité globale du parc immobilier franco-allemand est fortement limitée par le faible taux de renouvellement³⁵ du parc immobilier, notamment en Allemagne où seulement 17,5 % du parc de logement de 2008 a été construit depuis 1991 (contre 20,6 % pour la France). 64 % des logements français ont été construits avant la mise en place de toute réglementation thermique (ADEME, 2005) et on peut supposer que ce taux est encore plus élevé en Allemagne.

Figure 12 : Le renouvellement du parc immobilier : ratio stock de logements occupés de manière permanente / construction totale de logements. Source : Enerdata – Odyssee.



En moyenne sur la période 1990-2008, les constructions neuves représentent annuellement 1,28 % du parc immobilier en France contre 0,99 % en Allemagne. Le taux de renouvellement français actuel est presque trois fois supérieur au taux allemand.

Plusieurs études ex post recensées dans la base de données MURE s'interrogent de plus sur l'application des réglementations thermiques françaises et allemandes. Pour le cas de la France, une étude de 1994 montre que 80 % à 90 % des logements collectifs construits étaient conformes à la RT 1989, mais seulement 30 % des maisons individuelles³⁶ (MURE, 2006).

Les politiques réglementaires ont donc en théorie un fort impact mais elles ne suffisent pas à améliorer rapidement l'efficacité globale des bâtiments. La rénovation du parc ancien reste donc le principal enjeu à court et moyen terme.

7.2 Le bâtiment ancien : des programmes intéressants mais des volumes rénovés trop faibles

Au-delà des quatre postes de consommation (chauffage, eau chaude, cuisson et électricité spécifique), il paraît intéressant de distinguer les « équipements » fixes (isolation, appareils de chauffage et de production d'eau chaude) des équipements « mobiles » (électroménager, informatique, appareils de cuisson) qui ont des durées de vie plus courte et qui ne sont pas soumis aux mêmes problèmes.

Le levier réglementaire, un outil limité mais pérenne

Outre l'application des réglementations thermiques lors de rénovations importantes³⁷, le levier réglementaire est utilisé par les deux voisins pour améliorer l'efficacité moyenne des appareils de chauffage et de production d'eau chaude par la mise en place de standards d'efficacité minimum pour les appareils nouvellement installés (en application de la directive européenne 1992/42), et en forçant le remplacement des appareils les moins efficaces ou en imposant un contrôle périodique des appareils. Le levier réglementaire est le principal utilisé pour l'efficacité des appareils mobiles.

France et Allemagne ont aussi tenté de contrôler la demande d'énergie de chauffage par voie législative. Dès 1974, la France impose une limitation haute de la température intérieure des bâtiments publics et institutionnels³⁸ à 20 °C en 1974³⁹ mais sans impact significatif en raison de la faible application et l'absence de moyens de contrôle.

35 - Défini ici comme le rapport en pourcents du nombre de nouveaux logements construit une année donnée sur la taille en logements du parc immobilier du pays cette même année.

36 - Ces différences entre maisons individuelles et habitats collectifs sont confirmées par une étude du Centre d'Études et de Recherches Économiques sur l'Énergie (CEREN) de 1995 qui montrait que les consommations de gaz et d'électricité avaient diminué de seulement 6,4 % et 0,1 % entre la période 1982-1989 et la période 1989-1993, alors que ces consommations ont dans le même temps chuté de 19,3 % et 25,6 % pour les appartements (MURE, 2001). De même en Allemagne, les études synthétisées dans MURE concernant la réglementation thermique de 1994 révèlent qu'il pourrait y avoir un « degré de non-respect du code de la construction non négligeable » (MURE, GER 24, 2006).

37 - La version de 2002 de la réglementation thermique allemande (EnEV) oblige par exemple, dans certains cas de rénovation importante, l'amélioration de l'isolation des sols, des plafonds et des tuyauteries (MURE, 2011).

38 - L'EnEV de 2001 à par exemple imposé le remplacement de toutes les chaudières installées avant 1978 dont environ deux millions étaient en service en Allemagne en 2001. En France, ce type de mesures est complété par l'obligation pour les habitants de faire contrôler périodiquement les appareils de chauffage et la ventilation de leurs logements (MURE, 2011).

39 - En 1979, cette température a été ramenée à 19 °C et étendue aux bâtiments privés (MURE, 2011).

L'Allemagne a, quant à elle, mis en place une politique beaucoup plus ambitieuse et efficace par le décret sur la mesure de la consommation de chaleur de 1981⁴⁰. Chaque habitant doit pouvoir réguler l'apport de chaleur de son logement.

La consommation de chaque utilisateur doit être mesurée et elle est facturée à 50 -70% en fonction de la consommation, le reste étant fonction de la surface. Cette mesure aurait permis une amélioration de l'efficacité énergétique de 15% dans les nouveaux Länder (AIE, 2002).

Diminuer l'utilisation de la chaleur dans l'ancien : les incitations financières restent le principal outil

Contrairement aux bâtiments neuf pour lesquels on peut maîtriser la qualité de l'isolation par des normes, la diminution de la demande de chauffage dans l'ancien doit passer par des programmes de rénovation qui sont complexes à mettre en œuvre pour plusieurs raisons. Tout d'abord, à part dans le cas des maisons individuelles, il est rare que les propriétaires du logement soient propriétaires du bâtiment entier et les règles de copropriété rendent complexe les rénovations importantes nécessaires à l'amélioration de l'enveloppe thermique du bâtiment. Dans le cas de logements loués, il existe de plus un problème de discordance des intérêts (ou split incentives) : les locataires qui auraient intérêt à améliorer l'efficacité de leur logement afin de réduire leur facture énergétique ne peuvent pas réaliser les travaux nécessaires tandis que les propriétaires ne sont pas incités à effectuer ces travaux de par la difficulté de les rentabiliser en augmentant les loyers. Enfin, les retours sur investissements sont parfois perçus comme trop longs, ou en tout cas comme supérieurs au temps pendant lequel les occupants comptent rester dans le logement.

Les pouvoirs publics allemands comme français utilisent donc une palette d'instruments plus large pour aborder ce problème, mais le levier financier reste le principal instrument utilisé par les pouvoirs publics sous forme d'incitation à l'investissement (réduction de taxe sur la valeur ajoutée, crédit d'impôt concernant les travaux et les équipements, ou financement d'audits énergétiques) et d'aide à la réalisation des travaux par le biais de subventions ou de prêts bonifiés conditionnés.

Les programmes allemands paraissent mieux conçus que les mesures françaises car ils intègrent plus souvent l'ensemble des actions nécessaires à la réalisation de la rénovation profonde d'un bâtiment ancien, de la sensibilisation des ménages à la nécessité de réaliser un audit énergétique au financement des travaux. Les incitations financières allemandes reposent sur la KfW Bankengruppe, banque publique détenue à 80 % par l'état fédéral et à 20 % par les Länder allemands. La KfW est actuellement organisée en six divisions dont la Privatkundenbank qui est entre autre en charge des investissements liés à l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs et anciens. La KfW privilégie les rénovations de grande ampleur des bâtiments, après lesquelles l'efficacité de logements rénovés correspond aux normes du bâtiment neuf, mais elle apporte aussi son soutien à certaines rénovations partielles ou à l'installation de systèmes de chauffage performants. Ces programmes s'adressent aussi bien aux ménages qu'aux entreprises, municipalités et associations et, pour pouvoir bénéficier du soutien de la KfW, le demandeur doit présenter un rapport d'expert garantissant le niveau d'efficacité du logement après travaux. La banque appuie son action sur des subventions ainsi que sur des prêts à taux fixe, dont les taux diminuent quand l'efficacité de la rénovation augmente, et qui peuvent couvrir jusqu'à la totalité de l'investissement (source : www.kfw.de, 2011). 220 000 prêts ont été consentis en 2007 dans le cadre du programme Réhabilitation et Construction performante, ce qui représentait 450 000 logements soit 1,23 % du parc (ADEME, 2008). Ce chiffre peut paraître impressionnant mais il inclut les rénovations profondes, les rénovations partielles (telles que le remplacement d'une chaudière) et les aides aux constructions neuves.

Les réglementations thermiques sont des outils efficaces pour les bâtiments neufs mais globalement insuffisants en raison de la faible vitesse de renouvellement des parcs immobiliers et de taux de conformité incertains. La rénovation des bâtiments anciens est plus complexe et s'appuie essentiellement sur le soutien à l'investissement. L'Allemagne semble conduire des politiques comparables à la France dans le neuf et plus complètes dans l'ancien, mais son efficacité progresse finalement moins vite en raison du renouvellement plus lent de son parc et de volumes de rénovations qui restent limités. Néanmoins, en prenant en compte la rigueur du climat allemand, les bâtiments allemands sont en moyenne plus performants.

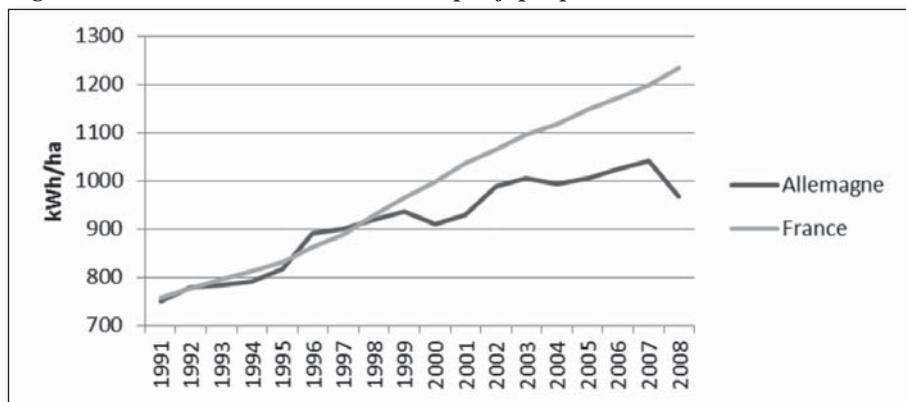
7.3 Consommation d'électricité spécifique : des ménages allemands moins énergivores

A partir de 1999, on observe un net décrochage entre les consommations françaises et allemandes d'électricité par habitant hors chauffage, et plus particulièrement en ce qui concerne l'électricité spécifique⁴¹.

40 - Ce décret concerne tous les bâtiments avec chauffage central et une production d'eau chaude centralisée.

41 - Consommation d'électricité liée à l'électroménager, à l'audiovisuel à la bureautique et à l'éclairage.

Figure 24 : Consommation d'électricité spécifique par habitant en kWh/ha. Source Enerdata – Odyssee.



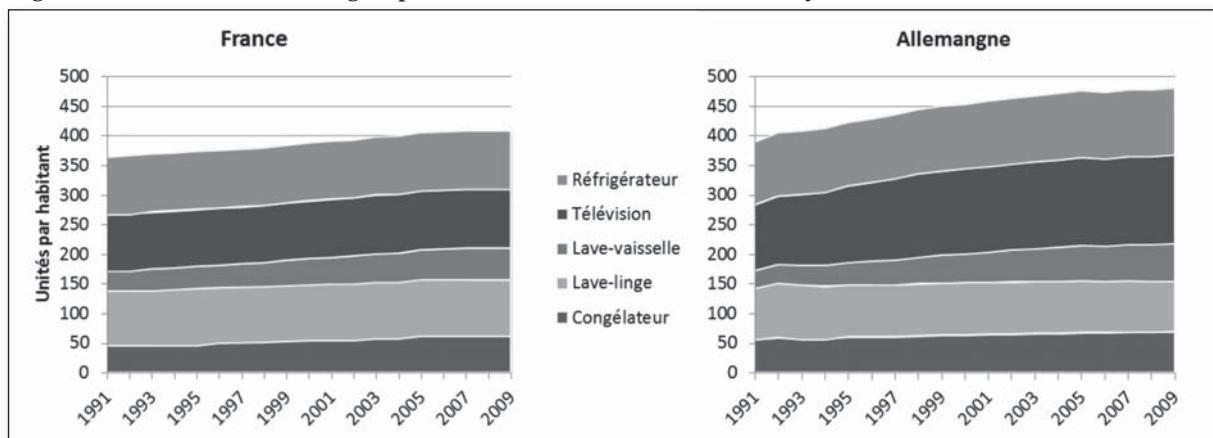
La consommation d'électricité spécifique n'est pas mesurée directement mais au travers d'études et n'a donc pas le même degré de fiabilité que les autres indicateurs utilisés dans cet article. D'autre part, on constate en Allemagne des variations parfois importantes d'une année sur l'autre alors que la consommation d'électricité spécifique est peu soumise à des variations climatiques. Il est difficile d'expliquer les renversements de tendance observés dans le cas de l'Allemagne et il faut prendre les statistiques concernant les consommations d'électricité spécifique avec prudence. Néanmoins, le décrochage observé à partir de 1999 est si net qu'il reflète probablement un phénomène réel, même en faisant l'hypothèse d'erreurs de mesures.

La consommation d'électricité spécifique dépend essentiellement du taux d'équipement des ménages, de l'efficacité des appareils et du comportement des consommateurs. Les deux premiers facteurs évoluent lentement et devraient varier toujours dans le même sens, le nombre d'équipement augmentant et l'efficacité moyenne des appareils s'améliorant au fur et à mesure du renouvellement du parc. Pour ce qui est du comportement des consommateurs, même s'il peut être influencé par des campagnes de sensibilisation et d'autres facteurs tels que le prix de l'électricité, il a peu de chances de varier de manière erratique d'une année sur l'autre.

Un taux d'équipement pourtant supérieur en Allemagne

On pourrait penser que la relative stagnation de la consommation d'électricité spécifique en Allemagne est due à une saturation des ménages en équipement, c'est-à-dire à un ralentissement de la croissance du nombre d'équipement par habitant, mais en réalité la progression du taux d'équipement des ménages allemands n'a pas ralenti après 1999 et le nombre d'équipement par habitant est significativement supérieur en Allemagne à celui de la France.

Figure 14 : Stocks électroménagers par habitant. Source : Enerdata – Odyssee.



La différence croissante de consommation entre français et allemands viendrait donc d'une meilleure efficacité des appareils outre Rhin et/ou de différences de comportements. En effet, les appareils vendus sur le marché allemand en 2008 étaient en moyenne plus efficaces que ceux vendus en France (Attali et al., 2009). D'autre part le prix plus élevé de l'électricité peut engendrer des comportements plus vertueux.

Des politiques semblables sur les produits découlant essentiellement du droit européen

Il existe trois principaux types de mesures utilisées par les deux pays pour améliorer l'efficacité des appareils : la mise en place de standards d'efficacité minimum des appareils, l'étiquetage de l'électroménager et les accords volontaires avec les fabricants.

L'essentiel des mesures d'étiquetage et de standards de performance minimum sont la conséquence de la transcription de directives européennes et sont donc similaires en France et en Allemagne. La directive sur les étiquettes concernant la consommation des appareils domestiques est entrée en vigueur en 1995 en France et en 1998 en Allemagne. Elle a eu un effet moins fort en France qu'en Allemagne où le taux d'application de la mesure a été en moyenne très fort dès le début (Schlomann et al. 2001). Mais déjà en 1998, les appareils vendus en Allemagne étaient en moyenne plus efficaces et la directive sur les étiquettes n'est donc pas le seul facteur explicatif⁴². Deux éléments semblent avoir une forte influence sur le comportement d'achat des consommateurs concernant l'efficacité des appareils : la catégorie des biens sur le marché, et le prix de l'électricité (Attali et al., 2009).

Un travail actif de la Dena⁴³ auprès des distributeurs

Il existe un nombre limité de fabricants d'électroménager qui fournissent les marchés français et allemands et le marché européen assure de plus la libre circulation des marchandises. Il est donc surprenant de constater des écarts dans le type de produits sur le marché entre les deux voisins. Néanmoins la proportion des appareils les plus efficaces sur le marché est bien plus importante en Allemagne qu'en France. La répartition par classe des appareils vendus est de plus étroitement corrélée avec celle des appareils sur le marché (Attali et al., 2009).

Dans la pratique, le choix du type de modèle mis en vente sur un marché donné revient au fournisseur en fonction de son estimation de la somme que les consommateurs sont prêts à consacrer à chaque type d'appareil et de la sensibilité environnementale de la demande (Attali et Laponche, 2010). La réglementation qui a imposé l'étiquetage énergétique n'a donc pas forcément eu une influence à court terme sur le type d'appareils proposés en magasin. Il est donc nécessaire de travailler activement avec les distributeurs afin de faire évoluer la gamme vendue vers plus d'efficacité énergétique et cela peut donner de bons résultats. En 2002, la Dena a ainsi mis en place un programme de coopération avec 8000 distributeurs d'électroménager afin d'améliorer la communication à destination des vendeurs et des consommateurs, et de favoriser des contacts réguliers entre l'agence de l'énergie et les distributeurs. Cette coopération peut aller jusqu'à la signature de contrats entre la Dena et les enseignes de distribution pour mettre en place des opérations communes de communication⁴⁴.

Les effets de la réforme fiscale écologique allemande

Le début de la divergence de consommation d'électricité spécifique coïncide avec la mise en œuvre de la réforme fiscale allemande qui a envoyé un signal économique et politique clair en matière d'évolution des prix de l'électricité, contrairement à la France où les prix de cette énergie sont restés plus bas et stables et où le discours politique semble plutôt indiquer que l'électricité est et demeurera une énergie bon marché grâce au nucléaire. Cette réforme semble avoir joué un grand rôle dans la stabilisation de la consommation d'électricité en Allemagne à partir de 1999, mais il est difficile de démontrer une corrélation entre prix de l'électricité et comportement d'achat, faute de données sur une longue période concernant les ventes d'électroménager en fonction de la classe d'efficacité énergétique. Les prix corrigés du pouvoir d'achat des appareils les plus performants sont enfin plus élevés en France qu'en Allemagne, mais ceci peut aussi être dû à l'effet de gamme, c'est-à-dire que les appareils les plus efficaces correspondent au haut de gamme en France et peuvent donc être plus chers pour des raisons commerciales.

La consommation d'électricité spécifique des ménages semble dépendre, entre autres, du prix de l'électricité et de l'efficacité des appareils. La consommation d'électricité spécifique des ménages allemands s'est infléchie depuis 1999 malgré un taux d'équipement toujours croissant, alors qu'elle a continué d'augmenter au même rythme en France. Ce décrochage semble résulter d'une part du signal prix de la réforme fiscale écologique, et d'autre part d'une meilleure efficacité des appareils allemands. Cette dernière est due à une meilleure performance moyenne des produits sur le marché, notamment grâce à une politique active de la Dena auprès des distributeurs, et à des prix plus abordables pour les appareils les plus efficaces.

Références

- ADEME, 2005, Stratégie utilisation rationnelle de l'énergie, Chapitre II : Les Bâtiments
- ADEME, 2008, L'efficacité énergétique dans l'Union Européenne : panorama des politiques et des bonnes pratiques
- Ambassade de France, 2006, L'efficacité énergétique des bâtiments

42 - Pour plus d'information sur l'impact de l'étiquetage de l'électroménager au niveau européen, voir WEC et ADEME, 2004, annexe I page 7.

43 - Dena : Deutsche Energie-Agentur, Agence de l'énergie allemande, créée en 2001. Cf. 1.

44 - Pour plus de détails sur cette action de la Dena, voir Attali et Laponche, 2010, dans le Cahier Global Chance numéro 27.

- Attali, S., Bush, E. et Michel, A., 2009, Market Transformation Programme : Factors influencing the penetration of energy efficient electrical appliances into national markets in Europe
- Attalli, S. et Laponche, B., 2010, Instruments et mesures pour économiser l'électricité dans les bâtiments, Cahier Global Chance n° 27
- Lamersn, P., Kuhn, V and Krechting, A., 2008, International Experiences with the Development of ESCO Markets
- Château, B., août-septembre 1989, Maîtrise de l'énergie : réflexion sur l'expérience française, revue de l'Energie, n° 413
- Direction Générale de l'Aménagement du Logement et de la Nature Centre d'Études Techniques de l'Équipement du Sud-Ouest, 2009, Synthèse nationale des O.P.A.T.B. (Opération Programmée d'Amélioration Thermique et Energétique des Bâtiments)
- Ehorn Hans et Ehorn-Kluttig Heike, 2009, Impact, Compliance and Control of EPBD Legislation in Germany
- Enerdata, 2010, Definition of ODEX indicators in ODYSSEE database
- Grérin, E. et Spencer, T., 2011, Strengthening the European Union Climate and Energy Package : TO Build a Low-Carbon, Competitive and Energy Secure European Union
- ICE, 2002, Efficacité énergétique pour la lutte contre le changement climatique : pratiques & moyens dans l'Union Européenne
- ICE, 2006, Les meilleures stratégies d'efficacité énergétique dans l'Union Européenne (UE 15)
- IEA, 2002, Energy Policies of IEA Countries Germany 2002 Review
- IEA and AFD, 2008, Promoting energy efficiency investments-Cases studies in the residential sector
- Karl, H.-D. et al., July 1982, Abschätzung der quantitativen Wirkung von Energiesparmaßnahmen – Möglichkeiten und Grenzen. München : Ifo. Les éléments de cette étude utilisés ici sont ceux cités en anglais dans la base de données MURE. L'étude n'a pas été directement consultée.
- Laponche, B., 2002, Histoire de la maîtrise de l'énergie
- Laponche, B., 2011, La consommation d'énergie en Allemagne et en France, une comparaison instructive
- Ministère de l'environnement, du développement durable, des transports et du logement, 2011, Plan d'action de la France en matière d'efficacité énergétique
- Schlomann et al., 2001, Evaluating the Implementation of the Energy Consumption Labelling Ordinance, Executive Summary
- OECD, 2003, Voluntary Approaches for Environmental Policy – Effectiveness, Efficiency and uses in Policy Mixes (cité par World Energy Council and ADEME, July 2004)
- Union Européenne, DIRECTIVE 2006/32/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 5 avril 2006 relative à l'efficacité énergétique dans les utilisations finales et aux services énergétiques et abrogeant la directive 93/76/CEE du Conseil.
- World Energy Council and ADEME, July 2004, Energy Efficiency : A Worldwide Review Indicators, Policies, Evaluation
- World Energy Council and ADEME, 2007, An Assessment of on Energy Service Companies (ESCOs) Worldwide

Électricité renouvelable : comment concilier politique industrielle et politiques environnementales

Céline Marcy, Iddri

Ce papier compare les situations allemandes et françaises dans le but d'apporter des éléments au débat sur les conditions nécessaires au développement des énergies renouvelables. Il se concentre sur les questions relatives au développement de l'électricité renouvelable. L'analyse des données de la première partie de ce numéro de Global Chance montre à l'évidence que la France n'obtient pas de bons résultats en termes de développement des énergies renouvelables électriques, à l'exception du domaine de l'hydraulique, bien développée depuis plusieurs dizaines d'années. Pourtant la France a engagé des efforts non négligeables pour accompagner les nouvelles technologies renouvelables de production d'électricité : tarifs d'achat garantis, objectifs ambitieux du Grenelle de l'Environnement, etc.... Comment alors expliquer la faiblesse des résultats obtenus ?

L'analyse du cas allemand permet de mettre en lumière l'ensemble des raisons qui expliquent la réussite que connaît l'Allemagne dans ce domaine. L'identification des conditions de cette réussite montre qu'une politique de soutien, comme celle que pratique la France, dont l'unique objectif semble être de répondre à un chiffre imposé par la Commission Européenne, ne suffit pas pour réussir.

1. Le développement des énergies renouvelables en France : un bilan contrasté

Les récents événements qui ont secoué le soutien à la filière photovoltaïque en France ont soulevé de nombreuses questions sur les trajectoires de développement des filières renouvelables dont les chiffres agrégés affichent des résultats mitigés.

A première vue pourtant, la performance de la France est du même ordre que celle de l'Allemagne : la part des ENR dans la consommation d'énergie finale s'y élève à 11 % en 2010, contre 11,8 % en Allemagne. Pour la production électrique, les énergies renouvelables représentent 13,4 % en France contre 16,8 % en Allemagne. Pour la production de chaleur, les énergies renouvelables représentent 13 % de la production française, contre seulement 9,8 % de la production allemande. Ces chiffres masquent néanmoins de très grandes différences de développement des technologies elles-mêmes. Forte de plus de 26 GW de capacité hydraulique, installée dans les années 50 à 70, la France s'appuie principalement sur cette ressource et sur la consommation domestique de bois de chauffe pour afficher des résultats honorables. Elle a par contre très peu développé les technologies plus modernes telles que l'éolien terrestre, le photovoltaïque ou la biomasse pour la production d'électricité. L'Allemagne, au contraire, semble avoir misé sur les énergies renouvelables pour produire de l'électricité comme le montre le bilan 2010 ci-dessous.

Tableau 1. Bilan des capacités installées et de la production électrique issue des énergies renouvelables en 2010

	Allemagne		France	
	Capacités installées (MW)	Production électrique (GWh)	Capacités Installées (MW)	Production électrique (GWh)
Eolien terrestre	27000	36 500	5007	7900
Photovoltaïque	17000	12000	511	212
Biomasse	4956	28710	1235	4500
Hydraulique	4800	19694	25557	61644
Geothermie	7,5	27,2	17,5	50

Source : *Le baromètre des énergies renouvelables en France, Eurobserv'ER - 2011*

En France l'hydraulique, dont la capacité installée ne progresse pratiquement plus depuis 20 ans, compte pour plus de 80 % dans la production d'électricité renouvelable.

Le faible développement de l'électricité renouvelable des dix dernières années en France ne doit cependant pas conduire à la conclusion que la France n'a pas mis en place de politique de promotion des énergies renouvelables au cours de cette période. Comme d'autres pays européens, elle a en effet mis en œuvre, depuis le début des années 2000, des politiques de soutien, majoritairement des tarifs d'achat garanti, comme l'avaient fait auparavant l'Allemagne et le Danemark.

La politique de développement des énergies renouvelables française s'est développée en trois grandes phases :

- Jusque dans les années 2000, le développement quantitatif des énergies renouvelables électriques reste très faible, voire marginal.
- Entre 2000 et 2008, ce développement connaît un décollage sans précédent. Les politiques de soutien, particulièrement incitatives, encouragent le développement des filières, notamment pour l'éolien terrestre et le photovoltaïque. Les capacités installées d'éoliennes terrestres passent de 48 MW en 2000 à 5 007 MW en 2010. Le photovoltaïque connecté au réseau passe de 0,2 MW en 2003 à 510 MW en juin 2010.
- Depuis 2009, ce développement se tasse. En 2009, la capacité supplémentaire éolienne atteignait 1 094 MW ; elle n'atteint que 390 MW en 2010. La crise économique et les incertitudes liées aux politiques de soutien ont ralenti les projets d'investissement.

Pourtant, le Grenelle de l'Environnement avait réaffirmé la volonté de la France de soutenir le développement des énergies renouvelables, avec notamment la décision du « Facteur 4 » et l'affichage d'une réelle ambition de développement des énergies renouvelables comme le montre le tableau 2.

Tableau 2. Quelques exemples des objectifs fixés dans le Grenelle de l'Environnement

Technologie	Situation avant le Grenelle de l'Environnement	Objectif pour 2020 et mesures prises
Eolien terrestre et en mer	2500 MW en 2006	Passer à 25000 MW en consolidant les appels d'offres et en améliorant la planification territoriale
Solaire PV	13 MW	5400 MW en mettant en place une réglementation incitative et diverses mesures sur l'intégration au bâti
Biomasse	Chaleur : 8.8 Mtep	Chaleur : 15 Mtep
	Electricité : 0.2 Mtep	Electricité : 1.4 Mtep
		Mise en place du « Fonds Chaleur » pour financer les grands projets de chaleur (hors habitat individuel) et d'appels d'offre pour les centrales électriques à base de biomasse
		Pérennisation des incitations pour l'habitat individuel
Géothermie et pompes à chaleur	0.4 Mtep	2.4 Mtep (objectif de 2 millions de foyers équipés) Maintien du niveau de soutien à l'installation
Chauffe-eau solaire		Crédit d'impôt

A 2020, la France envisage en effet de porter :

- à 33 % la part de l'énergie produite à base d'ENR pour la chaleur et le refroidissement
- à 27 % la part de l'énergie produite à base d'ENR pour l'électricité
- à 10.5 % la part de l'énergie produite à base d'ENR dans les transports.

La France se veut donc active dans la lutte contre le réchauffement climatique, et affiche des ambitions assez fortes quant au développement des énergies renouvelables. Mais bien qu'appliquant des modes de soutien largement reconnus comme « efficaces », elle peine encore à concrétiser cette ambition.

Remarquons tout d'abord que les objectifs « nationaux » adoptés avec le Grenelle permettent, ni plus ni moins, d'atteindre l'objectif européen du paquet Énergie Climat, décliné à l'échelle française. Le sentiment qu'il s'agit moins d'une vision énergétique cohérente que de l'application d'un cadre exogène est confirmée par le fait qu'il n'existe pas ou peu d'analyses à des horizons plus lointains. Alors que 2020 semble le point d'arrivée des politiques de soutien aux énergies renouvelables en France, d'autres pays – et notamment l'Allemagne – proposent des visions beaucoup plus ambitieuses à plus long terme. Avant les événements japonais et la catastrophe de Fukushima, l'Allemagne affichait déjà des ambitions de développement des énergies renouvelables à la fois plus fortes en termes de pénétration des ENR dans le système énergétique et plus continues, puisque des objectifs successifs de 2020 à 2050 avaient été adoptés. En 2030, l'Allemagne ciblait une pénétration des énergies renouvelables à hauteur de 30 % de la consommation intérieure brute d'énergie et de 60 % à l'horizon 2050.

Les objectifs allemands s'inscrivent donc dans une logique de long terme visant explicitement à l'adoption d'un modèle énergétique radicalement nouveau alors que la France semble peu enclue à afficher des objectifs au-delà de 2020.

Tableau 3. Comparaison des objectifs des plans d'action nationaux pour atteindre l'objectif européen de 20 % d'ENR à l'horizon 2020

	France	Allemagne
Part des ENR dans la production de chaleur et du refroidissement	33%	15.5%
Part des ENR dans la production d'électricité	27%	38.6%
Part des ENR dans le transport	10.5%	13.2%
TOTAL	23%	18%

Depuis la catastrophe de Fukushima, l'Allemagne a confirmé sa volonté de sortir du nucléaire en 2022 et de développer massivement les énergies renouvelables. Il semble déjà acquis que la part des énergies renouvelables dans la consommation intérieure brute d'énergie dépassera 20 % en 2020, soit 2 points de plus que l'objectif initial assigné, alors que l'atteinte des objectifs français à 2020 reste très incertaine. La décision allemande de sortir du nucléaire s'est accompagnée d'une vision à long terme avec l'étude de scénarios associant décarbonation de la production d'énergie en 2050 (facteur 4) et sortie du nucléaire. L'Allemagne semble donc beaucoup plus ambitieuse que la France. Comment expliquer cette situation ?

2. Le détour par l'Allemagne : quelques enseignements

Pour mettre en perspective la situation française, le détour par l'Allemagne est utile puisqu'il permet d'identifier les principaux déterminants de la trajectoire que le pays suit depuis les années 70.

Pourquoi l'Allemagne, en effet, est-elle capable d'imaginer et de construire une croissance forte, soutenue et régulière des énergies renouvelables, alors qu'en France la mise en place de cadres incitatifs peine à faire émerger un réel dynamisme de ces filières ? L'analyse ex post de la trajectoire allemande montre une grande stabilité des politiques de développement des énergies renouvelables, une vraie continuité de soutien dans les phases de maturation technologique et, de ce fait, une réelle crédibilité qui a permis aux investisseurs une visibilité à long terme.

L'Allemagne montre tout d'abord une réelle continuité dans sa politique de développement des énergies renouvelables. Cette continuité s'appuie sur un cadre réglementaire stable, incitatif, large, mais qui sait aussi s'adapter aux évolutions et aux courbes d'apprentissage des technologies. Elle semble avoir réuni les conditions de réussite de cette continuité en favorisant l'émergence d'un « environnement institutionnel » propice aux énergies renouvelables et, en conséquence, en appuyant sa politique environnementale sur sa politique industrielle, pilier de son économie.

2.1 La continuité des politiques de développement des énergies renouvelables

Fruit d'une réflexion de longue date toujours suivie d'actions au niveau politique, le développement des énergies renouvelables prend racine dans les années 70. Après les deux chocs pétroliers, l'Allemagne décide d'augmenter

significativement les dépenses publiques de R&D sur les sources d'énergies domestiques (dont les énergies renouvelables), même si la plus grande part de cet effort est destinée au nucléaire et au charbon. Entre 1974 et 1983, le budget de R&D des ENR passe de 20 millions DM à 300 millions de DM¹. Mais jusqu'à la fin des années 80, les énergies renouvelables restent des alternatives encore marginales en Allemagne. Les fonds de R&D restent modestes, et les grandes compagnies électriques et charbonnières montrent explicitement leur hostilité à leur développement. En 1986, le choc de Tchernobyl modifie profondément la donne énergétique. En 1988, plus de 70 % des allemands se déclarent hostiles à l'énergie nucléaire et décidés à en sortir plus ou moins vite. En parallèle, les premiers rapports sur le changement climatique reçoivent de plus en plus d'attention outre-rhin. En mars 1987, le Chancelier Kohl déclare que le changement climatique représente le problème environnemental le plus important jamais connu. Un groupe de travail interministériel sur la réduction des émissions de CO₂ est mis en place. En 1988, le premier rapport recommande déjà la réduction des émissions de CO₂ et de méthane de 30 % à l'horizon 2005 par rapport au niveau de 1987 et de 80 % en 2050. En outre, ce rapport propose de mettre en place une loi d'achat garanti de l'électricité produite à partir de sources renouvelables. Les parlementaires de tous bords sont unanimes : il est temps de créer des marchés pour les énergies renouvelables².

A la fin des années 80, trois mesures phare permettent de « créer » un marché pour les technologies renouvelables :

- La création d'un programme 100/250 MW d'énergie éolienne : initialement le projet octroyait 0,04 €/kWh aux premiers 100 MW installés puis 0,03 €/kWh pour les 150 MW suivants pour gagner de l'expérience avec une mise en exploitation grandeur réelle.
- Le lancement du programme « 1000 toits solaires » : les investissements sont couverts à 50 % par le gouvernement fédéral et à 20 % par les Länder. 2250 toits sont équipés de panneaux solaires pour une capacité totale de 5 MW.
- La modification du cadre légal de tarification de l'électricité, de sorte que les producteurs indépendants d'électricité à partir d'énergie renouvelables puissent percevoir une indemnisation supérieure aux coûts marginaux évités des grandes compagnies électriques³.

Des mécanismes incitatifs pérennes

La nouvelle loi StrEG adoptée en 1991 impose des tarifs de rachat allant de 65 % à 90 % du tarif moyen basse tension. Elle offre, en addition aux programmes éoliens et photovoltaïques cités plus haut, une incitation financière forte aux investisseurs et sa mise en place engendre une véritable explosion des capacités installées. Mais la période qui suit, de 1996-1998, est marquée par une plus grande incertitude réglementaire du fait des batailles internes entre les différents groupes de pression (charbon, électricité et ENR) mais aussi externes, avec l'action de la Commission Européenne sur les aides d'État et la directive de libéralisation du secteur électrique. A cette situation d'incertitude réglementaire s'ajoutent des difficultés politiques et financières consécutives à la réunification. Durant ces années, on assiste à un gel des investissements dans les ENR. En 1998, la coalition rouge/vert qui arrive au pouvoir met l'accent sur la « modernisation écologique » et les politiques de lutte contre le changement climatique. La politique énergétique est supposée montrer l'exemple : elle comprend à la fois une réforme fiscale, la sortie progressive du nucléaire, et le renforcement des énergies renouvelables et de la cogénération. La réforme fiscale introduit une augmentation des taxes existantes sur les combustibles minéraux (pétrole, diesel, gaz naturel, etc....) et une taxe sur la consommation d'électricité. Les revenus de ces taxes ne sont cependant pas alloués directement à l'énergie. Ils vont servir en priorité au paiement des retraites. Seuls de faibles montants sont réservés aux énergies renouvelables, 102 €M en 2000, 250 M€ en 2003.

En 2000, une nouvelle loi sur les énergies renouvelables – dite EEG - est adoptée. Elle maintient le principe d'achat garanti et de priorité d'accès sur les réseaux. La continuité du cadre incitatif est ainsi assurée. Les contrats octroyés pour l'achat de l'électricité à partir de sources renouvelables garantissent désormais les tarifs de rachat sur une durée de 20 ans alors qu'auparavant, aucune garantie temporelle n'était donnée. Pour l'énergie éolienne, le calcul du tarif prend en considération l'emplacement et la qualité du site : les opérateurs bénéficient d'un tarif élevé pour les 5 premières années d'exploitation, qui décline par la suite, les sites les moins productifs bénéficiant d'un taux plein plus longtemps. Les tarifs de rachat sont particulièrement attractifs pour l'énergie photovoltaïque, l'éolien en mer et la biomasse. Les coûts relatifs à la promotion des ENR sont répartis entre les opérateurs de réseaux de façon à ce que la charge n'incombe pas uniquement à l'opérateur responsable de la zone de développement. Autre

1 - Jacobsson, S. & Lauber, V. 2006. *The politics and policy of energy system transformation – explaining the German diffusion of renewable energy technology*, Energy Policy, Vol. 34, issue. 3, pp. 256-276

2 - Lauber, V. & Mez, L. 2004. *Three decades on renewable electricity policies in Germany*, Energy and Environment, Volume 15, n°4, pp. 599-623

3 - Avant cette modification, les compagnies d'électricité accordaient aux producteurs indépendants un tarif plafonné aux coûts marginaux de production évités par l'énergie livrée, bien insuffisants pour rémunérer une production à base d'énergies renouvelables.

innovation importante, les grandes compagnies d'électricité ont désormais le droit de bénéficier du tarif d'achat garanti pour les ENR qu'elles développent en propre.

En 2004, la première révision de la loi EEG permet de recalibrer le niveau des tarifs d'achat garanti. Cette réforme distingue notamment les différentes sources et leur assigne des objectifs différenciés, avec pour ambition de mieux stimuler l'innovation, d'assurer la réduction des coûts et de minimiser les rentes accordées. Les tarifs garantis diminuent pour l'énergie éolienne terrestre ; les zones les moins venteuses sont exclues des tarifs ; les tarifs pour l'éolien maritime et le solaire photovoltaïque sont augmentés. En 2008, une nouvelle révision des tarifs d'achat garanti est proposée et adoptée. Elle relève les tarifs d'achat pour l'éolien maritime, la géothermie et certains segments de la filière bois énergie. Les tarifs d'achat pour l'éolien terrestre et le solaire photovoltaïque sont revus à la baisse pour accompagner la baisse des coûts.

L'ambition allemande s'appuie ainsi sur un cadre incitatif fort et stable qui permet d'encourager et de pérenniser les efforts de développement des acteurs de la filière. Les tarifs proposés dans les différentes législations doivent attirer les investisseurs sur des segments encore faiblement concurrentiels. Dans la loi StrEG de 1991, les technologies étaient séparées en trois groupes : l'énergie éolienne et le solaire ; la biomasse jusqu'à 5 MW ; l'hydraulique et les filières de méthanisation avec des tarifs variant selon la puissance installée. Ces tarifs étaient supposés intégrer une partie des externalités non internalisées des moyens de production conventionnelle⁴. Couplé aux autres politiques de soutien, notamment le programme 100/250 MW d'énergie éolienne, le tarif proposé offrait des incitations particulièrement stimulantes pour l'énergie éolienne, technologiquement la plus mature. Ce cadre a permis de passer de 20 MW installés en 1989 à plus de 1 100 MW en 1995. La dynamique ainsi créée encourage à la fois l'apprentissage technologique et l'apprentissage « politique ».

A l'inverse, les tarifs octroyés pour le solaire photovoltaïque se sont révélés trop bas par rapport aux coûts de production de l'époque, et le développement de la filière au delà du programme « 1 000 toits solaires » a stagné rapidement.

Des politiques qui s'adaptent aux évolutions technologiques et institutionnelles

L'autre dimension-phare des politiques de soutien allemandes, et plus précisément des instruments-prix, tient à l'adaptation permanente de ces instruments aux évolutions technologiques et à la structuration progressive d'une filière d'offre professionnelle.

La première loi allemande – la loi StrEG – comportait des défauts de conception. Aucune garantie n'était donnée quant à la durée d'octroi du tarif, ce qui générait un risque politique fort pour les projets d'investissement et freinait, ou renchérissait le montage financier. Quatre ans après sa mise en œuvre, une période d'incertitudes, liées notamment au financement de la réunification, provoquait le gel des investissements dans le secteur. D'autre part, l'absence de mutualisation de la charge d'achat pour les grandes compagnies électriques alimentait l'opposition des grandes compagnies de distribution d'électricité allemandes, qui faisaient valoir des risques incontrôlés de dérapage des tarifs.

La réforme de 2000 a apporté des réponses pragmatiques à ces deux difficultés, au travers de la garantie de 20 ans sur le tarif de rachat et d'un principe de mutualisation permettant de redistribuer les surcoûts de production, par nature localisés, sur l'ensemble des consommateurs.

Mais les réformes successives se sont aussi attachées à adapter les incitations économiques aux exigences de chaque filière et à son évolution, afin de fournir des incitations suffisantes tout en limitant les rentes excessives pour atteindre les objectifs quantitatifs tout en limitant le coût global et donc les risques de remise en cause politiques.

L'objectif affiché en 2000 était de doubler la part des énergies renouvelables d'ici 2010. La loi EEG de 2000 propose de nouveaux tarifs propres à chaque technologie, assortis d'un taux de dégressivité de façon à prendre en considération les évolutions technologiques. Cette dégressivité est représentative des courbes d'apprentissage de ces nouvelles technologies.

Les deux révisions suivantes – l'amendement de 2004 et celui de 2008 – permettent de revenir sur les tarifs, selon qu'ils offrent ou non des incitations suffisantes pour encourager le développement des filières. Ainsi, le tarif d'achat du solaire photovoltaïque augmentera en 2004 et permettra enfin de générer des investissements cohérents avec les objectifs visés. Inversement, les critiques croissantes concernant les tarifs éoliens, jugés trop élevés face à la rapide diminution des coûts d'investissement, sont entendues et entraînent une réduction du tarif d'achat garanti et l'exclusion des zones à faible vent. Mais, dans le même temps, des tarifs plus élevés sont accordés pour les parcs éoliens en mer et de nouvelles incitations mises en place pour les petites unités de biomasse.

La seconde vague de révisions des tarifs d'achat garanti a lieu en 2008. Les amendements concernent principalement le niveau des tarifs octroyés à certaines technologies, mais ils renforcent encore la volonté de l'Allemagne

4 - Lauber, V. & Mez, L. 2004 « Three decades on renewable electricity policies in Germany », *Energy and Environment*, Volume 15, n°4, pp. 599-623

de développer massivement les énergies renouvelables. Le gouvernement allemand s'engage alors à atteindre plus de 30 % d'énergie renouvelable dans la fourniture d'électricité en 2020. Les tarifs proposés à l'énergie éolienne terrestre et au solaire photovoltaïque sont diminués, et les taux de dégressivité du tarif augmentent (de 5 % à 8 % de dégressivité par an).

L'Allemagne a donc réussi à coupler la pérennité des cadres incitatifs de soutien aux énergies renouvelables et l'évolution technologique de la filière renouvelable. Cet élément apporte beaucoup de visibilité sur l'évolution de l'instrument-prix pour les investisseurs et les acteurs du secteur : pour maximiser leurs marges et la marge des exploitants, les constructeurs ont tout intérêt à diminuer les coûts de production des technologies. La dégressivité prévisible des tarifs d'achat permet à la fois de diminuer les rentes octroyées à l'exploitant en suivant l'évolution technologique de la filière et d'encourager les constructeurs à continuer leurs efforts d'innovation pour suivre la dégressivité des tarifs. Dans le même temps, la clause de garantie sur les contrats protège les premiers investisseurs de ces évolutions.

Le maintien du tarif d'achat garanti comme outil principal des politiques de soutien aux énergies renouvelable et le calibrage régulier des tarifs octroyés par technologie a donc offert un cadre particulièrement incitatif au développement des filières de production électrique.

Des politiques ouvertes

D'autres programmes, à différents niveaux institutionnels, sont venus renforcer l'élan donné aux ENR. Entre 1991 et 1998, un programme de recherche fédéral de plus d'1 milliard d'euros couvre l'ensemble des énergies renouvelables. Les Länder, à leur niveau, viennent compléter ces efforts, notamment la Westphalie et la Rhénanie du Nord. Des programmes de prêts garantis par les institutions bancaires allemandes permettent d'octroyer 3 milliards d'euros de prêts à taux réduit pour les installations ENR. D'autres mesures, comme celles concernant l'implantation des parcs éoliens, la mise à disposition d'informations pour les citoyens ou le renforcement des formations accompagnent la politique publique de promotion des ENR.

Plus ciblées sur l'innovation, d'autres impulsions ont été données par différents programmes, notamment le programme « Federal Government's Offshore Strategy », le « Sustainability strategy » de 2002, le programme « Climate Protection Program » de 2005 ou encore le programme « Integrated Energy and Climate program » de 2007. Ce programme s'intéresse à d'autres dimensions que celles relatives aux coûts de production ou aux investissements dans les énergies renouvelables. Il s'agit par exemple d'amendements sur la gestion des déchets, la gestion des capacités de stockage d'eau, etc.

Un programme de stimulation de marché vient compléter l'ensemble des mesures prises en se concentrant principalement sur la production de chaleur à partir des énergies renouvelables. Appelé le « Market Incentives Program », il vise à financer les projets de développement des énergies renouvelables thermiques via des subventions à l'investissement, des prêts bonifiés à taux zéro, etc. En place depuis 1999, ce programme est toujours en vigueur. En 2009, le budget de ce programme se montait à 450 M€ pour des investissements à hauteur de 3 Md €.

Le cadre réglementaire qui accompagne le développement des énergies renouvelables ne se résume donc pas en Allemagne aux seuls tarifs d'achat garanti. D'autres programmes sont venus renforcer l'idée que les énergies renouvelables étaient plus qu'un nouveau moyen de produire de l'électricité ou de la chaleur, et constituaient bien un changement de paradigme du système énergétique dans son ensemble.

Plusieurs éléments sont venus assurer la crédibilité des politiques allemandes de soutien aux énergies renouvelables. La première loi relative au tarif d'achat garanti – la loi StREG – votée en 1991 par un gouvernement de droite, renforce la crédibilité à long terme de cet instrument supposé stable, puisque fruit d'un consensus entre les différents partis politiques. Cette loi ne sera jamais remise en question dans son fondement ; les diverses révisions n'ont concerné que ses modalités d'application, en fonction des évolutions des technologies. La possibilité de réévaluer les tarifs d'achat garanti en fonction des progrès technologiques via les courbes d'apprentissage, explicitement intégrée dans les dispositifs institutionnels de rachat de l'électricité, a aussi constitué un élément fort de réponse face aux critiques.

Cette continuité des politiques de soutien aux énergies renouvelables ne peut cependant expliquer à elle seule le dynamisme de la filière. D'autres dimensions telles que la formation des opinions, la création d'un environnement institutionnel fourni ou encore l'existence ou la constitution d'un tissu industriel sont autant de dimensions qui encadrent et orientent l'efficacité des politiques publiques.

L'étude du cas allemand est sur ce point particulièrement riche.

2.2 Quand le modèle alternatif devient la norme

Selon Jacobsson et Lauber⁵, l'augmentation des dépenses de R&D de 20 millions DM à 300M DM entre 1974 et 1982 pour les énergies renouvelables a eu plusieurs effets. D'abord, le signal envoyé fut suffisamment clair pour attirer des universitaires, des centres de recherches, des industriels et des petites start-up pour créer un réseau de recherche sur les ENR et dès ce moment-là construire un « réservoir d'idées » pour le développement des technologies renouvelables. Cela a permis de renforcer la conviction qu'il y avait un avenir pour les énergies renouvelables, conviction indispensable pour inciter le secteur industriel à investir, même en amont dans la recherche, dans ces nouvelles activités. Enfin, les innovations techniques fondamentales ayant prouvé leur fonctionnement et leur capacité à produire effectivement de l'énergie, de nouveaux acteurs ont investi le segment et développé commercialement les fruits de cette recherche fondamentale⁶.

L'initiative très précoce de développer les énergies renouvelables a créé une véritable « croyance commune partagée ». Croyance qui revêt trois aspects :

- Il est possible de produire significativement, pour l'Allemagne, de l'énergie à partir des énergies renouvelables. C'est scientifiquement prouvé.
- Puisque le gouvernement croit dans cette forme de fourniture d'énergie, les industriels et les investisseurs peuvent créer une activité industrielle et commerciale porteuse d'avenir et de profits
- Il est possible de proposer un modèle alternatif pour la fourniture d'énergie

Le choc de Tchernobyl confirme l'ancrage de cette opinion commune partagée. Les citoyens plébiscitent une sortie du nucléaire et en appellent à un nouvel modèle de production d'énergie. Encore balbutiantes dans les années 90, les énergies renouvelables représentent néanmoins un véritable modèle alternatif à l'utilisation de l'énergie nucléaire, et plus tardivement à l'énergie du charbon, fortement émettrice de gaz à effet de serre. Cette croyance commune partagée permet aux investisseurs d'entrer dans la filière des énergies renouvelables, car l'espérance d'un gain futur semble assez forte pour attirer de nouveaux acteurs ; elle permet aussi aux citoyens d'accepter les surcoûts potentiels liés à l'introduction de technologies nouvelles de production d'énergie.

Autre facteur déterminant dans l'expansion de cette croyance commune : les initiatives locales relayées, parfois, par les Länder. La structure politique de l'Allemagne a permis l'émergence d'initiatives locales qui permettent de créer un processus « bottom-up ». Certaines municipalités ont les premières permis à des producteurs d'énergie renouvelable de vendre leur électricité à des tarifs élevés couvrant les coûts de long terme. Par ailleurs, les Länder sont autorisés, s'ils le désirent, à compléter par des mesures supplémentaires les instruments de soutien déjà existants. C'est le cas des Länder de Westphalie et Rhénanie du Nord, qui ont très tôt mis en place des mesures d'accompagnement aux projets d'énergie renouvelable. Autre exemple, la Bavière a été très active dans le développement des énergies renouvelables thermiques. En 2009, la biomasse représentait 5.2 % de la production totale d'énergie en Bavière (mise en place d'incitations financières à l'installation de chauffage au bois). Ce type de processus de développement dit « bottom-up » a été moteur dans la création d'un réseau et de cette « croyance partagée commune ».

Enfin, la formation de ce réseau a aussi été largement impulsée par la présence d'acteurs politiques charismatiques comme l'a pu l'être Hermann Scheer. A partir de 1980, Hermann Scheer devient membre du Bundestag. Avec Hans-Josef Fell, c'est lui qui est à l'origine de la loi allemande sur les énergies renouvelables accordant une priorité à ces énergies. Il ne cessera de promouvoir les énergies renouvelables tout au long de sa carrière.

2.3 L'environnement institutionnel : le terreau nécessaire à la réussite des politiques publiques

Les premiers programmes de R&D de la fin des 70 ont été couronnés de succès. Certes, aucun de ces programmes n'est réellement parvenu à des réalisations technologiques abouties : l'échec du projet éolien GROWIAN⁷ en est l'exemple. Néanmoins, le succès se trouve plutôt dans la constitution d'un terreau fertile au développement des ENR. Entre 1977 et 1989, 18 grandes universités, 39 entreprises et 12 centres de recherches perçoivent des aides fédérales de R&D tant pour la recherche sur les cellules solaires (silicium monocristallin et couches minces) que sur les éoliennes. Sur l'énergie éolienne, 14 producteurs de turbines sont déjà actifs en 1980 et reçoivent une aide fédérale de R&D pour l'installation de 124 turbines. Un pas de géant est franchi : entre 1983 et 1991, 20 MW seront installés sur le sol allemand.

5 - Jacobsson, S. & Lauber, V. (2006) *The politics and policy of energy system transformation – explaining the German diffusion of renewable energy technology*, Energy Policy, Vol. 34, issue. 3, pp. 256-276.

6 - Laird, F. N. & Stefes, C. 2009. "The diverging paths of German and United-States policies for renewable energy: sources of difference", Energy Policy, Volume 37, Issue 7, July 2009, pp. 2619-2629.

7 - Le projet GROWIAN était un projet de démonstration d'une éolienne de grande capacité (3MW). Des problèmes de matériau, d'usure et de conception n'ont pas permis au projet d'aboutir.

C'est en Allemagne que se forme la toute première association de l'industrie solaire – Bundesverband Solarindustrie - en 1978 suivie de près par Eurosolar, fondée par le très charismatique Hermann Scheer du SPD allemand. Ces associations, qui permettent de réunir l'ensemble des parties prenantes sur les technologies d'énergie renouvelable, ont un réel pouvoir de négociation avec les pouvoirs publics.

Leur influence a été déterminante dans le développement du solaire photovoltaïque. Contrairement à l'énergie éolienne, le solaire photovoltaïque n'avait pas réellement profité de la première loi d'achat garanti de 1990 : le volume de marché n'était pas suffisant pour encourager l'installation d'unités de production des panneaux solaires photovoltaïques et la loi d'achat garanti n'était guère incitative puisque les coûts de production étaient encore très élevés. D'autre part, le gouvernement ne semblait pas vouloir mettre en place un nouveau programme de démonstration après l'opération « 1 000 toits solaires ». L'incitation à développer l'énergie solaire devait donc venir d'ailleurs.

Le dynamisme de la filière PV vint principalement des activistes de l'énergie solaire – et notamment des associations telles que Eurosolar ou de l'association de l'industrie solaire – et des compagnies électriques ou régies municipales. En 1989, la loi modifiant le cadre légal de tarification de l'électricité permet aux compagnies de distribution d'électricité de conclure des contrats d'achat dont le tarif permet de recouvrir l'ensemble des coûts de production de l'électricité à partir d'ENR, même si ces tarifs excèdent les coûts évités de long terme de l'entité concernée⁸. Les activistes de l'énergie solaire font alors pression sur les municipalités pour qu'elles obligent certaines compagnies de service public de l'électricité à mettre en œuvre ce type de contrat. Cette brèche dans la loi de tarification de l'électricité a ainsi permis à certaines municipalités (Aix la Chapelle, Nuremberg, Bonn par exemple) d'encourager le développement des énergies renouvelables. Certains Länder – et notamment la Westphalie et la Rhénanie du Nord – ont décidé de subventionner les installations solaires pour certains cas comme par exemple les écoles. Certaines associations telles que Greenpeace ont aussi permis l'expansion des panneaux solaires (les installations Cyrus).

Grâce à ces initiatives locales, le marché a continué à s'étendre malgré la fin du programme « 1 000 toits solaires », attirant ainsi de nouvelles entreprises et prouvant l'utilité des tarifs d'achat garanti. A noter aussi qu'à la même époque, certaines entreprises du solaire délocalisent aux États-Unis leurs usines de production, augmentant ainsi la pression sur le gouvernement allemand. ASE (l'un des leaders de panneaux solaires de l'époque) revient, suite à la promesse par le gouvernement allemand d'un nouveau programme de démonstration : le programme des 100 000 panneaux solaires.

Bien que faibles à leur début, ces associations sont maintenant très présentes dans les négociations politiques sur l'architecture des politiques de soutien. Par leur rôle fédérateur, elles ont permis l'essor de certaines technologies, en contribuant à la création d'un « tissu industriel » propice à l'émergence de nouvelles technologies. C'est aussi à cette époque, en 1977, que l'Oko-institut voit le jour. Cet institut de recherche va permettre de réaliser des contre-enquêtes et des contre-études afin de promouvoir les énergies renouvelables et faire pièce aux fortes réticences des acteurs « traditionnels » qui s'exercent pour empêcher le développement domestique des énergies renouvelables.

2.4 Un tissu industriel basé sur le savoir-faire allemand

L'une des dernières raisons de la réussite allemande réside dans l'émergence et la construction d'un tissu industriel fourni, permettant aux acteurs de maîtriser l'ensemble de la chaîne de valeur. S'appuyant sur son savoir-faire industriel et sa capacité à l'export, la filière des énergies renouvelables n'affichait pas en effet pour seul objectif le développement domestique.

C'est ainsi qu'au début des années 80, l'une des principales motivations pour développer des technologies d'énergie renouvelable concernait le tiers monde avec la volonté de s'appuyer sur l'industrie allemande pour exporter un savoir-faire unique dans les pays qui souhaiteraient développer de petites unités décentralisées.

L'excellence de l'industrie allemande a permis de structurer la filière des énergies renouvelables et de jouir d'effets d'échelle sur certaines technologies. L'énergie éolienne, par exemple, a profité d'effets d'échelle et de transferts technologiques avec d'autres secteurs en pointe en Allemagne. Les innovations produites sur cette technologie se sont appuyées fortement sur les efforts de R&D de secteurs comme l'aéronautique, l'ingénierie des matériaux, l'ingénierie des moteurs... Plus encore que les transferts technologiques possibles, les filières d'apprentissage telles que les grandes écoles d'ingénieurs ou les cursus universitaires ont joué un rôle moteur dans l'établissement des compétences allemandes sur les nouvelles technologies. L'Allemagne n'était pas le premier à investir et à utiliser des éoliennes pour produire de l'électricité. Elle ne jouissait donc pas de l'avantage du premier entrant. Les États-Unis et le Danemark, notamment, produisaient déjà des éoliennes de moyenne puissance. Néanmoins, l'Al-

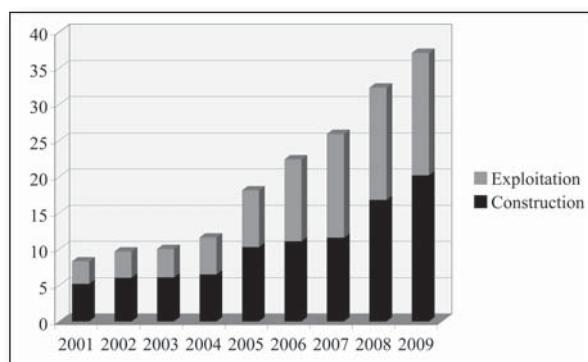
⁸ - Les coûts évités représentent les coûts qui auraient été supportés par la compagnie électrique si elle avait dû produire la quantité d'électricité alors produite par les ENR. Les coûts évités de long terme prennent en considération les coûts du capital ainsi que les coûts variables d'exploitation. A contrario, les coûts évités de court terme – les plus souvent utilisés – ne prennent en considération que les coûts variables, liés le plus souvent aux coûts du combustible.

lemagne a su utiliser ses compétences d'ingénierie pour améliorer les systèmes existants et produire des turbines de moyennes et de grandes tailles⁹.

La capacité d'exportation a enfin inscrit l'Allemagne dans une dynamique de développement de ses propres filières à l'international. En 2010, 80 % de la production de turbines éoliennes était exportée. Dans les années 80, l'effort de développement des énergies renouvelables était principalement destiné à l'exportation. Après le choc de Tchernobyl, l'Allemagne décide, implicitement, de développer les ENR pour son propre usage. Néanmoins, le dynamisme de la filière ne peut se fonder uniquement sur la satisfaction des besoins domestiques, qui restent faibles par rapport à d'autres marchés potentiels. En 2002, les énergies renouvelables ne représentent plus des « alternatives marginales » dans de nombreux pays. L'Allemagne met en place un programme d'aide à l'exportation géré par le ministère de l'économie et des technologies. Son objectif est de « contribuer à la protection du climat en stimulant l'acceptation et le développement des énergies renouvelables dans d'autres pays ». L'expertise technique allemande dans le champ des énergies renouvelables s'exporte : le programme d'aide à l'exportation a pour objectif de faciliter les contrats entre des compagnies allemandes et d'autres entités internationales.

L'Allemagne a de ce fait développé son expertise sur les énergies renouvelables en concevant sa politique énergétique à l'intérieur de sa politique industrielle et de sa politique d'aide à l'export. Elle a ainsi réussi à créer une véritable filière renouvelable en s'assurant d'un débouché hors des frontières du pays et en misant sur ses compétences industrielles. Le graphique suivant montre l'évolution du chiffre d'affaire lié aux énergies renouvelables et la répartition entre la fabrication/construction des technologies et l'exploitation des parcs. Il montre notamment que la part « fabrication/construction » des technologies renouvelables représente plus de la moitié du chiffre d'affaires total lié aux énergies renouvelables.

Figure 1. Le chiffre d'affaire des énergies renouvelables en Allemagne : une industrie forte



En s'appuyant ainsi sur ses propres compétences, l'Allemagne a réussi à drainer tout un champ de nouveaux acteurs présents depuis la conception et la production des technologies jusqu'aux centres de recherche et d'expertise, réseau qui ne repose pas uniquement sur les entreprises traditionnelles de production d'électricité.

D'ailleurs, en Allemagne, les grandes compagnies d'électricité ne se sont pas lancées immédiatement dans les énergies renouvelables¹⁰. Les grandes compagnies d'électricité de l'époque, concentrées sur la réunification et l'impact de cette dernière sur la configuration du secteur électrique allemand, ne croyaient pas du tout aux

énergies renouvelables. Elles considéraient que les ENR resteraient marginales et n'étaient qu'un feu de paille. Elles ont sous-estimé l'importance de la loi et sont restées persuadées que cette loi visait principalement la petite hydraulique. En 2005, par exemple, les grandes compagnies allemandes de l'électricité ne détenaient qu'environ 1 % des capacités renouvelables installées.

L'Allemagne a donc réussi à mettre en place un cadre réglementaire stable, continu accompagnant les énergies renouvelables depuis leur naissance (R&D) jusqu'à l'implantation massive grâce à des instruments incitatifs qui ont apporté la crédibilité nécessaire aux politiques publiques. L'émergence d'une croyance partagée sur le rôle futur des énergies renouvelables a ouvert de multiples opportunités pour les entreprises d'investissement dans ces nouvelles technologies et la création d'un terreau fertile - entreprises, universités et associations- qui ont renforcé l'environnement institutionnel. Enfin, l'Allemagne s'est appuyée sur ses propres compétences industrielles, comblant ainsi l'avantage du premier entrant que détenait, en Europe, le Danemark, et sur son savoir-faire à l'export pour ouvrir de nouveaux marchés au nouveau tissu industriel qui se formait. En inscrivant sa politique énergétique dans sa politique industrielle et sa politique de commerce extérieur, l'Allemagne a conquis le terrain du renouvelable.

9 - Bruns, E. ; Ohlhorst, D. ; Wenzel, B. (2010) A Success Story: Twenty years of support for electricity from Renewable energies in Germany, Renews Special, Issue 41, august 2010, German Renewable Energies Agency.

10 - Stenzel, T. & Frenzel, A. 2008. « Regulating technological change – The strategic reactions of utility companies towards subsidy policies in the German, Spanish and UK electricity markets », Energy Policy, Volume 36, Issue 7, July 2008, pp. 2645-2657.

3. Les faiblesses françaises

Alors que la France et l'Allemagne suivaient des trajectoires analogues avant la catastrophe de Tchernobyl en ce qui concerne les renouvelables électriques, celles-ci ont fortement divergé depuis cette époque. Comment l'expliquer ?

Malgré son choix, depuis une dizaine d'années, de tarifs d'achat garantis, instrument de soutien qui semble avoir particulièrement bien fonctionné au Danemark et en Allemagne, la France éprouve encore des difficultés à organiser sa filière électrique renouvelable et à développer les technologies les plus prometteuses. Ces difficultés relèvent de la mise en œuvre des politiques publiques (manque de continuité), du manque de flexibilité des instruments et du manque d'attention attribuée aux barrières non économiques telles que les problèmes d'acceptabilité ou de procédures administratives.

3.1 L'éparpillement des programmes nationaux de soutien

Les années 70 avaient été en France une période fertile pour la recherche sur les énergies renouvelables, dans le domaine du photovoltaïque et de la thermodynamique solaire (avec par exemple la construction de la centrale Thémis). Mais les initiatives de développement et de soutien des filières électriques renouvelables du COMES, puis de l'AFME, autour des années 80, centrées sur la recherche, la démonstration et la politique industrielle, ont connu un véritable coup d'arrêt en 1986 du fait du contre-choc pétrolier. Le prix de la tonne de pétrole est divisé par 4 entre 1984 et 1987. La France, qui démarre alors sa première cohabitation, s'oriente vers une politique plus libérale et conservatrice. Les résultats pour le développement des énergies renouvelables sont sans appel : on peut réduire les moyens alloués à « la maîtrise de l'énergie » et profiter d'une énergie peu chère à disposition plutôt qu'investir massivement dans des énergies coûteuses, non prouvées technologiquement. Le budget de l'Agence Française de la Maîtrise de l'Énergie est réduit de façon drastique. Seuls quelques programmes subsistent, mais les faibles ressources financières allouées ne permettent pas de voir émerger une technologie en particulier ni de créer une « croyance commune » vis-à-vis du développement des énergies renouvelables. Ainsi, jusqu'en 1998, le soutien aux ENR se focalise uniquement sur quelques programmes, (l'électrification des sites isolés, le programme « 20 000 chauffe-eau solaires », le plan bois énergie et développement local, le programme « Eole 2005 » (1996) et le programme biogaz). Ces programmes se révèlent trop faibles et souvent mal dimensionnés pour permettre le décollage des énergies renouvelables. Par exemple, en 1996, le programme « Eole 2005 » prévoyait l'installation de 250 MW à 500 MW d'éolien terrestre en France à l'horizon 2005 en utilisant un système d'appel d'offres. Les appels à propositions lancés entre 1996 et 1999 ont conduit à la sélection de 55 projets éoliens pour une puissance de 361 MW. En 2000, la France comptait seulement 76 MW¹¹. Les défauts de l'appel d'offre (manque de garanties de réalisation des projets, etc....) et le manque de visibilité des investisseurs sur les coûts réels d'exploitation des parcs éoliens (manque d'expérience, non-constitution de la filière) ont empêché les investisseurs de respecter leurs cahiers des charges, et le plus souvent, ont gelé les projets.

3.2 Un dynamisme exogène

Avant les négociations de Kyoto en 1997, la situation des ENR en France pouvait donc se résumer en quelques mots : un développement embryonnaire, hormis l'hydraulique et le bois énergie, un secteur industriel restreint, des mécanismes de développement du marché identifiés mais pas encore mis en œuvre, un soutien à la recherche de moyen et long terme très insuffisant, une information du public quasi inexiste et un budget ENR annuel à l'ADEME réduit à 8 M€. Néanmoins, les avancées des pays scandinaves (tel le Danemark) et de l'Allemagne ouvraient de nouveaux champs d'action pour le développement des énergies renouvelables et l'élan donné par l'Union Européenne marquait définitivement le virage vers les ENR.

En 1997, l'arrivée de la gauche plurielle au gouvernement, en conjonction avec le Protocole de Kyoto, marque l'engagement de la France dans la lutte contre le changement climatique. L'ADEME voit son budget et sa crédibilité augmenter. La perception même du changement climatique se modifie et un intérêt grandissant émerge sur le risque environnemental. L'élan donné au niveau européen au secteur électrique renforce la réflexion sur les politiques de soutien aux ENR. En 1996, le Livre Blanc sur les Énergies renouvelables fixe comme objectif d'atteindre, en 2010, une pénétration minimale de 12 % des sources d'énergie renouvelables dans l'Union européenne. Le budget ENR de l'ADEME est considérablement renforcé à partir de 1999 à plus de 45 M€/an, ce qui lui permet, en partenariat avec les Régions, de renforcer les programmes existants comme le Plan Bois Combustible (2ème génération), les ENR en DOM, TOM et Corse, ou la R&D photovoltaïque, et de concevoir et mettre en œuvre de nouveaux programmes comme le Plan Soleil qui vise à développer les applications thermiques de l'énergie solaire dans l'habitat et le tertiaire. Cette impulsion est amplifiée en 2000 avec le lancement du Plan National d'Action sur

¹¹ - Ménanteau, Ph. & Lamy, M.-L. (2002), *Quels instruments économiques pour stimuler le développement de l'électricité renouvelable*, Les cahiers de Global Chance, n°15, Février 2002

l’Efficacité Énergétique (PNAEE) avec un nouveau renforcement du budget ENR de l’ADEME, porté en 2002 à 78 M€, dont 15 M€ consacrés à la R&D.

La « Loi de Modernisation et de développement du service public de l’électricité » votée en 2000 intègre pour la première fois les tarifs d’achat garanti pour les énergies renouvelables. Ces tarifs, plus ou moins incitatifs pour la production d’électricité de sources renouvelables, et les incitations fiscales viennent compléter un cadre plus porteur pour le développement des ENR.

La Directive Européenne de 2001 sur la promotion des ENR vient confirmer la volonté de développement des ENR électriques en Europe. Elle impose en effet d’accorder à ces filières la priorité d'accès sur les réseaux et impose aux Etats-membres de soutenir le développement des ENR, selon des modalités qu'ils restent libres de choisir. La France fait le choix des tarifs d’achat garanti. Cette même Directive impose un objectif quantitatif : en France, la part des ENR dans la consommation intérieure brute d’électricité doit atteindre 21 % en 2010 (elle était de 16 % en 1997).

Le « Paquet Énergie Climat » (fin 2008) imposera quant à lui d’atteindre 23 % d’ENR dans la consommation intérieure brute d’énergie en 2020. Ces derniers objectifs sont en ligne avec les objectifs du Grenelle de l’Environnement.

3.3 Des difficultés de mise en œuvre

Mais contrairement à ce qui s'est passé en Allemagne, la mise en œuvre des politiques de rachat s'est heurtée à des difficultés diverses : les tarifs accordés aux producteurs d'énergies renouvelables se sont révélés soit trop élevés et ont de ce fait attiré des critiques de gaspillage des fonds publics et de concurrence faussée, soit trop faibles pour faire émerger la technologie.

Le récent cas du solaire PV en est une illustration. Dans le cadre du Grenelle de l'environnement des objectifs ambitieux avaient été adoptés : 1 100 MW en 2012 et 5 400 MW en 2020. Bénéficiant d'un tarif d'achat avantageux, les demandes de raccordement déposées fin décembre 2010 représentaient plus de 6 000 MW de capacités, soit déjà beaucoup plus que l'objectif fixé pour 2020. A ce moment-là, déjà plus de 1 000 MW de PV avaient été installées. En décembre 2010, le gouvernement a imposé un moratoire sur les tarifs d'achat garantis pour les installations PV et gelé ainsi l'avancement des projets.

Deux raisons étaient avancées par le gouvernement pour justifier ce gel :

- Des impacts sur la Contribution au Service Public de l’Électricité (CSPE) beaucoup plus importants que ceux prévus initialement dans les projets du Grenelle de l’Environnement. D’après la Commission de Régulation de l’Électricité (CRE), la charge relative au photovoltaïque passerait de 66 M€ en 2009 à 998 M€ en 2011. Cette contribution représenterait alors une augmentation de la facture d’électricité des consommateurs de l’ordre de 2 à 3 % pour une production électrique de l’ordre de 0,5 % de la consommation totale d’électricité. Les impacts financiers du développement du PV en France seraient donc beaucoup plus élevés que ceux initialement calculés en se basant sur les objectifs du Grenelle.
- Des tarifs d’achat qui n’ont pas permis de développer une véritable chaîne de valeur française. En France, peu d’entreprises se situent sur l’amont de la filière, la majorité de la chaîne de valeur se plaçant sur l’aval de la filière (le développement, l’installation et l’exploitation). La balance commerciale est largement déficitaire¹² et la plupart des panneaux solaires ont été achetés en dehors des frontières (Allemagne et Chine). En 2009, la France représentait 1 % de la capacité de production mondiale de cellules.

En février 2011, le rapport Charpin – Trink¹³ propose la segmentation des politiques de soutien selon les types de projet et l’encadrement du développement de la filière par des seuils annuels de capacités à installer à ne pas dépasser. Entre temps, les investissements dans cette filière sont gelés ; la recherche et développement s'est ralenti. La filière a même perdu des emplois. La nouvelle réglementation, parue début juillet, s’annonce complexe : trois paliers de puissances, onze tarifs et trois instruments différents (tarif d’achat garanti, appel d’offre simple et appel d’offre multicritères). Le seuil de 500 MW/an ne doit pas être dépassé ; ce seuil se décline en fonction de la taille des installations : 200 MW/an pour les petites unités (moins de 100 kW), 120 MW/an pour les unités moyennes (entre 100 kW et 250 kW) et 180 MW/an pour les grandes unités (250 kW et plus). Une telle complexité est porteuse de coûts de transaction élevés, peu propices à encourager les nouveaux acteurs à entrer dans le secteur. Les professionnels de la filière se montrent déjà très réservés sur l’efficacité d’un tel cadre réglementaire.

Cette succession d’événements illustre la sensibilité des énergies renouvelables aux incertitudes réglementaires et aux effets qu’elles induisent sur les autres politiques nationales telles que la politique industrielle (construction d’une filière), les finances publiques (le coût supporté par les citoyens) ou encore la politique d’innovation.

12 - EUROSTAF (2010) *Le marché françois du photovoltaïque: quels sont les risques d'un retournement du marché ?*, Etude Eurostaf, 2010.

13 - Charpin, Jean-Michel & Trink, Claude (2011) *Rapport de la concertation avec les acteurs concernés par le développement de la filière photovoltaïques*.

Reste que la politique de tarification n'explique pas à elle seule la différence de trajectoires de développement des deux pays maintenant que les outils convergent. D'autres facteurs entrent en considération, notamment l'existence de barrières administratives plus fortes en France qui semblent ralentir, voir geler certains investissements. Une étude récente sur les barrières non économiques¹⁴ aux projets éoliens en est l'illustration. Le montage d'un projet éolien en France requiert des procédures administratives directes ou indirectes avec plus de 36 interlocuteurs, la moyenne européenne étant de 12 interlocuteurs et de 8 pour l'Allemagne.

Ces difficultés trouvent leurs racines dans l'absence de réseau ou de terreau fertile, la faiblesse du lobby des énergies renouvelables et l'absence de « croyance commune partagée ». Surtout, les énergies renouvelables restent un sujet dogmatique entre les différents acteurs. Elles sont toujours mises en opposition aux autres sources d'énergie, et notamment au nucléaire.

3.4 La place du nucléaire joue en défaveur du développement des ENR électriques

La politique énergétique de la France s'est construite autour du nucléaire. La volonté de Charles de Gaulle, initiateur des grands programmes de recherche sur l'atome en 1958, était de redonner sa « grandeur » à la France après la Seconde Guerre Mondiale. La politique nucléaire est aussi considérée comme un moyen de rendre la France indépendante énergétiquement¹⁵. La politique énergétique de la France s'est donc organisée autour de l'atome, de manière très centralisée et dirigiste, comme le montre le choix du programme Messmer. Les énergies renouvelables ne font pas partie de ce schéma de pensée, sauf l'hydraulique qui, par son aspect centralisé, a tout à fait réussi à se développer. D'ailleurs, pendant longtemps, la politique énergétique de la France a été coordonnée par trois grandes institutions : la direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières (la DGEMP), le CEA et EDF. Les liens entre les 3 sont facilités par le fait que la majorité du personnel dirigeant est issu du Corps des Mines ou des Ponts et partage les mêmes valeurs et les mêmes représentations de la politique énergétique : le processus décisionnel est dès lors assez consensuel (Evrard, 2007). Même l'émergence d'un réseau d'acteurs sur les énergies renouvelables – comme le Comité de Liaison des Énergies Renouvelables (CLER) ou le Syndicat des Énergies Renouvelables (SER) – ne permet pas à ces derniers d'agir et de se faire entendre lors de l'élaboration de lois.

La position dominante du nucléaire dans la production d'électricité implique de nombreuses difficultés pour développer les énergies renouvelables. Le faible besoin en capacité électrique supplémentaire ne laisse qu'une place marginale au développement de ces nouvelles technologies, surtout après les décisions de construction des deux centrales EPR. De plus la dominance du nucléaire, dont la production est très peu modulable, limite fortement l'insertion d'énergie intermittente puisque le mix énergétique existant ne permet pas vraiment de suivre les variations de la demande. La croyance partagée qui s'est construite en France est que le nucléaire massif a permis de fournir une électricité peu chère à l'ensemble du pays. Le coût des ENR est alors analysé comme une augmentation non fondée des prix de l'électricité pour le consommateur.

En France, contrairement à l'Allemagne, l'accident de Tchernobyl et les préoccupations climatiques ont permis de conforter le choix du programme nucléaire. D'abord, l'État français a tout mis en œuvre pour limiter l'impact de l'accident de Tchernobyl. Les autorités publiques ont au contraire utilisé cet accident pour vanter les mérites de l'industrie nucléaire française et son niveau de sûreté. Ensuite, la question climatique est devenue une véritable justification pour les partisans d'une politique énergétique fortement nucléarisée autour d'arguments écologiques et a conduit au « verdissement » de l'atome (Evrard, 2007). Dès lors, les réponses apportées par les énergies renouvelables s'en trouvaient appauvries. En Allemagne, ces deux chocs exogènes n'ont fait que renforcer l'idée de trouver des alternatives non polluantes aux problèmes de l'énergie.

3.5 L'isolement des politiques de soutien aux ENR

Alors qu'en Allemagne, le choix d'orientation vers les énergies renouvelables s'est inscrit dans la politique industrielle et commerciale du pays, la France a mis en place ses politiques de soutien aux énergies renouvelables pour répondre aux objectifs européens des différentes directives. Ce positionnement n'a pas permis de voir émerger une réelle volonté de développer les ENR ni d'inscrire ce développement dans un cadre plus général de croissance économique.

En faisant le choix de développer les deux centrales nucléaires à base de la technologie EPR (Flamanville et Penly), la France répond aux besoins de capacités supplémentaires nécessaires à l'augmentation supposée de la demande électrique et au vieillissement de certaines centrales à l'horizon 2020. Ce choix a néanmoins des répercussions fortes pour le développement domestique de capacités d'ENR qui ne permettront pas de répondre à des besoins énergétiques précis. Les énergies renouvelables viennent en appui. Par manque de besoins électriques auxquels répondre, elles sont de facto isolées de la dynamique du secteur.

14 - Rapport final du projet européen WindBarriers, téléchargeable sur : <http://www.windbarriers.eu>

15 - Beltran, A. (1998) La politique énergétique française au XXème siècle – une construction historique, Réalités Industrielles, Annales de l'Ecole des Mines, Août 1998.

La faiblesse des politiques de soutien aux énergies renouvelables entre 1986 et 1996 n'avait pas permis l'émergence de nouveaux entrepreneurs. Ce sont donc les acteurs traditionnels comme EDF qui, dès le redémarrage en 1997 des politiques de soutien aux énergies renouvelables, se placent comme acteurs incontournables (CLER, 2004) : EDF devient le principal partenaire de l'ADEME pour les quelques projets encore existants. Mais sa position d'acteur dominant, exploitant l'ensemble des centrales nucléaires, ne laisse que peu de marges de manœuvre pour développer massivement les énergies renouvelables. Par contre, elle lui permet de légitimer sa position dans le nucléaire et d'asseoir les énergies renouvelables dans la catégorie des « énergies alternatives » voire marginales.

Les récents déboires de la filière photovoltaïque indiquent aussi que les politiques de soutien aux énergies renouvelables ne peuvent entraîner à elles seules la création d'une filière forte. Elles ne peuvent qu'accompagner les filières, à condition que d'autres paramètres soient pris en compte. L'effet prix attendu par un niveau élevé des tarifs d'achat garanti français au photovoltaïque peut générer des distorsions économiques : si les politiques de soutien aux énergies renouvelables ont pour objectif principal de répondre à un objectif chiffré au niveau européen, la rente accordée peut bénéficier principalement à des producteurs étrangers.

La mise en œuvre d'instruments particuliers – tels que les tarifs d'achat garantis – n'est donc pas l'unique clé de réussite d'une politique de soutien. L'environnement institutionnel joue le rôle de catalyseur ou de frein dans la réussite des politiques publiques aux énergies renouvelables.

La mise en œuvre isolée de politiques publiques d'énergies renouvelables, même ambitieuses, ne permet pas d'assurer un dynamisme propre à la filière. En France, c'est un objectif exogène à toute politique publique, qu'elle soit industrielle ou commerciale, qui a orienté les choix d'instruments de soutien aux énergies renouvelables. La question se pose dans une logique plus globale sur la place des énergies renouvelables qui ne représentent plus seulement un nouveau mode de production de l'énergie mais s'insèrent dans un nouveau paradigme de la politique énergétique. C'est parce qu'elle change de paradigme énergétique que l'Allemagne peut envisager un virage sans précédent dans ces nouvelles technologies.

4. Le changement de paradigme énergétique

En Allemagne, la catastrophe de Tchernobyl et la prise de conscience du changement climatique ont servi à mettre en évidence les paradoxes et les « anomalies » du système énergétique quant à la notion de risque. Les choix vers une énergie décarbonée telle que les énergies renouvelables devaient remplacer le choix fait précédemment du nucléaire. La sortie du nucléaire offre dans ces conditions des opportunités sans précédent pour les producteurs d'énergie renouvelable. La solution nucléaire pour répondre aux changements climatiques ayant été mise à mal, la question environnementale a eu pour résultat la recherche de solutions alternatives, favorisant ainsi l'émergence des énergies renouvelables comme solution à la lutte contre le changement climatique. Le changement de paradigme commençait alors à émerger.

Les énergies renouvelables ne représentent plus une forme d'énergie alternative en Allemagne. Elles sont surtout à la racine d'une nouvelle manière de concevoir les systèmes énergétiques. Elles s'accompagnent, toujours, d'une réflexion sur la demande d'énergie. C'est bien dans cette configuration que les énergies renouvelables peuvent se développer : leur part augmentera d'autant plus si la consommation d'énergie diminue. En cela, le paradigme énergétique est définitivement différent de celui de la France. Les choix récents dans la construction des deux EPR montrent que la France envisage encore de promouvoir l'usage de l'électricité, avec une réflexion et des discussions marginales sur le rôle que la maîtrise de la demande d'électricité pourrait jouer à long terme.

La question se pose aujourd'hui pour la France : comment orienter sa politique publique pour prendre le virage des énergies renouvelables ? Si les énergies renouvelables ne sont développées que pour répondre à un objectif européen, il est hautement probable que les politiques publiques échoueront à faire émerger un terreau fertile et propice aux développements des nouvelles technologies. Les énergies renouvelables doivent bénéficier, certes, de politiques de soutien, mais elles s'inscrivent aussi dans un projet de société. Une société plus sobre en carbone, plus efficace en termes de consommation d'énergie, plus responsable envers ses concitoyens. Les discussions ne peuvent pas se concentrer uniquement sur le choix d'un niveau de rémunération accordé aux producteurs. Elles doivent aussi s'interroger sur la place d'une politique de soutien aux énergies renouvelables en prenant conscience des compétences internes et des besoins domestiques.

Gros Plan

L'exemple du développement du biogaz en Allemagne : pourquoi ça fonctionne !

C'est en Allemagne que le marché du biogaz s'est le plus développé, avec notamment la filière de méthanisation agricole et territoriale. En 2007, il existait plus de 3 700 installations de méthanisation d'une puissance totale de 1 270 MW. En juin 2010, l'Allemagne comptait 2 380 installations de méthanisation pour une capacité de 5 800 MW. L'Allemagne comptabilise à ce jour plus de 41 usines d'injection de méthane. Ce développement a été facilité depuis 2000 par un tarif de rachat favorisant la cogénération et l'utilisation de techniques innovantes telles que l'injection du biogaz dans le réseau de gaz naturel. En parallèle au tarif d'achat garanti, l'Allemagne est la seule à avoir accompagné le développement du biogaz comme énergie par une politique d'incitation à l'utilisation des cultures énergétiques (maïs, céréales) pour la méthanisation. Néanmoins, la hausse du prix alimentaire des grandes cultures en 2007 et 2008 a favorisé le marché de l'alimentation au détriment de celui de la méthanisation agricole. Le gouvernement allemand a alors décidé d'augmenter le tarif de rachat pour la méthanisation de cultures énergétiques et d'élargir la liste des types de biomasses utilisables dans les installations.

Le succès du biogaz en Allemagne s'explique par plusieurs facteurs :

- Le tarif de rachat du biogaz est particulièrement stable depuis la mise en place de la loi sur les énergies renouvelables dite « EEG ». Il varie selon la capacité installée. Le tableau ci-dessous donne l'évaluation des tarifs après la révision de la loi sur les énergies renouvelables de 2009. Il est valable pour une durée de 20 ans, et peut être complété par les primes à l'innovation ou d'autres aides des Länder. La Basse-Saxe et la Bavière sont les deux Länder les plus favorables en termes de prix au développement du biogaz.

Tableau 4. Tarif de rachat - filière Biogaz en Allemagne

< 150 kW	0.1167€/kWh
151 kW < X <	0.0918€/kWh
500 kW	
500 kW < X < 5 MW	0.0825€/ kWh
5 MW – 20 MW	0.0779€/kWh

- La mise en place d'un soutien à l'accès au réseau pour l'injection du bio-méthane dans les réseaux de gaz naturel
- Des procédures simplifiées de construction, d'installations et d'exploitation
- Des solutions de financement innovantes

L'Allemagne se démarque aussi sur le plan du développement du biogaz par une concentration sur les petits parcs au détriment de solutions à grande échelle. La France fait pâle figure à côté de ce développement outre-rhin. La production électrique à partir de biogaz s'y élevait fin 2009 à peine à 846 GWh, bien loin des 12,6 TWh allemand.

Gros Plan 2

Les Chauffe eau solaires en France et en Allemagne

Le développement de l'énergie solaire thermique (essentiellement pour l'eau chaude sanitaire et plus marginalement pour le chauffage des logements) reste relativement marginal en Europe alors que le potentiel, en particulier dans les pays du sud de l'Europe, y est important. Dans ce contexte et malgré un climat moins favorable qu'en France par exemple, l'Allemagne se révèle le premier pays européen en termes de développement du solaire thermique. En mai 2011, l'Allemagne comptabilisait 13 824 000 m² de capteurs solaires thermiques alors que la France atteignait une capacité installée de 1 573 900 m² (ESTIF, 2011).

Ce succès s'explique principalement par l'existence d'un triptyque réglementaire « Incitations financières/Normes de performances/Information » qui permet le développement de la filière et la création d'un tissu industriel national. Ce schéma particulièrement stimulant démarre dès le début des années 90. Il réussit à cibler différents acteurs et à leur apporter des incitations financières. Ce schéma corrobore les facteurs clef de succès analysés pour le développement des énergies renouvelables électriques. Ces programmes d'incitations financières distinguent les différents acteurs :

- *Les entreprises privées, institutions publiques et autres organisations.*

En 1990, le programme « Environnement et Économie d'énergie » initie le soutien au solaire thermique en fournissant des prêts à taux préférentiels de 2 points inférieur aux taux d'intérêt usuels, susceptibles d'être complétés par des prêts « environnement » de la KfW Bankengroup. Accordés aux entreprises privées, ils peuvent financer jusqu'à 50 % des coûts d'installation de technologies ENR. En 1993, le programme « Solarthermie 2000 » a pour but d'augmenter la viabilité économique de l'énergie solaire thermique en démontrant la faisabilité des systèmes solaires thermiques de grande taille et des petits réseaux de chaleur à base d'énergie solaire. Pour cela, des subventions à hauteur de 50 % des coûts d'investissement sont accordées. Renforcé en 2004 par le programme « Solarthermie 2000 plus », cet instrument est désormais disponible pour toutes les institutions publiques, les fondations, les entreprises d'intérêt général et les compagnies privées. Le programme « Solarthermie 2000 plus » subventionne les projets expérimentaux, pour permettre aux chercheurs de tester les nouveaux systèmes en conditions réelles. Ces programmes permettent notamment de lier la R&D à la commercialisation des technologies. Depuis 1999, le programme de stimulation de marché, le Marktanreizprogramm (MAP), subventionne les investissements dans le solaire thermique à long terme et octroie des prêts à taux préférentiel. Ces subventions représentent environ 15 % du coût d'investissement. Y sont éligibles aussi bien les particuliers que les petites & moyennes entreprises.

- *Les particuliers.*

En 1995, des aides fédérales sont versées aux particuliers pour l'achat d'immobilier lorsque des capteurs solaires ou des pompes à chaleur y sont installées. Entre 1995 et 1998, des subventions sont accordées qui représentent jusqu'à 30 % des coûts d'investissement. Ce programme a été remplacé en 1999 par le MAP: prêts bonifiés pour les capteurs solaires et autorisations administratives simplifiées (une demande de subventions doit être traitées dans les 4 semaines suivant son dépôt).

Le second déterminant du succès des politiques allemandes est l'application de normes de performances énergétiques. Au programme MAP s'ajoutent des exigences de performances pour assurer un niveau standard de performances des installations, excluant de fait les capteurs solaires les moins efficaces ; ces exigences de performances techniques ont été revues à la hausse en 2004. L'imposition de normes est aussi un élément moteur quant à l'effort d'innovation sur les technologies existantes. Elle pousse les producteurs des technologies à améliorer la performance de leurs installations.

Enfin, la dernière clef de succès des politiques allemandes est l'effort d'information et de sensibilisation réalisé depuis les années 90. Par exemple, en 1990, le Centre d'Information pour les pompes à chaleur et le refroidissement est créé ; il a pour objectif d'informer l'ensemble des acteurs sur les possibilités de soutien à l'installation de pompes à chaleur. D'abord financé par le gouvernement, ce centre d'information est depuis 2004 une entité indépendante. En 1999, une large campagne d'information sur le solaire thermique est lancée : « Solar... Ncklar », suivie par celle accompagnant en 2004 le programme « Solarthermie 2000 plus » puis récemment la campagne : « Wärme von der Sonne » (la Chaleur du Soleil).

La structure fédérale de l'Allemagne semble aussi avoir joué un rôle de catalyseur des politiques nationales. L'approche du type « bottom-up » et l'ancrage territorial ont ainsi permis le développement à grande échelle de solutions thermiques solaires.

Au total, ces schémas incitatifs ont permis la création d'un marché du solaire thermique fort, avec de nombreux acteurs, marché qui a su accompagner la conception des politiques par un lobby organisé. Ces éléments explicatifs ont aussi permis de pérenniser une filière industrielle forte et ont apporté une réelle visibilité de l'existence de cette technologie.

A contrario, le développement du solaire thermique en France a été très sensible à :

- *De fortes incertitudes réglementaires et des modifications du cadre incitatif*

Après un démarrage prometteur au début des années 80, vite interrompu en 1986 avec le contre choc pétrolier, le gouvernement français fait le choix de l'électricité, et du nucléaire. Ce n'est qu'en 1999 qu'on constate un redémarrage avec un programme « Chauffe-eau solaire » qui concerne principalement les DOM-TOM. Mais son objectif ayant été atteint dès 2000, le programme est arrêté. Au début des années 2000, de nouveaux programmes de soutien au solaire thermique sont lancés. Le « Plan Soleil » est un programme d'information et de sensibilisation, qui fournit aussi des aides et des subventions pour l'installation de chauffe-eau solaires (individuel ou collectif). Le « Plan soleil » avait pour ambition de mettre en place un cadre incitatif de long terme, alors que les tentatives précédentes s'étaient contentées d'instruments de court terme loin d'être assez incitatifs pour la filière. En sus des aides financières, le plan soleil introduit la certification « Qualisol ». De nombreux autres programmes existent¹ sur les renouvelables thermiques, mais sont principalement des facilités de financement, comme par exemple le FOGIME (fonds de garantie) ou le FIDEME, ou encore le crédit d'impôt. Ces incitations, complexes à comprendre, ont permis un décollage récent des capacités installées, mais restent encore trop faibles pour véritablement dynamiser la filière.

- *Une forte concurrence du chauffage électrique*

Les coûts d'installation de convecteurs ou de chauffe électriques sont inférieurs aux coûts d'installation du solaire thermique. Les promoteurs immobiliers ont eu tendance à favoriser l'installation électrique pour le chauffage dans les nouvelles constructions (ADEME, 2010). Cette concurrence n'a laissé que peu d'espaces pour installer les nouvelles technologies. En Allemagne, la loi sur les énergies renouvelables thermiques de 2009 imposent une fourniture a minima de la chaleur par les énergies renouvelables.

La lecture des plans de développement des énergies renouvelables thermiques, et les ambitions allemandes relatives à l'efficacité énergétique tendent à montrer que là encore, l'Allemagne compte bien plus que la France sur le développement des énergies renouvelables thermiques pour répondre aux défis énergétiques et climatiques. Néanmoins, les récentes incertitudes allemandes sur le budget du programme MAP ont engendré un réel ralentissement de l'installation des capacités de solaire thermique (-28 % de capacités installées en 2010 par rapport à 2009). Ce qui tend à prouver qu'en question de développement des énergies renouvelables, la stabilité des schémas incitatifs reste l'élément clef dans la constitution d'une filière.

¹ - Pour un aperçu de ces programmes : IEA (2007), *Renewables for Heating and Cooling*, IEA OECD et www.ademe.fr

La politique énergétique allemande : La voie vers les renouvelables¹

Rédaction de Global Chance

1. Principes et objectifs du Concept énergétique allemand

Les principes et objectifs de la politique énergétique allemande sont définis par le « Concept énergétique allemand » présenté par le gouvernement fédéral en septembre 2010.

La politique énergétique de l'Allemagne est fondée sur trois grands objectifs à l'horizon 2050, jalonnés par des objectifs intermédiaires.

1.1 Objectif efficacité énergétique

- Consommation d'énergie primaire, par rapport à sa valeur en 2008 : - 20 % en 2020 et – 50 % en 2050.
- Consommation d'électricité par rapport à sa valeur en 2008 : - 10 % en 2020 et – 25 % en 2050

1.2 Objectif climat

Émissions de gaz à effet de serre par rapport à leur valeur en 1990 (-18,5 % en 2006) : - 40 % en 2020, -55 % en 2030, - 70 % en 2040, - 80-95 % en 2050.

1.3 Objectif renouvelables

- Part des renouvelables dans la consommation d'électricité (18 % en 2009) : 35 % en 2020, 50 % en 2030, 65 % en 2040, 80 % en 2050.
- Part des renouvelables dans la consommation d'énergie primaire (10 % en 2009²) : 18 % en 2020, 30 % en 2030, 45 % en 2040, 60 % en 2050.

2. La sortie du nucléaire

Ces objectifs de « transition énergétique » sont accompagnés par la décision de sortie du nucléaire, confirmée par le gouvernement en juin 2011 : deux réacteurs ont déjà été arrêtés en 2003 et 2005 et, sur les 17 réacteurs en fonctionnement début 2011, les 7 réacteurs les plus anciens, tous construits avant 1980, déconnectés du réseau quatre jours après la catastrophe de Fukushima au Japon, ne seront pas relancés, sept autres réacteurs seront arrêtés d'ici 2021 (1 en 2011³, 1 en 2015, 1 en 2017, 1 en 2019, 3 en 2021) et les trois derniers en 2022⁴.

Ces décisions ont été prises sur la base d'un rapport de la Commission de sûreté nucléaire et d'un rapport d'une Commission éthique spécialement réunie pour étudier la future politique énergétique allemande.

89

3. Les éléments de la mise en œuvre

Le document « The path to the energy of the future - reliable, affordable and environmentally sound », publié en juin 2011 par le ministère allemand chargé de l'environnement (BMU) permet d'apporter un certain nombre d'informations sur la mise en œuvre de cette politique.

1 - Extrait de « The path to the energy of the future - reliable, affordable and environmentally sound » BMU, juin 2011.

2 - Le gouvernement allemand chiffre à 340 000 le nombre d'emplois consacrés aux énergies renouvelables en 2009, dont 102 000 pour l'éolien, 128 000 pour la biomasse et 81 000 pour le solaire.

3 - Krümmel, déjà arrêté, ne sera pas redémarré. Un des réacteurs arrêtés en 2011 sera gardé en réserve jusqu'au printemps 2016.

4 - Décision du gouvernement allemand du 6 juin 2011.

3.1 Compétitivité économique et industrielle

“The thorough restructuring of our energy supply represents above all an opportunity for the generations to come. Our country is a pioneer on the path towards the energy supply of the future. We can be the world’s first major industrialised nation to accomplish the transition towards a highly efficient, renewable energy system. However, this will require a strictly realistic, judicious and common sense approach. Our focus is on innovation and advanced technologies, on effective and cost-efficient measures, and on pursuing a policy that is environmentally sound, climate-friendly and in line with market and competition principles.”

3.2 Effort collectif de tous les acteurs

« This opens up technological and economic opportunities in terms of Germany’s competitiveness as an exporter and location to do business. In the best tradition of German engineering, new technologies and products, new export opportunities and thus employment and growth will be created. Accelerating the journey towards the age of renewables will make Germany one of the most advanced and energy efficient economies in the world while maintaining competitive energy prices, energy security and a high level of prosperity.

3.3 Efficacité énergétique dans les bâtiments

- Bâtiments neufs : « Energy saving ordinance », réglementation thermique renforcée, objectif « zéro-énergie » pour 2020 , application aux bâtiments publics dès 2012.
- Rénovation énergétique des bâtiments existants : maintien des incitations actuelles, augmentation du budget d’incitation à 1,5 milliards d’euros par an en 2012, 2013 et 2014, comparé à 936 millions en 2011.
- Projet de « certificats d’économies d’énergie » envisagés pour 2015.
- Critères sévères d’efficacité énergétique pour l’achat d’équipements et de services dans le secteur public (« public procurement »).
- Soutien à une politique européenne d’efficacité énergétique plus ambitieuse : standards et labels alignés sur la « meilleure technologie sur le marché » (approche « top runner »).

3.4 Développement des énergies renouvelables

- Sur la base des potentiels de réduction des coûts, la surcharge (tarif d’achat) sur le prix de l’électricité ne devrait pas dépasser le niveau actuel de 3,5 cents/kWh (« Renewable Energy Sources Act »).
- Programme spécial pour l’éolien « off-shore » de la banque KfW, de 5 milliards d’euros. Simplification des procédures d’agrément.
- Remplacement des éoliennes anciennes par de nouveaux modèles plus puissants (« repowering »).

3.5 Développement des réseaux de transport et distribution et du stockage

- Adoption d’une loi de développement accéléré des réseaux (« Grid Expansion Acceleration Act », NABEG), notamment pour permettre le transport de l’électricité depuis la production d’origine éolienne du Nord de l’Allemagne (y compris la Mer du Nord) jusqu’aux centres de consommation du Sud.
- La révision du « Energy Industry Act » (EnWG) permettra le développement des réseaux intelligents et des équipements de stockage facilitant l’intégration de la production d’électricité d’origine renouvelable.

3.6 Centrales électriques thermiques classiques et cogénération

- Démarrer impérativement les centrales en construction avant fin 2013.
- Prévoir une capacité de réserve supplémentaire (gaz et charbon) de 10 GWe en 2020.
- Renforcement de la production en cogénération par la révision du « Combined Heat and Power Act » (KWK-Gesetz).

3.7 Répartition des responsabilités

- Le ministre de l’économie est responsable du développement des réseaux, de la construction des centrales électriques classiques et de l’efficacité énergétique.
- Le ministre de l’environnement est responsable du développement des énergies renouvelables.

Conclusion : les enseignements de la comparaison

Rédaction de Global Chance

La comparaison entre les situations énergétiques de l'Allemagne et de la France et leur évolution depuis les vingt dernières années permet de dépasser sur de nombreux points les poncifs les plus courants qui circulent sur les caractéristiques de ces deux pays dans ce domaine : une Allemagne arc-boutée sur le charbon, aux voitures et à l'industrie puissantes et énergivores, une France « propre et indépendante » grâce au nucléaire qui soutient son industrie et exporte, etc..

L'analyse comparative montre des similitudes de situations et d'évolution, notamment dans la réduction des intensités énergétiques des deux pays, mais aussi des différences notables, au moins autant au niveau de la demande que de l'offre d'énergie, souvent très instructives (mais parfois aussi non expliquées) qui méritent d'être soulignées, conséquences de politiques publiques très divergentes depuis le début des années 2000.

Rappelons-en ici les résultats les plus marquants.

1. Les données économiques

Dans une France 1,3 fois moins peuplée que l'Allemagne, mais dont la population a augmenté de cinq millions depuis 1990 contre deux millions chez son voisin, les valeurs ajoutées par habitant restent très proches sur toute la période mais distribuées différemment, avec une plus forte part de la valeur ajoutée de l'industrie dans le PIB en Allemagne (28,5 % contre 19,9 % en France) et de plus fortes parts en France du tertiaire (67,8 % contre 61,0 % en Allemagne) et de l'agriculture (2,1 % contre 1,0 % en Allemagne).

Si l'on sait d'autre part que les soldes export import allemand et français sont très contrastés (en 2008 : +177 milliards d'euros pour l'Allemagne et -68 milliards d'euros pour la France), on ignore souvent que cette divergence entre les deux économies, sensible mais de beaucoup plus faible ampleur dans les années 90, s'est fortement aggravée depuis 2000. A partir de cette date, l'écart se creuse (le solde français étant de plus en plus déficitaire et le solde allemand fortement bénéficiaire), pour atteindre quelque 3 250 euros par habitant¹ en 2007.

2. La demande énergétique

Dans le domaine de la consommation finale d'énergie, les découvertes sont nombreuses.

Tout d'abord, si l'on pouvait raisonnablement s'attendre à voir la consommation d'énergie du secteur industriel représenter une part plus importante en Allemagne (27 %) qu'en France (21 %), ou la part de l'électricité être plus forte (25 %) en France qu'en Allemagne (21 %), on est plus surpris de constater que les transports comptent pour trois points de plus dans le bilan final en France (30 %) qu'en Allemagne (27 %) et que la part de produits pétroliers y est nettement plus forte (41 %) qu'en Allemagne (37 %).

On est également surpris de constater que la consommation par habitant des transports d'un Français est supérieure de 8 % à celle d'un Allemand et que celle de produits pétroliers par habitant est supérieure de 7 % à celle d'un Allemand. Ou de constater que la divergence des consommations d'électricité par habitant des deux pays, qui atteint plus de 11 % en 2008, est d'origine récente puisque les consommations étaient équivalentes en 1990. On en trouve une part d'explication dans la politique d'économie d'électricité engagée depuis 1999 en Allemagne.

D'autre part et contrairement à l'idée généralement reçue, on constate que la stratégie nucléaire française, dont la justification proclamée a toujours été l'avantage économique que devait en tirer l'industrie française, ne s'est pas traduite

¹ - Somme du solde par habitant positif de l'Allemagne moins solde (négatif) par habitant de la France.

par une pénétration significativement plus importante dans l'industrie de ce vecteur en France (35 %) qu'en Allemagne (34 %).

Par contre les intensités énergétiques de l'industrie des deux pays suivent la même évolution depuis le début des années 2000 et ont des valeurs très proches.

C'est dans les secteurs résidentiel et tertiaire et tout particulièrement pour l'électricité, que les différences entre les deux pays sont les plus importantes. En Allemagne, le gaz est en tête avec 40 %, suivi de l'électricité (23 %) et des produits pétroliers (23 %), chaleur² et biomasse sont respectivement à 8 % et 5 %.

En France, l'électricité est en tête à 36 %, suivie par le gaz (29 %), les produits pétroliers (18 %), la biomasse (11 %) et la chaleur (6 %). La consommation d'électricité par habitant y est 30 % supérieure, ce qui n'a rien de surprenant vu l'importance du parc de logements chauffé à l'électricité.

Dans le secteur résidentiel, on constate que la consommation finale de chauffage au m² de logement, à climat identique, est 23 % plus faible en Allemagne qu'en France.

On constate d'autre part une divergence d'évolution majeure des consommations d'électricité spécifique par habitant du secteur résidentiel: alors qu'elles étaient identiques en 1991 (750 kWh par habitant), elles accusent en 2008 un écart de 27 % (1 230 kWh en France contre 970 kWh en Allemagne). Parmi les explications, l'augmentation du prix de l'électricité en Allemagne, en particulier du fait d'une politique fiscale progressive sur l'électricité et une politique industrielle très active dans le domaine de l'efficacité énergétiques des appareils électriques.

3. L'offre d'énergie

La comparaison des offres énergétiques fait apparaître des différences ou des convergences attendues, mais aussi d'autres, plus surprenantes.

Sans surprise, en Allemagne, la principale source primaire est le pétrole brut, à 33 %, suivie du charbon et du gaz naturel à 23 %, de l'uranium à 11 % et de la biomasse à 8 %. En France, la principale source primaire est l'uranium, à 42 %, suivie de « pétrole brut + produits pétroliers » à 31 %, du gaz naturel à 15 %, de la biomasse et du charbon à respectivement 6 % et 4 %. Plus surprenante, la contribution des énergies renouvelables est en Allemagne de 31,65 Mtep (10 % de la consommation primaire) contre 20,65 Mtep en France (8,2 % de la consommation primaire). A noter aussi l'écart de rendement de production brute d'électricité entre l'Allemagne et la France, qui atteint 2,5 points (39 % en Allemagne, 36,5 % en France). Cet écart de rendement atteint 6 points si l'on prend en compte dans le calcul la chaleur produite en cogénération chaleur électricité (45 % et 39 %).

A souligner enfin une consommation de biomasse par habitant 35 % plus forte en Allemagne qu'en France qui s'explique en grande part par une importante production d'électricité ex biomasse (40 TWh).

Les intensités énergétiques primaires des deux pays ont des valeurs très proches et ont suivi des évolutions à la baisse, parallèles depuis 1991.

3.1 La production d'électricité

Si la production d'électricité par habitant est supérieure de 16 % en France, celle qui est mise à la disposition d'un habitant n'y est finalement supérieure que de 11 % du fait de pertes plus importantes (transport et distribution, consommations engendrées par la fabrication et le retraitement du combustible nucléaire, etc.). Finalement, pour mettre à disposition 1 kWh d'électricité finale, il faut 2,97 kWh d'énergie primaire en Allemagne et 3,31 kWh d'énergie primaire en France.

En Allemagne, la production d'électricité est dominée par le charbon à 44,3 %, suivie du nucléaire à 22,6 %, les énergies renouvelables à 18,1 % (dont 7 % à partir de biomasse) et le gaz à 12,9 %. En France, la production d'origine nucléaire est ultra dominante à 76 %. Les contributions du charbon (5 %) et du gaz (4 %) sont faibles. Parmi les renouvelables, seule l'hydraulique garde sa production historique de l'ordre de 60 TWh (11 % du total). L'ensemble renouvelable ne représente que 14 % de la production totale.

En valeur absolue, la production d'électricité d'origine renouvelable en France ne représente que 70 % de la production allemande.

Enfin, on est surpris de constater que, contrairement à l'idée généralement admise, le solde des échanges d'électricité de la France avec l'Allemagne est négatif: la France importe 12 TWh de plus d'Allemagne qu'elle n'exporte vers ce pays.

3.2 Les renouvelables

Les évolutions, très contrastées dans les deux pays, sont d'abord dues aux politiques d'utilisation de la biomasse : c'est ainsi que sa consommation, encore trois fois plus faible en Allemagne qu'en France en 1991 (4,6 Mtep contre 12,6), a

² - La chaleur comprend d'une part la chaleur primaire (chauffe-eau solaire et géothermie à basse température) et la chaleur de réseau (produite en Allemagne essentiellement par cogénération).

très rapidement augmenté pour dépasser 25 Mtep contre 14,6 en France en 2008. Près de 15 Mtep y sont consacrés à la production d'électricité (6 de bois, 4 de déchets organiques, 3,5 de biogaz), contre 2,2 Mtep seulement en France. De même, la production de biogaz à partir des déchets agricoles et municipaux atteint en Allemagne 4 Mtep contre à peine 0,5 Mtep en France. En France, la production d'électricité renouvelable reste dominée par sa production historique hydraulique qui ne progresse pratiquement plus.

L'autre point bien connu à souligner est l'effort considérable accompli par l'Allemagne sur l'éolien (26 GW installés contre 4,5 GW en France en 2009) et le photovoltaïque (10 GW contre 0,3), secteurs dans lesquels la France accuse un retard considérable.

L'importance, la cohérence et la continuité des politiques publiques allemandes de soutien à l'électricité renouvelable, considérée comme une activité industrielle et commerciale à part entière explique ce très rapide développement des énergies renouvelables en Allemagne et souligne en creux les faiblesses de la politique française dans le même domaine.

3.3 La dépendance et la sécurité énergétiques

Si l'on s'en tient, comme le font traditionnellement en France les gouvernements successifs, à une définition de la production nationale d'énergie incluant l'électricité nucléaire, même si l'uranium est totalement importé, la France peut s'enorgueillir d'un taux d'indépendance énergétique³ de 51 % contre 41 % pour l'Allemagne en 2009.

Si l'on prend en compte le fait que l'uranium utilisé dans les deux pays est entièrement importé les taux d'indépendance respectifs tombent à 9 % pour la France et à 30 % pour l'Allemagne.

Si la question en débat est celle de la dépendance aux énergies fossiles des deux pays, c'est alors l'économie d'énergies fossiles, le gaz naturel par exemple, que permet l'utilisation d'uranium pour produire l'électricité, qui compte. Dans ce cas, le taux d'indépendance de la France tombe à 35 % et celui de l'Allemagne à 31 %.

La très grande variété de ces taux montre le caractère réducteur du choix méthodologique français qui donne une image flatteuse mais contestable de la réalité de la dépendance énergétique du pays.

En termes de sécurité, des chiffres comme la consommation énergétique finale respective de produits pétroliers par habitant (5 % supérieure en France) ou la quasi monoculture électrique en France (76 % pour le nucléaire) alors que l'Allemagne dispose d'un mix électrique beaucoup plus diversifié (44 % charbon, 23 % nucléaire, 18 % renouvelables et 13 % gaz), montrent la vulnérabilité relative de la France par rapport à l'Allemagne

4. Les émissions de gaz à effet de serre et les déchets nucléaires

4.1 Le gaz carbonique CO₂

Sans surprise, les émissions de CO₂ par habitant de l'Allemagne, telles qu'elles sont actuellement prises en compte dans les bilans nationaux, sont nettement supérieures à celles de la France (60 %), principalement du fait du recours au charbon pour la production d'électricité (alors que l'essentiel de la production française est d'origine nucléaire), mais aussi de la présence plus forte d'une industrie intensive en énergie en Allemagne. Mais l'écart entre les deux pays se resserre en fonction du temps.

Il serait très utile d'engager une comparaison des deux pays tenant compte de l'énergie « grise » dans les bilans nationaux. L'exemple français, où la prise en compte de cet effet import export augmente les émissions par habitant de 40 % montre l'importance de ce phénomène.

Dans les deux pays, les émissions de CO₂ par unité de PIB, ont diminué de plus de 30 % depuis 1991. Globalement, l'industrie allemande a amélioré sa performance CO₂ de 19 % et la France de 16 %. Par contre, les émissions par habitant des transports ont diminué nettement plus rapidement en Allemagne qu'en France. Alors qu'elles étaient 4 % plus fortes que celles de la France en 1991, elles leur sont de 4 % inférieures en 2009. Enfin, en Allemagne et en France, les émissions (directes et indirectes) par habitant du secteur résidentiel, nettement plus élevées en Allemagne, ont décrue au cours de la période, de 2,59 à 2,22 tCO₂ en Allemagne (17 %) et un peu moins en France, de 1,36 à 1,20 tCO₂ (13 %).

4.2 Le méthane CH₄

Les évolutions relatives d'émissions de CH₄ dans les deux pays sont beaucoup plus contrastées que pour le CO₂. Les émissions allemandes, supérieures de 40 % aux émissions françaises en 1991, sont de 27 % inférieures aux émissions françaises en 2007.

Pendant que les émissions françaises diminuaient de 22 %, les émissions allemandes de méthane chutaient d'un facteur 2,17. C'est la conséquence d'une politique volontariste de récupération du méthane des ordures ménagères et des déchets agricoles en Allemagne à des fins énergétiques qui a rapidement porté ses fruits (voir Gros Plan p), de la fer-

³ - Défini officiellement en France comme le rapport de la production nationale d'énergie à la consommation primaire.

meture de nombreuses mines de charbon et de la récupération du gaz de ces mines (grisou). En France, la politique de couverture des décharges et de récupération du méthane est plus récente et moins volontariste.

On insiste sur le fait que ces réductions d'émissions de méthane, en particulier en Allemagne, représentent une part non négligeable, mais généralement ignorée, de l'effort de réduction globale de gaz à effet de serre sur la période considérée. Les actions entreprises par l'Allemagne pour réduire ses émissions de CH₄ se soldent par des conséquences analogues à une réduction des émissions de CO₂ par habitant de 0,64 tonne à l'horizon 2107 et de 2,19 tonnes à l'horizon 2027, non négligeables à ces deux horizons par rapport aux réductions réalisées sur le CO₂ (25 et 90 % selon l'horizon choisi).

En France, les réductions obtenues se soldent par des conséquences analogues à une réduction

des émissions de CO₂ de 0,28 tonne par habitant à l'horizon 2107 et de 0,95 tonne à l'horizon 2027 contre 1,1 tonne de réduction du CO₂ du système énergétique (25 à 85 % selon l'horizon).

4.3 Les déchets nucléaires

Dans les deux pays, la production d'électricité d'origine nucléaire a engendré et continue d'engendrer des déchets radioactifs extrêmement hétérogènes dans leurs caractéristiques physiques et chimiques, dans les volumes qu'ils représentent, dans leur niveau de dangerosité et son évolution dans le temps.

La première catégorie de déchets est constituée par les combustibles irradiés issus des centrales nucléaires (ou combustibles usés). La France, en retraite à l'usine de La Hague une proportion importante pour en récupérer les matières nucléaires utilisables (uranium et plutonium qui, dans cette perspective, ne sont pas considérés comme un déchet), en les séparant des déchets dits « ultimes » accumulés dans le combustible pendant son séjour dans le réacteur nucléaire. L'Allemagne a, dans un premier temps, envoyé ses combustibles usés en France pour traitement avant d'abandonner cette voie pour revenir à l'entreposage direct des combustibles irradiés.

L'ensemble des industries du combustible nucléaire (et tout particulièrement le retraitement des combustibles irradiés) produit des déchets de catégories très diverses. Enfin, l'Allemagne et la France ont exploité dans le passé le minerai d'uranium dont les stériles s'accumulent en centaines de millions de tonnes et les résidus en dizaines de millions de tonnes.

Les stocks de combustibles usés entreposés, exprimés en tonnes de métaux lourds, sont le double en France qu'en Allemagne : respectivement environ 12000 tonnes et 6000 tonnes.

L'ensemble des déchets à faible et moyenne activité à vie longue est 6,5 fois plus important en France qu'en Allemagne mais ils sont en France tous traités et entreposés en attente de stockage définitif tandis que 20 % d'entre eux ne sont pas encore traités en Allemagne.

En ce qui concerne les déchets à haute activité, ni les déchets allemands, ni les français (3,4 fois supérieurs en volume) ne sont stockés actuellement puisque aucune solution de stockage n'est opérationnelle aujourd'hui dans ces deux pays comme dans l'Union Européenne.

En résumé, la France cumule par habitant dix fois plus de déchets de faible et moyenne activité à vie courte, neuf fois plus de déchets de faible et moyenne activité à vie longue et quatre fois plus de déchets à haute activité.

5. Une comparaison qui incite à la réflexion

Indéniablement, les courbes et les chiffres présentés dans ce document montrent une profonde divergence entre les politiques énergétiques allemande et française à partir de la fin des années 1990. C'est-à-dire au moment où l'effort massif de la réunification a terminé sa phase la plus lourde et où le gouvernement l'Allemagne a décidé la « sortie du nucléaire » comme objectif à moyen terme. En conséquence, ce pays a développé considérablement ses efforts sur l'efficacité énergétique et surtout les énergies renouvelables, à la fois pour des considérations de sécurité énergétique et de lutte contre le changement climatique mais aussi, ce qui lui a valu le soutien de l'industrie et des syndicats allemands, pour des considérations économiques et sociales (création d'activités et d'emplois).

Les succès confirmés de l'industrie allemande et son avance considérable en matière d'exportation conduisent, par comparaison, à se poser de sérieuses questions sur la constance (ou le conservatisme) de la politique énergétique française. La France qui a fait historiquement des efforts importants dans le domaine de l'efficacité énergétique mais a insuffisamment poursuivi sur sa lancée, a continué à consommer et surtout à produire de l'électricité en surabondance pour soutenir sa politique nucléaire et a, jusqu'ici, sacrifié le développement des énergies renouvelables. Et cela en dépit du fait que, dans tous les domaines (chaleur et électricité), les potentiels de ce développement y sont, bien supérieurs à ceux de l'Allemagne.

L'exemple allemand montre en particulier que la mise en place de politiques volontaristes et pérennes de maîtrise de l'électricité et de promotion des énergies renouvelables sont très rapidement efficaces et porteuses d'emploi. Au moment où en France le débat sur l'avenir du nucléaire revient sur l'avant de la scène, l'exemple allemand mérite donc d'être sérieusement médité.

Les 25 derniers numéros

N° 9 - novembre 1997

De Rio à Kyoto - La négociation Climat

N° 10 - mars 1998

Le climat, risque majeur et enjeu politique - De la conférence de Kyoto à celle de Buenos Aires.

Coédité avec le Courrier de la Planète

N° 11 - avril 1999

Le nucléaire en débat - N'avons-nous pas le temps d'élaborer des solutions acceptables

N° 12 - novembre 1999

Environnement et mondialisation

N° 13 - novembre 2000

Faire l'économie du nucléaire ?

Un rapport récent relance le débat

N° 14 - mars 2001

Changements climatiques

Les politiques dans la tourmente

Coédité avec le Courrier de la Planète

N° 15 - février 2002

Les énergies renouvelables face au défi du développement durable

N° 16 - novembre 2002

Maîtrise de l'énergie et développement durable

N° 17 - septembre 2003

Débat énergie

Une autre politique est possible

N° hors série - janvier 2003

Petit mémento énergétique

Éléments pour un débat sur l'énergie en France

N° 18 - janvier 2004

Le réacteur EPR : un projet inutile et dangereux

N° 19 - juin 2004

Climat, Énergie : éviter la surchauffe

N° 20 - février 2005

Les utopies technologiques : Alibi politique, infantilisation du citoyen ou lendemains qui chantent

N° hors série - septembre 2005

Petit mémento des déchets nucléaires

Éléments pour un débat sur les déchets nucléaires en France

N° 21 - mai 2006

Développement, Énergie, Environnement : changer de paradigme.

N° 22 - novembre 2006

Débattre publiquement du nucléaire ? Un premier bilan des deux débats EPR et déchets organisés par la Commission nationale du débat public

N° 23 - avril 2007

Énergies renouvelables, développement et environnement : discours, réalités et perspectives (en coédition avec Liaison Énergie-Francophonie)

N° hors série - septembre 2007

Petit mémento des énergies renouvelables

Éléments pour un débat sur les énergies renouvelables en France

N° 24 - mars 2008

De Grenelle à Bali : avancées, incertitudes, contradictions et perspectives

N° 25 - septembre 2008

Nucléaire : la grande illusion

Promesses, déboires et menaces

N° 26 - janvier 2009

Vers la sortie de route ?

Les transports face aux défis de l'énergie et du climat

N° hors série - avril 2009

Petit mémento énergétique de l'Union Européenne

N° 27 - janvier 2010

Du gâchis à l'intelligence

Le bon usage de l'électricité

N° 28 - décembre 2010

La science face aux citoyens

N° 29 - décembre 2010

Nucléaire : le déclin de l'empire Français

ABONNEMENT

Les cahiers de Global Chance 2 numéros par an

Nom: Organisme:

Adresse:

Code postal: Commune:

Abonnement individuel 25 euros

Abonnement d'institutions et organismes 80 euros

Ci-joint un chèque à l'ordre de l'Association Global Chance

A facturer

Total: euros Date: Signature:

Association Global Chance, 17 ter rue du Val - 92190 Meudon
contact@global-chance.org



17 ter rue du Val - 92190 Meudon
Téléphone : 33 (0)1 46 26 31 57
contact@global-chance.org
www.global-chance.org

GLOBAL CHANCE est une association de scientifiques qui s'est donné pour objectif de tirer parti de la prise de conscience des menaces qui pèsent sur l'environnement global (« global change ») pour promouvoir les chances d'un développement mondial équilibré.

La situation actuelle comporte des risques de voir se développer des comportements contraires à cet objectif :

- Comportement fataliste, privilégiant le développement de la consommation sans prendre en compte l'environnement,
- Comportement d'exclusion des pays du Sud du développement pour préserver le mode de vie occidental,
- Comportement d'intégrisme écologique, sacrifiant l'homme à la nature,
- Comportement de fuite en avant technologique porteuse de nouvelles nuisances et de nature à renforcer les rapports de domination Nord-Sud.

Mais la prise de conscience de ces menaces sur l'environnement global peut aussi fournir la chance d'impulser de nouvelles solidarités et de nouvelles actions pour un développement durable.

Pour GLOBAL CHANCE, un tel développement suppose :

- Le développement réel de l'ensemble des pays du monde dans une perspective humaniste,
- Le choix d'une méthode démocratique comme principe supérieur d'action,
- Le retour à un équilibre avec la nature, certes différent de celui que nous connaissons aujourd'hui, mais qui n'apparaît pas comme incompatible avec le développement humain. Ce retour à l'équilibre prendra du temps. Mais après une phase transitoire d'adaptation une telle condition implique de tendre :
 - vers des prélevements globaux mineurs et décroissants de ressources non renouvelables,
 - vers des rejets nuls ou mineurs d'éléments non recyclables (sur des durées de l'ordre de quelques générations) dans les processus de la nature.

Après discussion interne au sein de l'association, GLOBAL CHANCE se propose de mettre les compétences scientifiques de ses membres au service :

- D'une expertise publique multiple et contradictoire,
- De l'identification et de la promotion de réponses collectives nouvelles et positives aux menaces de changement global, dans les domaines scientifique et technique, économique et financier, politique et réglementaire, social et culturel, dans un esprit de solidarité Nord Sud, d'humanisme et de démocratie.



41 rue du Four
75337 Paris Cedex 07
www.iddri.org

Think tank basé à Paris et Bruxelles, l'Institut du développement durable et des relations internationales (Idri) a pour objectif d'élaborer et de partager des clés d'analyse et de compréhension des enjeux stratégiques du développement durable dans une perspective mondiale.

Face aux défis majeurs que représentent le changement climatique et l'érosion de la biodiversité, l'Iddri accompagne les différents acteurs dans la réflexion sur la gouvernance mondiale et participe aux travaux sur la redéfinition des trajectoires de développement.

L'Iddri porte une attention toute particulière au développement de réseaux et de partenariats avec les pays émergents, de façon à mieux appréhender et partager différentes visions du développement durable et de la gouvernance.

Afin de mener à bien son action, l'Iddri s'insère dans un réseau de partenaires issus du secteur privé, académique, associatif ou public, en France, en Europe et dans le monde. Think tank indépendant, l'Iddri mobilise les moyens et les compétences pour diffuser les idées et les recherches scientifiques les plus pertinentes en amont des négociations et des décisions. Ses travaux sont structurés transversalement autour de cinq programmes thématiques : gouvernance, climat, biodiversité, fabrique urbaine et agriculture.