LA CONSOMMATION D'ENERGIE

EN ALLEMAGNE ET EN FRANCE :

UNE COMPARAISON INSTRUCTIVE

Bernard LAPONCHE – 18 mai 2011

www.global-chance.org

LA CONSOMMATION D'ENERGIE EN ALLEMAGNE ET EN FRANCE

UNE COMPARAISON INSTRUCTIVE

*

Bernard LAPONCHE – 18 mai 2011

Association GLOBAL CHANCE[1]

*

Table des matières

1. DONNÉES ÉCONOMIQUES 3

1.1 POPULATION, PRODUIT INTÉRIEUR BRUT ET VALEURS AJOUTÉES 3
1.1.1 Population 3
1.1.2 Produit intérieur brut et valeurs ajoutées sectorielles 3
1.2 COMMERCE EXTÉRIEUR GLOBAL ET ÉNERGÉTIQUE 6
1.2.1 Les valeurs en 2008 et 2007 6
1.2.2 Evolution des importations et exportations totales 7
1.2.3 Evolution des importations et exportations énergétiques 8

2. DU CÔTÉ DE LA DEMANDE 9

2.1 CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES FINALES 9
2.1.1 Evolution des consommations énergétiques finales 9
2.1.2 Consommations énergétiques finales par produit et par secteur 9
2.1.3 Evolution des consommations finales par habitant 11
2.1.4 Intensité énergétique finale 12
2.2 CONSOMMATIONS FINALES D'ÉLECTRICITÉ 13
2.2.1 Consommations par secteur en 2009 13
2.2.2 Consommations par habitant 13
2.2.3 Intensité électrique 14
2.3 ANALYSE SECTORIELLE DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE 15
2.3.1 Industrie 15
2.3.2 Transports 16
2.3.3 Résidentiel et Tertiaire 18

3. DU CÔTÉ DE L'OFFRE 24

3.1 DE LA PRODUCTION PRIMAIRE À LA CONSOMMATION FINALE 24
3.1.1 Le bilan énergétique 24
3.1.2 Consommations d'énergie primaire 31
3.1.3 De la consommation primaire à la consommation finale 34
3.1.4 Intensité énergétique primaire 35
3.2 LE BILAN ÉLECTRIQUE ET LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ 36
3.2.1 Le bilan électrique 36
3.2.2 Production d'électricité par source 38
3.2.3 Les échanges d'électricité de la France 41
3.3 LA PRODUCTION DE CHALEUR 43
3.3.1 Chaleur primaire 43
3.3.2 Production de chaleur des chaufferies et de la cogénération 43
3.4 LA BIOMASSE 44
3.5 CONTRIBUTION DES SOURCES PRIMAIRES À LA CONSOMMATION FINALE 45
3.6 LA DÉPENDANCE ÉNERGÉTIQUE 46

[1] Global Chance : www.global-chance.org

3.6.1 Le « taux d'indépendance énergétique » officiel en France *47*
3.6.2 Différentes méthodes de calcul d'un indicateur unique *47*
3.6.3 Une appréciation multicritères : la sécurité énergétique *48*

4. LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE 50

4.1 GAZ CARBONIQUE (CO2) 50
4.1.1 Emissions totales *50*
4.1.2 Emissions de combustion par produit énergétique *52*
4.1.3 Emissions par secteur d'activités *54*
4.2 MÉTHANE 60

5. LES DÉCHETS NUCLÉAIRES 63

5.1 LES POLITIQUES NUCLÉAIRES 63
5.2 ACCUMULATION DE COMBUSTIBLES USÉS ET DE MATIÈRES NUCLÉAIRES 64
5.3 ACCUMULATION DE DÉCHETS RADIOACTIFS 65

6. CONCLUSION : LES ENSEIGNEMENTS DE LA COMPARAISON 67

Les données économiques *67*
La demande énergétique *67*
L'offre d'énergie *68*
Les émissions de gaz à effet de serre et les déchets nucléaires *70*
La comparaison incite à la réflexion *71*

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. DONNEES ECONOMIQUES

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 INTERIEUR BRUT ET VALEURS AJOUTEES

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*

1.1.1 Population

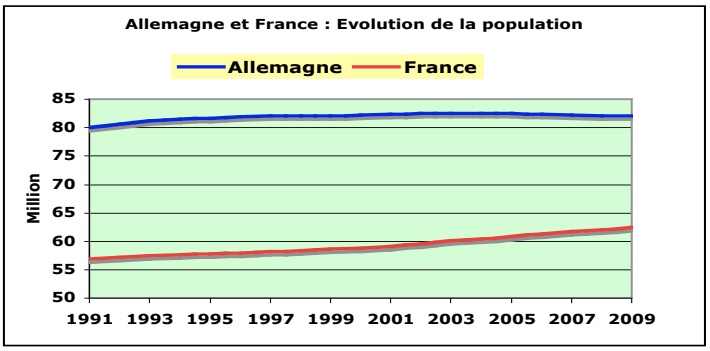
En 2009, la population de l'Allemagne est 1,3 fois celle de la France.
Depuis 1991, première année après la réunification, la population de l'Allemagne a augmenté de 2,5%, mais elle est passée par un maximum au début des années 2000 pour décroître très légèrement depuis (figure ci-dessous).
La population 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.

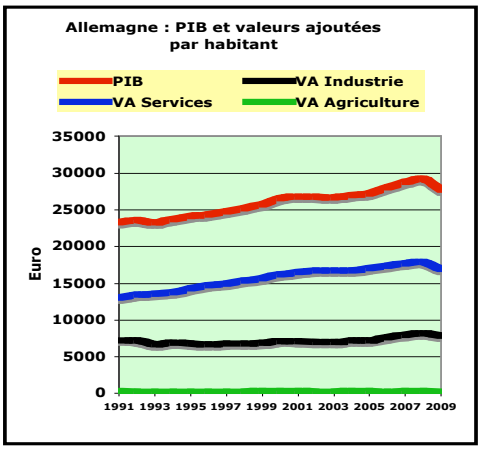
1.1.2 Produit intérieur brut et valeurs ajoutées sectorielles[2]

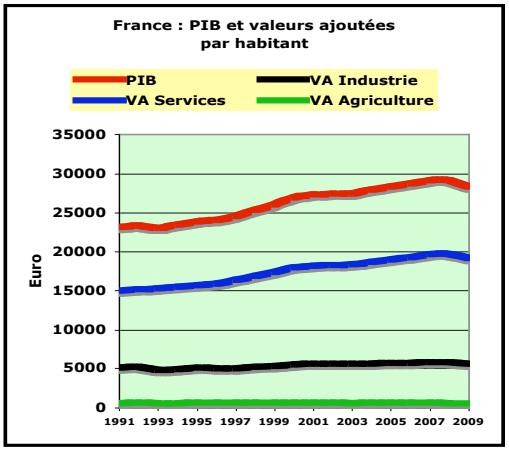
Les valeurs du produit intérieur brut (PIB) par habitant étaient pratiquement égales en 2008, à environ 29150 euros et un peu plus faible pour l'Allemagne que pour la France en 2009.

[2] 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).

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 :

a) 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 celle de la France.

b) 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%).

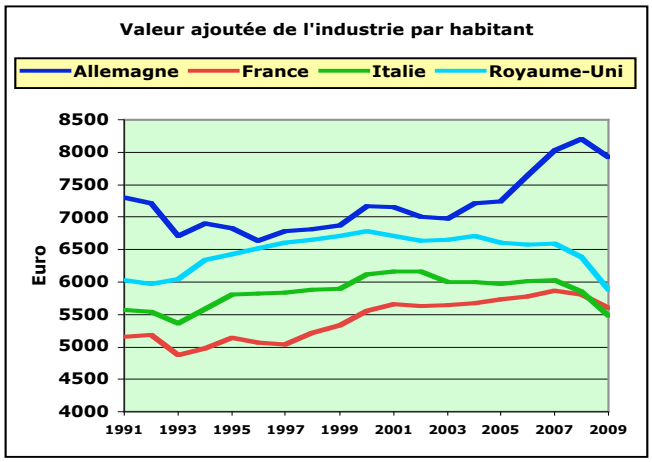
c) La valeur ajoutée industrielle par habitant du Royaume-Uni, après avoir frôlé celle de l'Allemagne dans les dernières années 90, a décru ensuite, ce qui traduit une désindustrialisation, le niveau de l'activité industrielle de ce pays restant toutefois jusqu'ici supérieur à celui de la France.

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 EXTERIEUR GLOBAL ET ENERGETIQUE

1.2.1 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

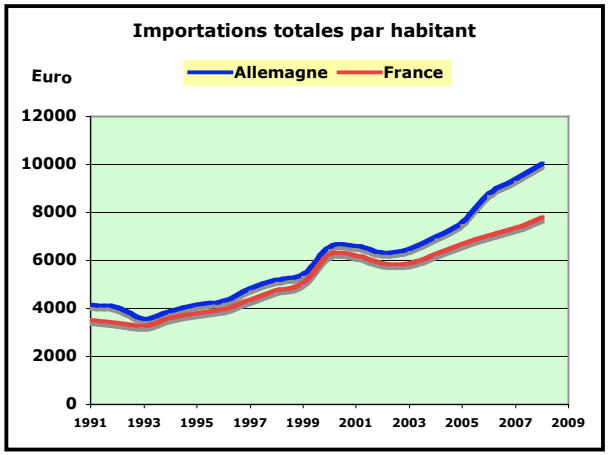
** Pas de données pour 2008*

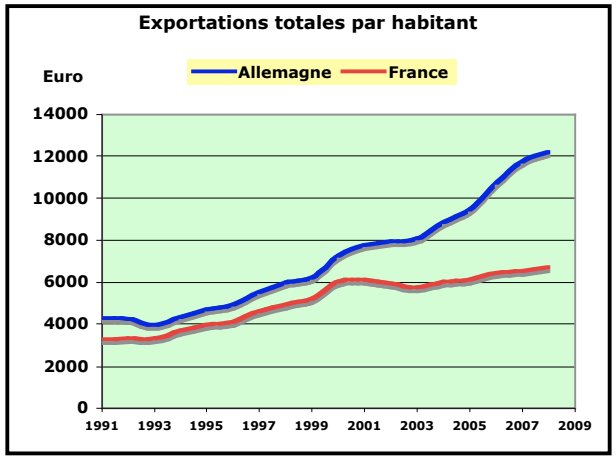
Remarque

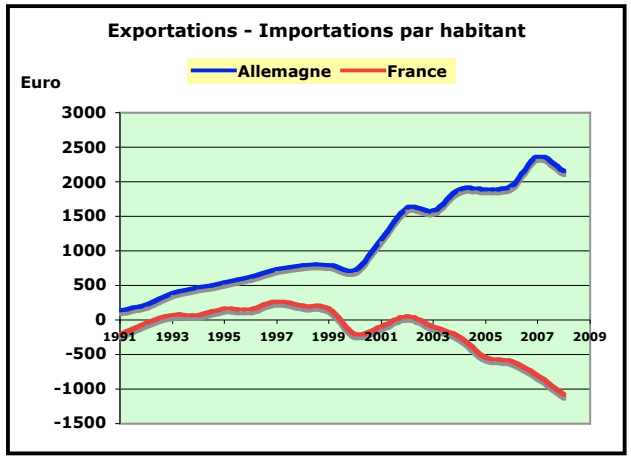
Les importations d'uranium naturel correspondant aux besoins de la production annuelle d'électricité d'origine nucléaire ne sont pas prises en compte dans les valeurs des importations présentées ici et dans les paragraphes suivants.
Nous verrons en 3.1.2 que ces quantités d'uranium naturel sont, pour l'année 2009, de 2 700 tonnes pour l'Allemagne et 8 200 tonnes pour la France[3].
A 100 euros le kg[4], cela représente environ 820 millions d'euros pour la France et 270 millions pour l'Allemagne.

[3] Ce sont en fait des tonnes de U_3O_8 (voir note de bas de page n°12.
[4] Le prix de l'uranium est exprimé en $ par livre (454 g) d'U_3O_8. 100 euros par kg correspondent à environ 60$ la livre (contrats de long terme).

1.2.2 Evolution des importations et exportations totales

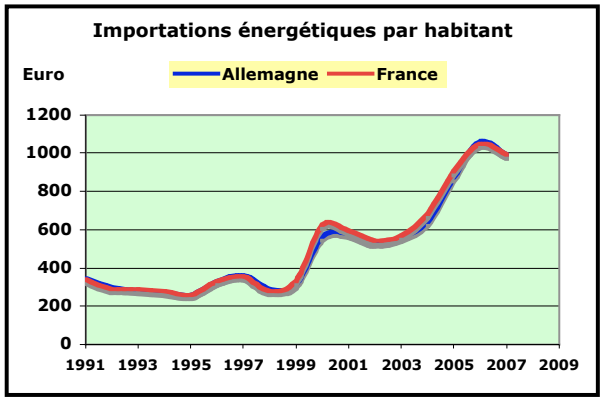


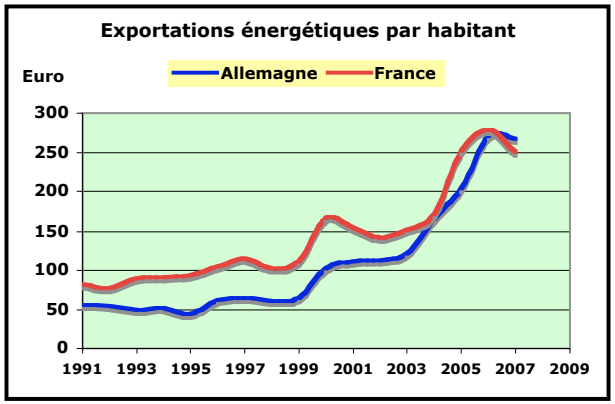


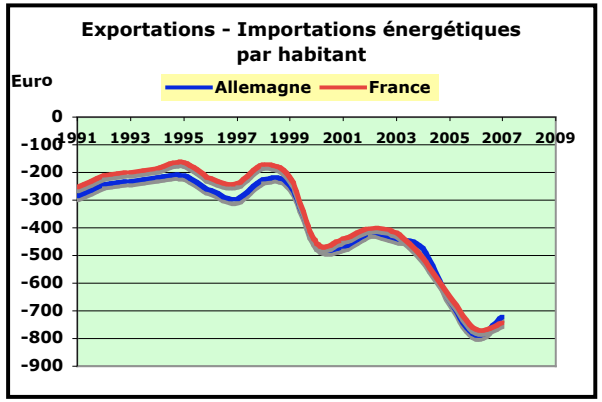


Les échanges extérieurs globaux présentent des différences considérables d'évolution, comme le montrent les figures ci-dessus.
Après avoir connu des valeurs très proches de 1991 à 2002, les importations totales par habitant deviennent à partir de 2003 plus importantes pour l'Allemagne et représentent 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 -1090 Euros en 2007, tandis que l'Allemagne est, la même année, à +2153 Euros.

1.2.3 Evolution des importations et exportations énergétiques





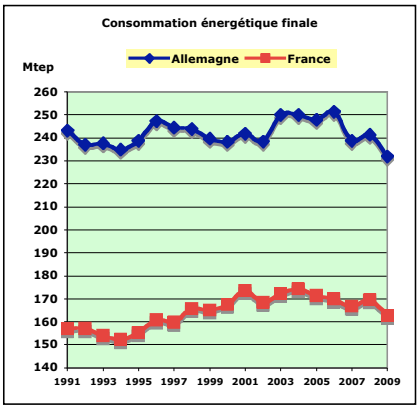


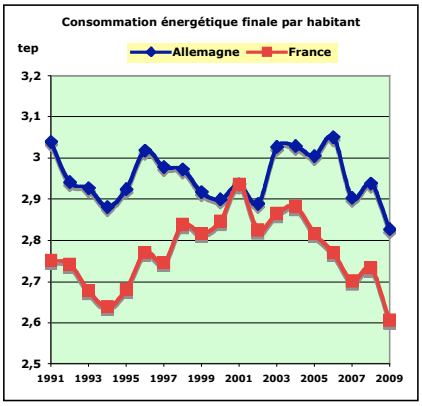
De façon assez surprenante, les importations et exportations énergétiques annuelles par habitant sont très voisines sur l'ensemble de la période. Sur ce plan, aucun des deux pays ne présente un avantage significatif. Les importations atteignent 1 000 Euros par habitant en 2007 et les exportations environ 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 COTE DE LA DEMANDE

2.1 CONSOMMATIONS ENERGETIQUES 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, tertiaire[5], 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...).





2.1.1 Evolution 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 »[6] 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.

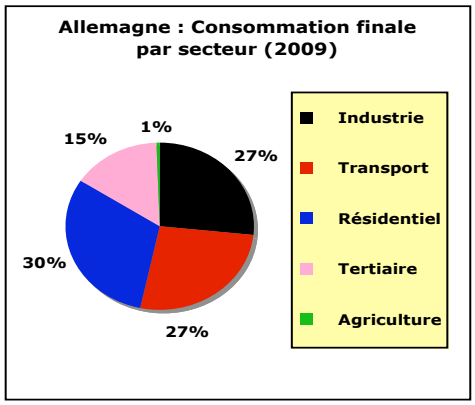
2.1.2 Consommations énergétiques finales par produit et par secteur

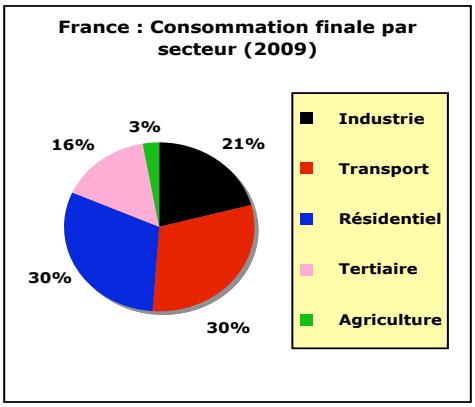
Allemagne : Consommation énergétique finale totale en 2009								
Mtep	**Charbon**	**Produits**	**Gaz**	**Electricité**	**Chaleur**	**Biomasse**	**TOTAL**	**Part**

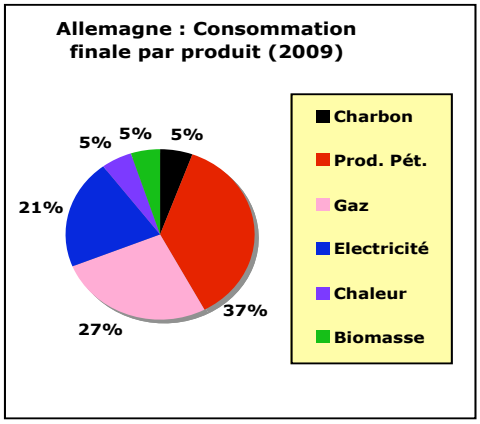
[5] La consommation énergétique finale du secteur tertiaire comprend l'éclairage public.
[6] Par analogie au « peak oil ».

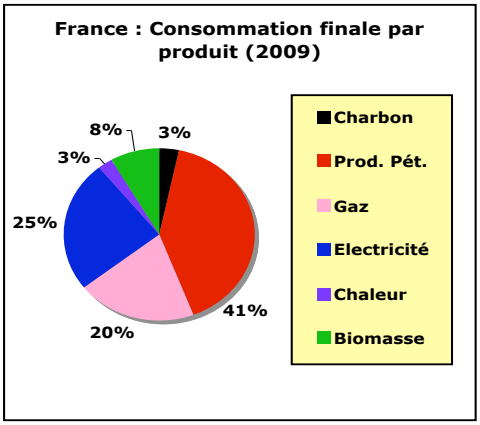
		Pétroliers						(%)
Industrie	10,15	3,36	16,71	18,82	3,1	2,99	55,12	***26,8***
Transport	0	50,39	0	1,38	0	2,75	54,51	***26,5***
Résidentiel	0,83	14,16	28,07	11,93	4,47	4,35	63,82	***31***
Tertiaire	0,21	7,6	9,98	10,16	3,28	0,01	31,23	***15,2***
Agriculture	0	0	0,25	0,74	0	0	0,99	***0,5***
TOTAL	**11,2**	**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 relatif 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**	**Electricité**	**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**	**Electricité**	**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***	

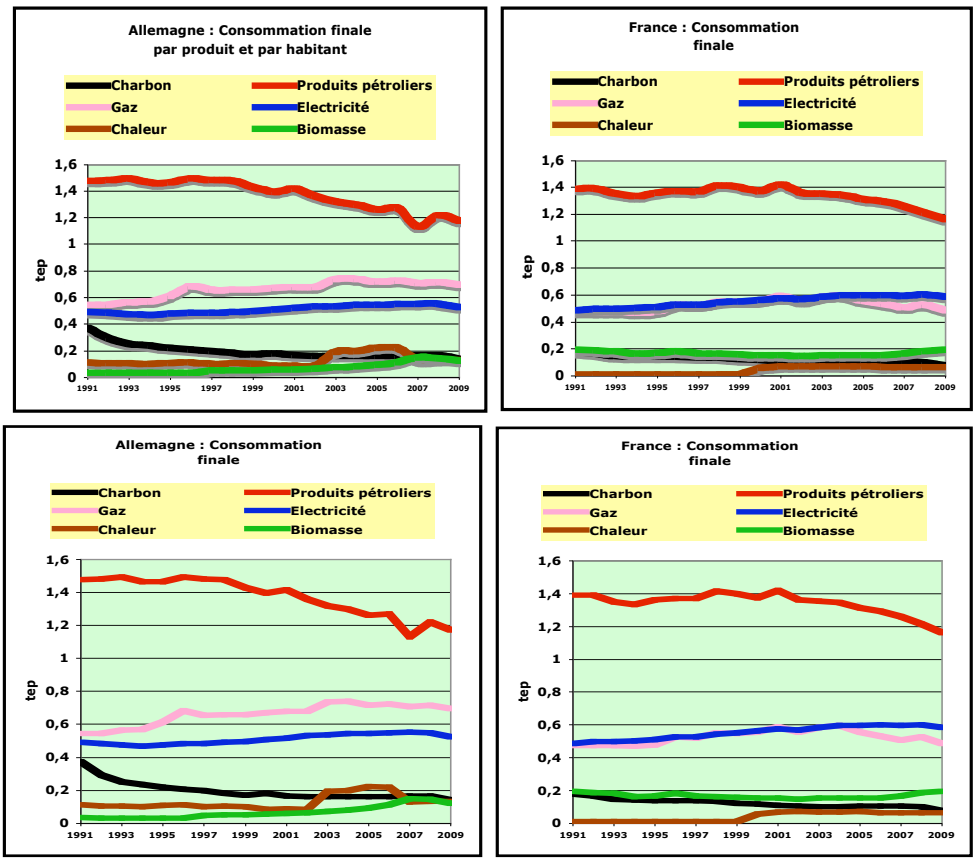
La consommation énergétique finale totale par habitant est légèrement (6%) plus élevée pour l'Allemagne : 2,51 tep contre 2,36 pour la France.
La consommation par habitant de produits pétroliers est légèrement (5%) plus élevée en France, ainsi que la consommation d'électricité par habitant, de façon plus nette (10%). La consommation de gaz, par contre, est plus élevée en Allemagne.

2.1.3 Evolution 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 Allemagne[7]

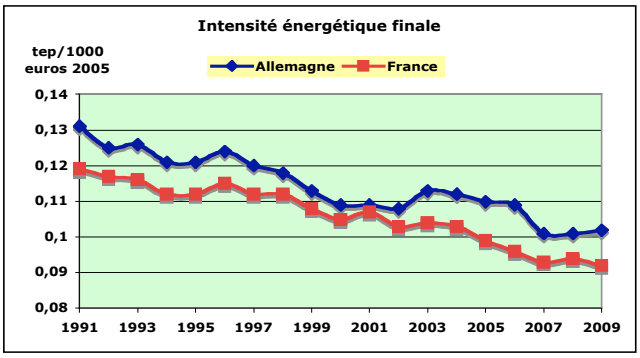
[7] La bosse de consommation de la chaleur sur la période 2002-2006 est une anomalie (qui se trouve également dans les statistiques Eurostat et celles de l'AIE). De l'avis des experts du domaine, l'origine de cette rupture dans l'évolution de la consommation provient certainement du changement de règle 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.

et la montée de la consommation finale de biomasse dans ce pays (biomasse qui reste plus importante en France en 2009).



2.1.4 Intensité énergétique finale

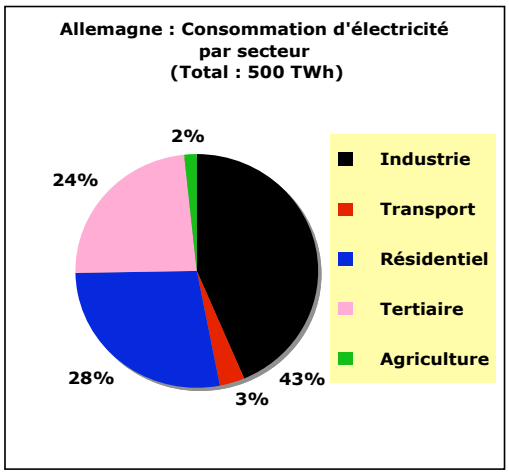
L'intensité énergétique finale, rapport de la consommation énergétique finale au produit intérieur brut, décroît de façon sensible (de l'ordre de 1,6% par an) pour les deux pays : de 0,131 à 0,102 tep/1000 euros pour l'Allemagne et de 0,119 à 0,092 tep/1000 euros pour la France. L'intensité énergétique 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.

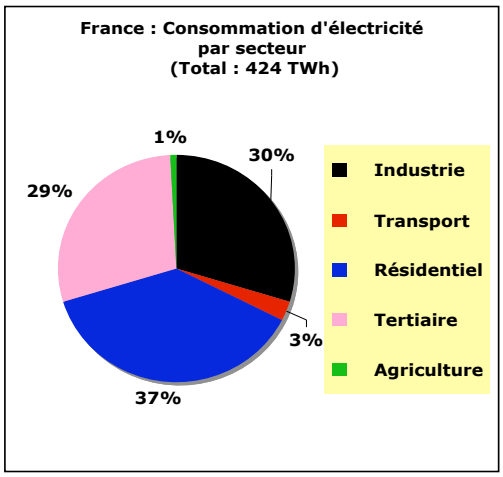


2.2 CONSOMMATIONS FINALES D'ELECTRICITE

2.2.1 Consommations par secteur en 2009

La consommation finale d'électricité de l'Allemagne, de 500 TWh (milliard de kWh) en 2009, n'est que de 18% supérieure à celle de la France.
La répartition de cette consommation par secteur d'activité montre des différences importantes. Dans les deux pays, l'essentiel de cette consommation est le fait des secteurs résidentiel et tertiaire, mais pour 66% en France contre 52% en Allemagne. Alors qu'en France le secteur résidentiel seul arrive en tête avec 37% devant l'industrie à 30%, la situation est inverse en Allemagne où l'industrie consomme 43% de l'électricité finale.





2.2.2 Consommations par habitant

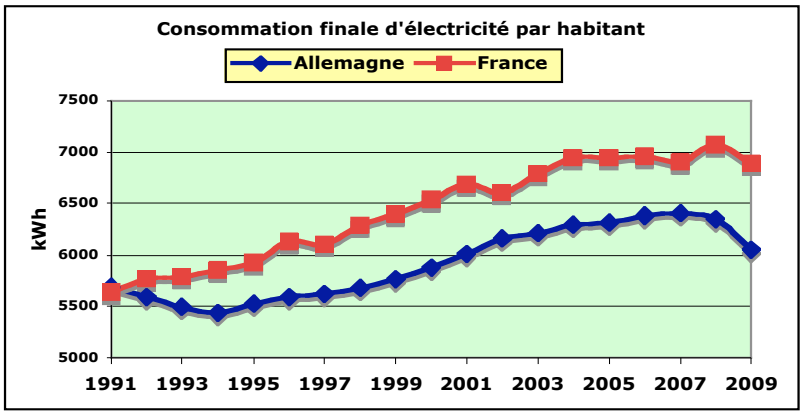
En 2009

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*

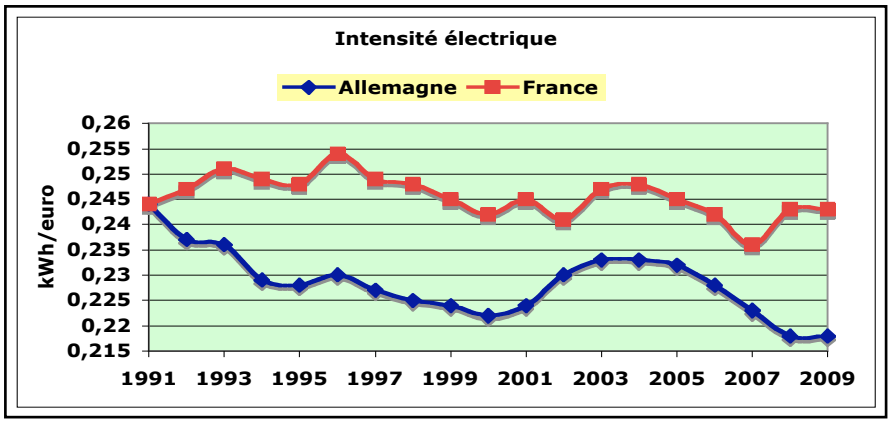
Sur la période 1991-2009

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 7 072 kWh en 2008, pour baisser à 6 889 kWh en 2009.
En Allemagne, à partir de 5 690 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 6 411 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 France[8].



2.2.3 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 passé de cette valeur en 1991 à 0,218 kWh/euro pour l'Allemagne en 2009 (-11%).



[8] Si les politiques d'efficacité énergétique sont poursuivies et amplifiées en conformité avec les directives et objectifs européens.

2.3 ANALYSE SECTORIELLE DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE

2.3.1 Industrie

Consommation énergétique finale totale en 2009 dans l'industrie

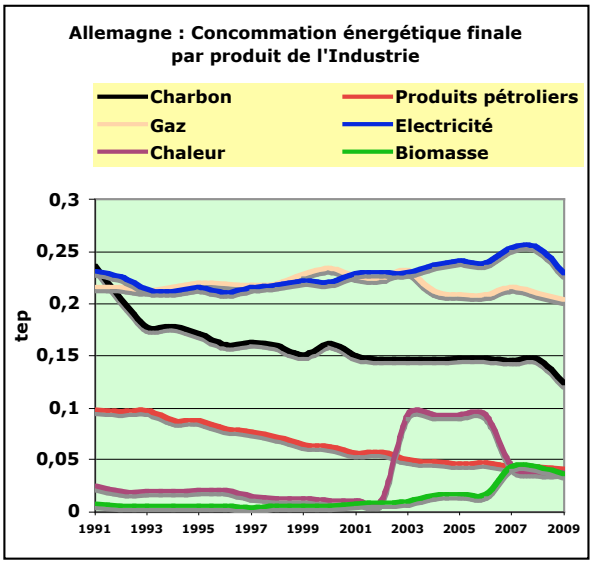
Mtep - 2009	Charbon	Produits Pétroliers	Gaz	Electricité	Chaleur	Biomasse	Total	Part *(%)
Allemagne	10,15	3,36	16,71	18,82	3,1	2,99	55,12	***26,8***
Part (%)	*18,4*	*6,1*	*30,3*	*34,1*	*5,6*	*5,4*	*100*	
France	4,4	4,25	9,35	10,79	0	1,95	30,74	***20,8***
Part (%)	*14,3*	*13,8*	*30,4*	*35,1*	*0*	*6,3*	*100*	

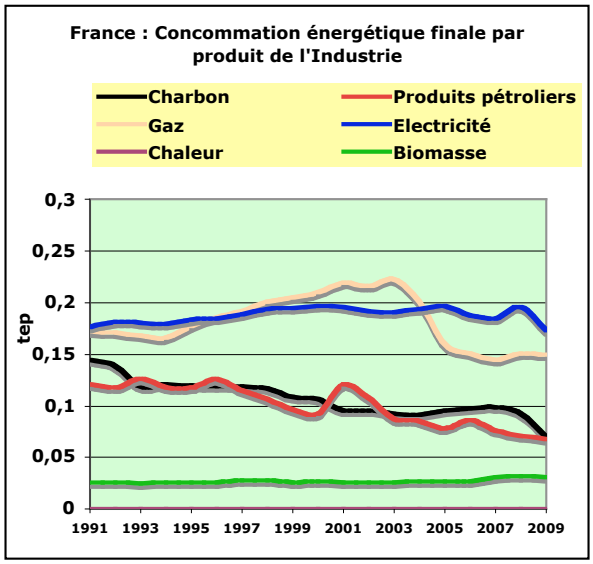
**** Part du secteur dans la consommation énergétique finale totale***

Consommation énergétique finale par habitant en 2009 ans l'industrie

tep - 2009	Charbon	Produits Pétroliers	Gaz	Electricité	Chaleur	Biomasse	Total
Allemagne	0,124	0,041	0,204	0,229	0,038	0,036	0,672
France	0,07	0,068	0,15	0,173	0	0,031	0,492

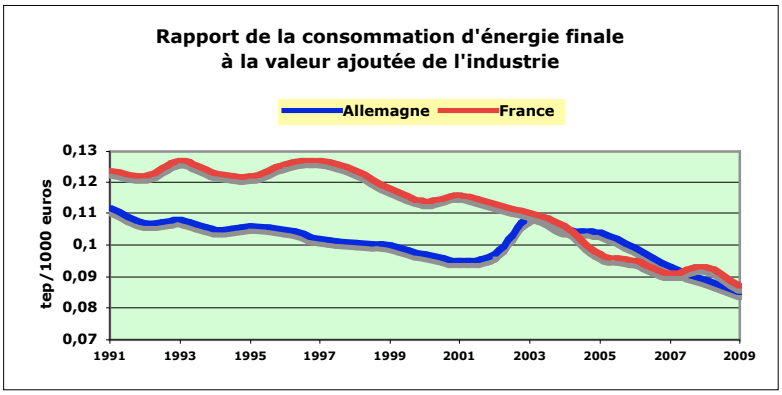
La part des produits pétroliers est nettement inférieure en Allemagne, au profit du charbon, tandis que les parts du gaz et de l'électricité sont à peu près les mêmes dans les deux pays. Assez curieusement, la pénétration de l'électricité dans l'industrie n'est donc pas plus forte (à 1% près) en France qu'en Allemagne. On note également une différence importante sur la chaleur (de réseau)[9].





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 décru pour les deux pays, la France ayant même rattrapé son retard depuis 2003.

[9] 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.



2.3.2 Transports

Les consommations d'énergie en 2009[10]

Consommation énergétique finale par produit des Transports 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.

Consommation d'énergie des transports par habitant et par mode

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%*

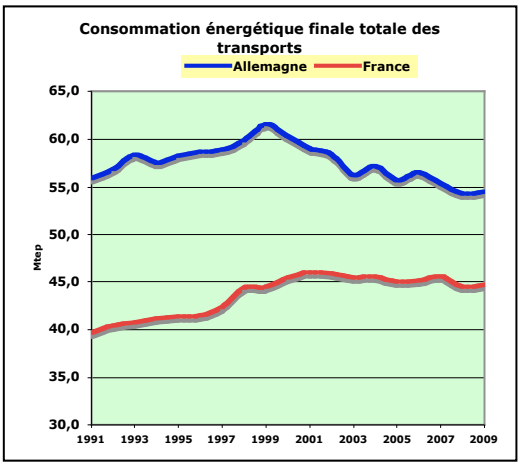
[10] Les soutes aériennes et maritimes ne sont âs prises en compte dans la consommation énergétique finale des transports.

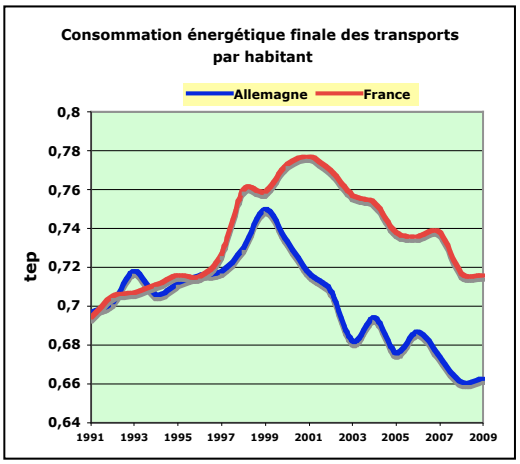
Evolution des consommations d'énergie depuis 1991

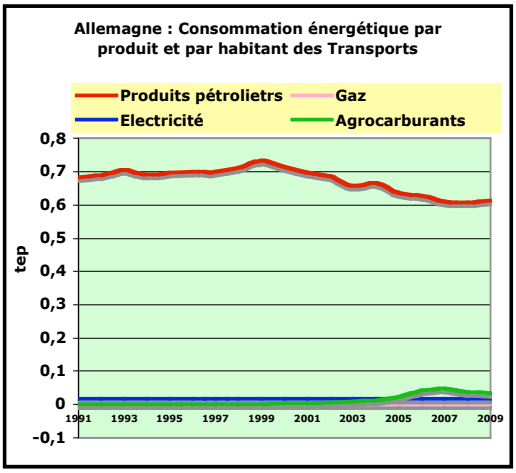
Consommation énergétique finale dans les transports

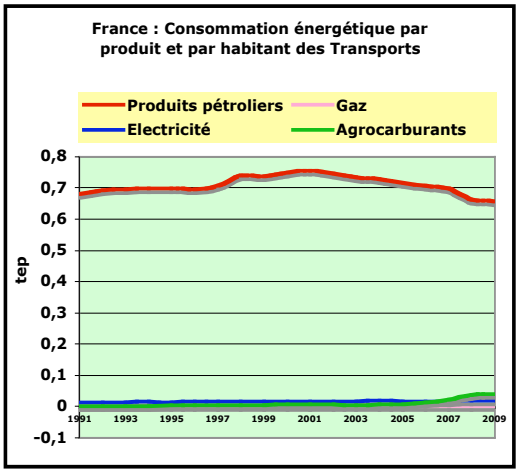
Totale		1991	1999	2001	2009
Allemagne	Mtep	56,0	61,6	59,1	54,5
France	Mtep	39,6	44,5	46,0	44,7

Par habitant		1991	1999	2001	2009
Allemagne	tep	0,697	0,75	0,717	0,663
France	tep	0,694	0,759	0,777	0,716







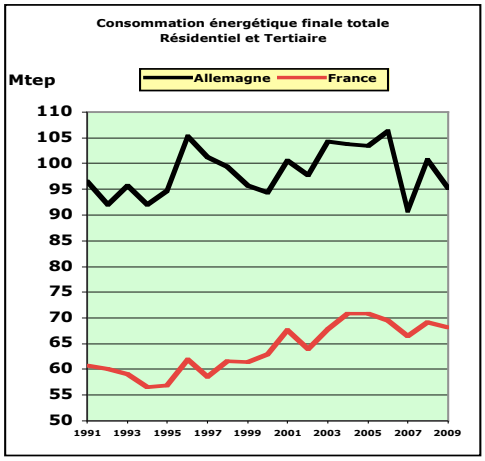


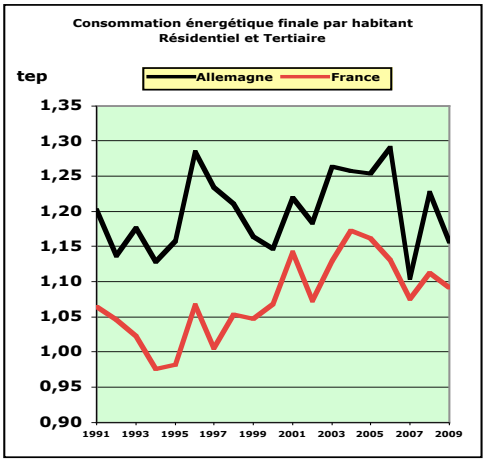
Les consommations par habitant des transports ont augmenté de façon similaire pendant la décennie 90. Le décrochement se produit à partir de 2000 : la consommation en Allemagne diminue nettement, de 0,75 tep en 1999 à 0,66 tep en 2009, tandis qu'en France, elle augmente jusqu'en 2001 (0,78 tep) puis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

2.3.3 Résidentiel et Tertiaire

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

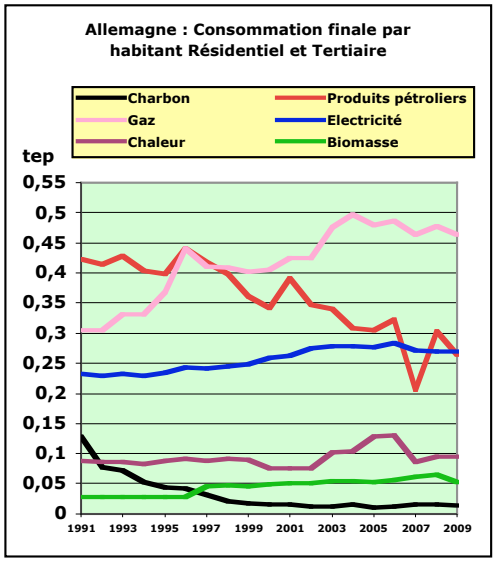
C'est dans les secteurs résidentiel et tertiaire et tout particulièrement pour l'électricité, que les différences entre les deux pays sont les plus importantes.
L'ensemble des deux secteurs représente, en Allemagne comme en France, 46% de la consommation énergétique finale.
Les structures de la consommation par produit sont nettement différentes. En Allemagne, le gaz est en tête avec 40%, suivi de l'électricité (23%) et des produits pétroliers (23%), chaleur[11] 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 3128 kWh pour l'Allemagne (0,269 tep), un écart de 30%.

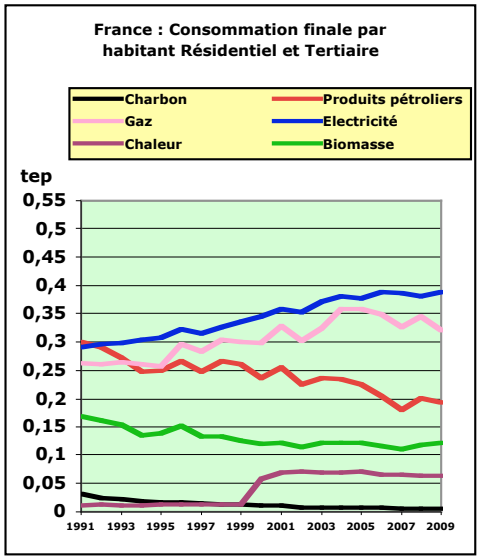
Les figures ci-dessous montrent les évolutions des consommations par produit :

a) 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).

b) 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 .





[11] 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 ODYSSEE[12] 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	m2
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.

[12] 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 élabore 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 France[13].

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

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

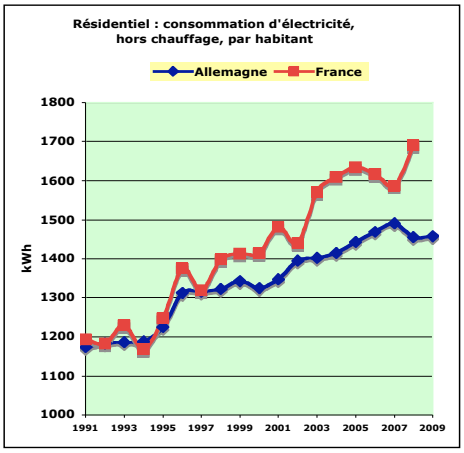
Consommation d'énergie finale par produit par m2								
kep	**Charbon**	**Prod. Pét.**	**Gaz**	**Electricité**	**Chaleur**	**Bois**	**Total**	**kWh/m2**
Allemagne	0,295	4,758	6,033	0,555	1,133	1,629	14,392	167
France	0,131	2,715	4,733	1,505	0,164	2,432	11,668	136
Consommation d'énergie primaire correspondante par source par m2								
kep	**Charbon**	**Prod. Pét.**	**Gaz**	**Electricité**	**Chaleur**	**Bois**	**Total**	**kWh/m2**
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

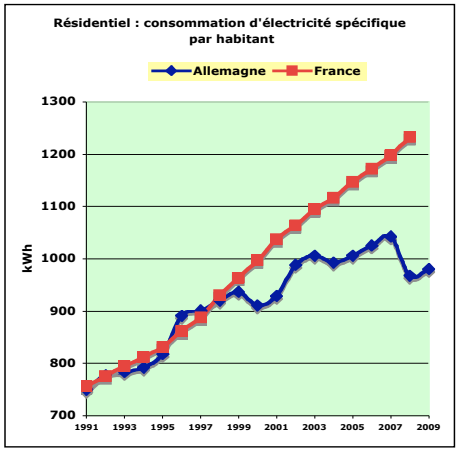
Consommation d'électricité dans le Résidentiel

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**	**Chauffage**	**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, 1233 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)

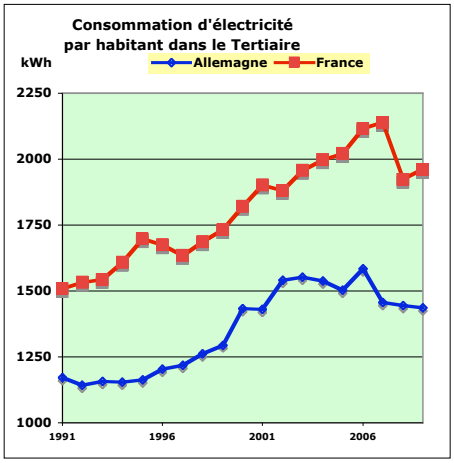
Mtep	Charbon	Produits pétroliers	Gaz	Electricité	Chaleur	Biomasse	Total	Part (%)
Allemagne	0,21	7,6	9,98	10,16	3,28	0,01	31,23	***15,2***
Part (%)	*0,7*	*24,3*	*32*	*32,5*	*10,5*	*0*	*100*	
France	0	4,16	4,14	10,52	3,85	0,63	23,3	***15,8***
Part (%)	*0*	*17,9*	*17,8*	*45,2*	*16,5*	*2,7*	*100*	

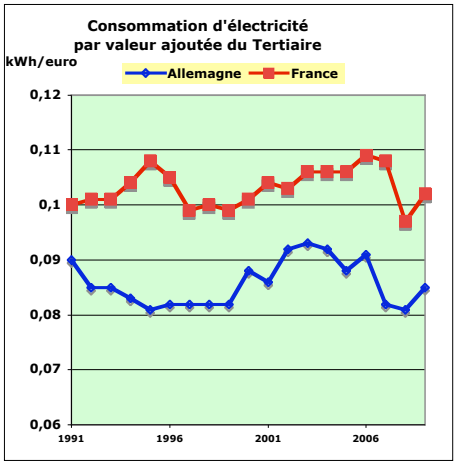
Consommation énergétique finale par produit par habitant dans le Tertiaire (2009)

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 COTE DE L'OFFRE

3.1 DE LA PRODUCTION PRIMAIRE A LA CONSOMMATION FINALE

3.1.1 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 finals, 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 : 1000 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 « 1000 kWh = 0,86 tep » (soit dix fois plus élevé) et pour le nucléaire, « 1000 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 considère 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 Gouvernement[14], la définition suivante :
Electricité primaire :
Electricité 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 ».

[14] 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.

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).

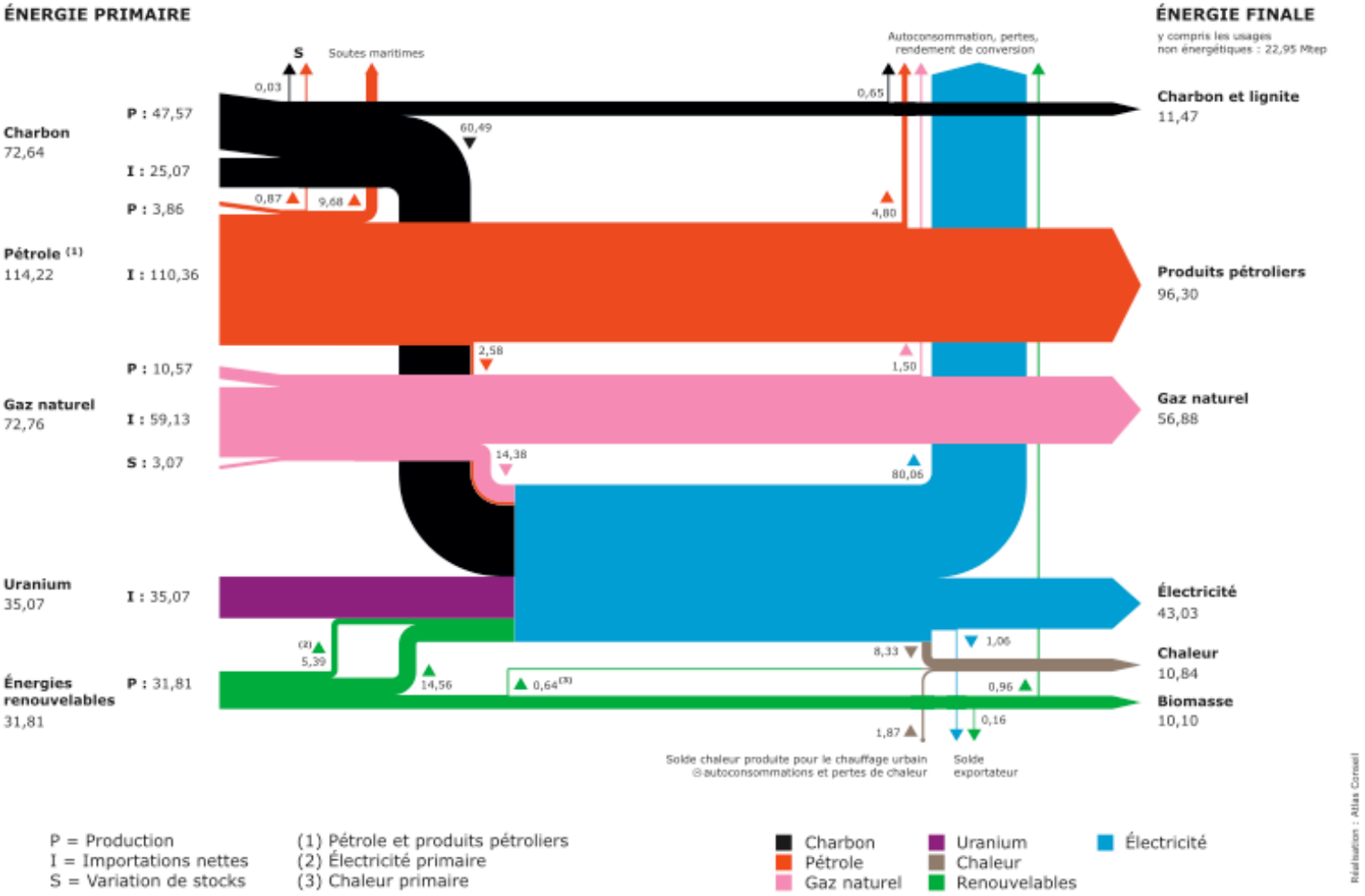
De la consommation primaire à la consommation finale :

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)

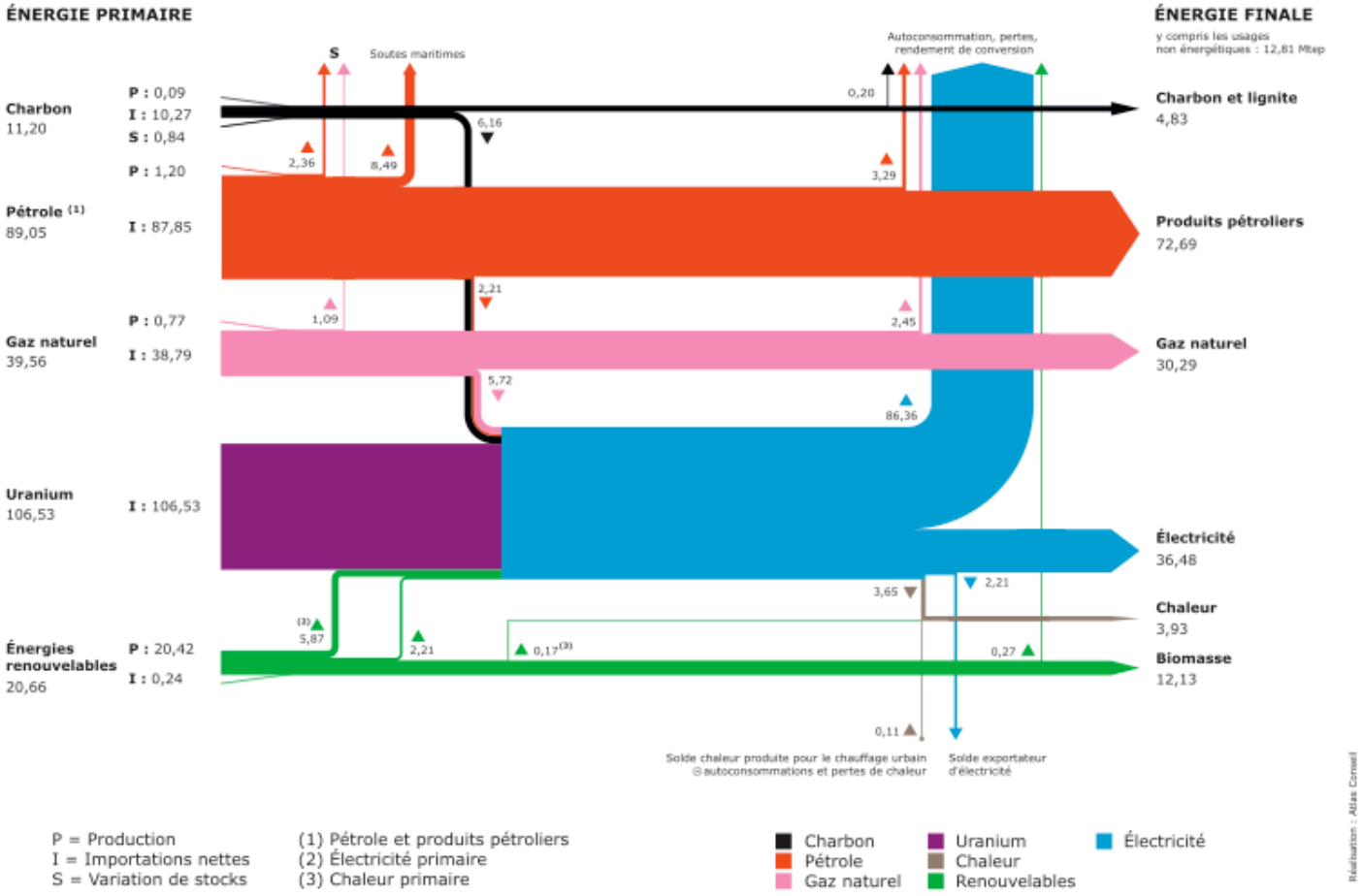


P = Production
I = Importations nettes
S = Variation de stocks

(1) Pétrole et produits pétroliers
(2) Électricité primaire
(3) Chaleur primaire

Charbon
Pétrole
Gaz naturel
Uranium
Chaleur
Renouvelables
Électricité

Bilan énergétique de la France (2009, Mtep)



P = Production
I = Importations nettes
S = Variation de stocks

(1) Pétrole et produits pétroliers
(2) Électricité primaire
(3) Chaleur primaire

Charbon
Pétrole
Gaz naturel
Uranium
Chaleur
Renouvelables
Électricité

Bilan énergétique - Allemagne - 2009

Unité : Mtep	Charbon, Lignite	Pétrole Brut	Produits pétroliers	Gaz	Uranium	HESG**	Electricité	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	0	-4,66	-0,01	-0,16	-40,44
Soutes maritimes et aériennes	0	0	-9,68	0	0	0	0	0	0	-9,68
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
Industrie	*10,15*		*3,36*	*16,71*			*18,82*	*3,1*	*2,99*	*55,12*
Transport	*0*		*50,39*	*0*			*1,38*	*0*	*2,75*	*54,51*
Résidentiel	*0,83*		*14,16*	*28,07*			*11,93*	*4,47*	*4,35*	*63,82*
Tertiaire	*0,21*		*7,6*	*9,98*			*10,16*	*3,28*	*0,01*	*31,23*
Agriculture	*0*		*0*	*0,25*			*0,74*	*0*	*0*	*0,99*
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**	Electricité	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	0	-3,86	0	-0,17	-29,69
Soutes maritimes et aériennes	0	0	-8,49	0	0	0	0	0	0	-8,49
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
Industrie	*4,4*		*4,25*	*9,35*			*10,79*	*0*	*1,95*	*30,74*
Transport	*0*		*40,97*	*0,08*			*1,11*	*0*	*2,53*	*44,69*
Résidentiel	*0,33*		*7,85*	*15,85*			*13,71*	*0,13*	*6,98*	*44,85*
Tertiaire	*0*		*4,16*	*4,14*			*10,52*	*3,85*	*0,63*	*23,31*
Agriculture	*0*		*3,34*	*0,21*			*0,35*	*0,01*	*0,04*	*3,95*
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

Bilan énergétique par habitant - Allemagne - 2009 - Population : 82,03 millions

Unité : Mtep	Charbon, Lignite	Pétrole Brut	Produits pétroliers	Gaz	Uranium	HESG**	Electricité	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
Industrie	*0,124*		*0,041*	*0,204*			*0,229*	*0,038*	*0,036*	*0,672*
Transport	*0*		*0,614*	*0*			*0,017*	*0*	*0,034*	*0,665*
Résidentiel	*0,01*		*0,173*	*0,342*			*0,145*	*0,054*	*0,053*	*0,778*
Tertiaire	*0,003*		*0,093*	*0,122*			*0,124*	*0,04*	*0*	*0,381*
Agriculture	*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	Electricité	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
Industrie	*0,07*		*0,068*	*0,15*			*0,173*	*0*	*0,031*	*0,492*
Transport	*0*		*0,656*	*0,001*			*0,018*	*0*	*0,04*	*0,716*
Résidentiel	*0,005*		*0,126*	*0,254*			*0,22*	*0,002*	*0,112*	*0,718*
Tertiaire	*0*		*0,067*	*0,066*			*0,168*	*0,062*	*0,01*	*0,373*
Agriculture	*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

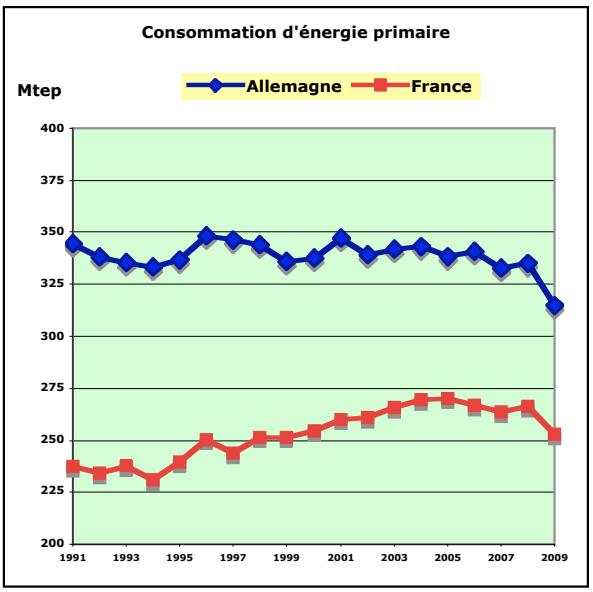
* Y compris retours et transferts et chauffage urbain. ** HESG : Hydraulique, Eolien, Solaire (photovoltaïque), géothermie

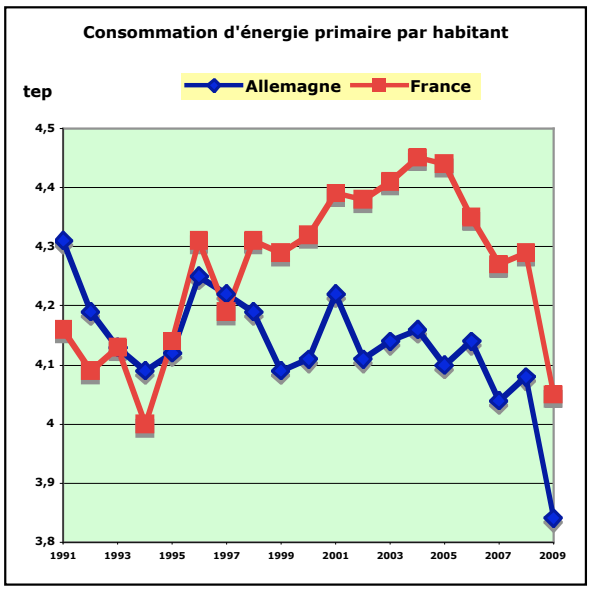
3.1.2 Consommations d'énergie primaire

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 « 1000 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.

Evolution de la consommation d'énergie primaire totale





Consommation d'énergie primaire

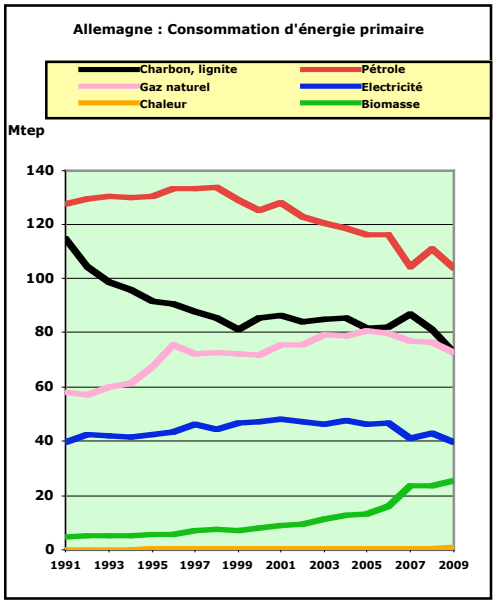
Totale		1991	1997	2004	2008	2009
Allemagne	Mtep	344,5	346,2	343,1	335,1	314,7
France	Mtep	237,2	243,6	269,4	266,2	252,8

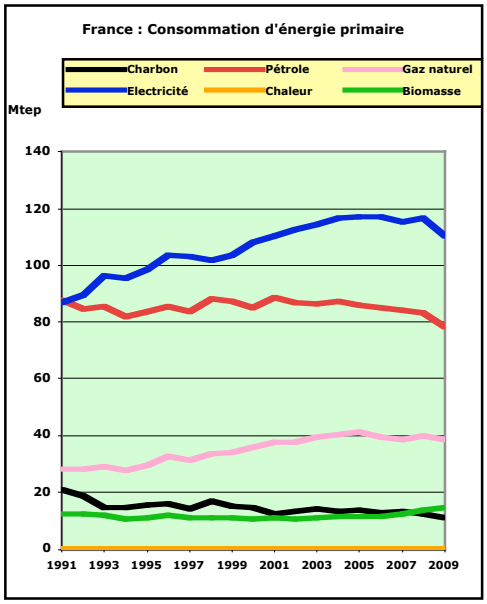
Par habitant		1991	1997	2004	2008	2009
Allemagne	tep	4,31	4,22	4,16	4,08	3,84
France	tep	4,16	4,19	4,45	4,29	4,05

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 partie de 2001 (4,22 tep) jusqu'à 4,08 tep en 2008 et 3,84 tep en 2009.

Evolution de la consommation d'énergie primaire par source





La rubrique « Electricité » 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, surtout du fait du nucléaire). La consommation du gaz naturel augmente de 40% sur 19091-2008, 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 naturel[15] 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 2700 tonnes pour l'Allemagne et 8200 tonnes pour la France.

[15] Lorsque l'on parle de tonnes d'uranium naturel, il s'agit en fait de tonnes de l'oxyde U_3O_8 (« Yellow cake »), octaoxyde de triuranium, contenu dans le « yellow cake », produit final d'extraction de l'uranium à partir du minerai (uraninite ou pechblende).

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.

3.1.3 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 .

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).

Les sources et la production d'électricité et de chaleur (Mtep)

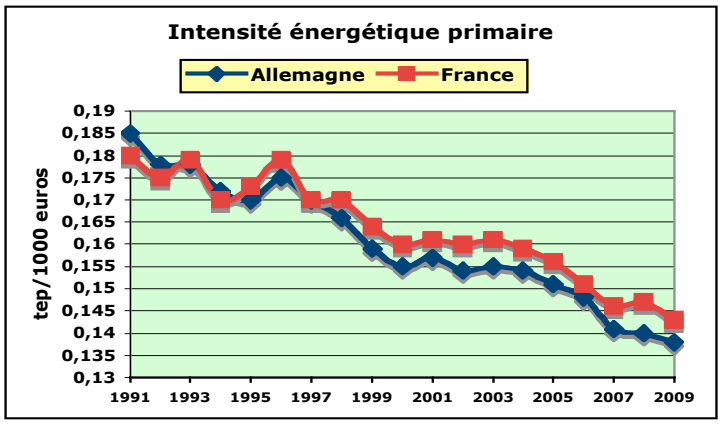
Centrales électriques	Charbon, Lignite	Produits pétroliers	Gaz	Uranium	HESG	Biomasse	*Electricité*	*Chaleur*	Total
Allemagne	-60,49	-2,58	-14,38	-35,07	-5,39	-14,56	*51,32*	*8,33*	-72,82
France	-6,16	-2,21	-5,72	-106,53	-5,87	-2,21	*46,58*	*3,65*	-78,47

	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%).

3.1.4 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/1000 euros en 2009, contre 0,143 pour la France.



3.2 LE BILAN ELECTRIQUE ET LA PRODUCTION D'ELECTRICITE

3.2.1 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(-).
(4) 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 : 8674 kWh contre 7275 pour l'Allemagne, soit une différence de 1399 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 1399 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)[16].
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 kep) 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).

[16] 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	

3.2.2 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								
Allemagne		**Biomasse**	**Hydraulique**	**Eolien**	**Solaire**	**Géothermie**	**Total**	
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 renouvelable 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.

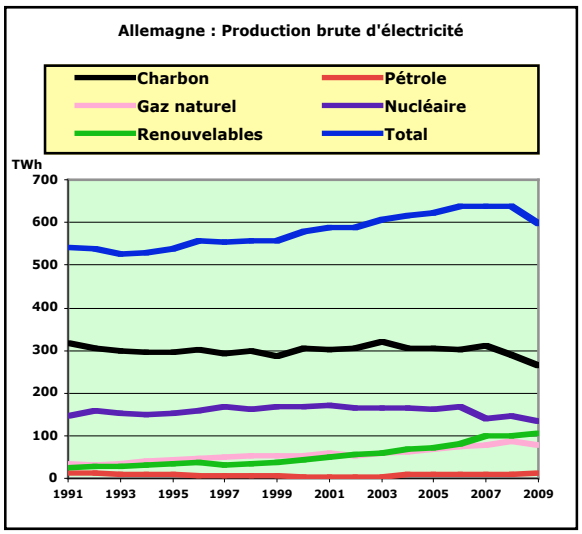
Puissances installées par filière

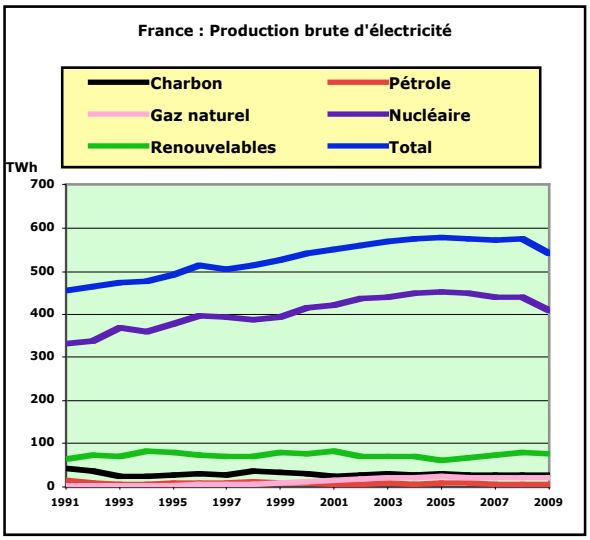
2009		Charbon	Pétrole	Gaz	Nucléaire	Hydraulique	Eolien	Solaire	Biomasse	TOTAL
Allemagne	MWe	43 980	5 975	25 628	20 209	10 771	25 777	9 830	4 650	146 820
France	MWe	11 850	9 825	4 709	63 130	25 267	4 521	289	911	120 502

La puissance installée de la production d'origine renouvelable en Allemagne, soit 51028 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 1000 MWe installés, contre 6,49 pour la France,.

Evolution de la production d'électricité

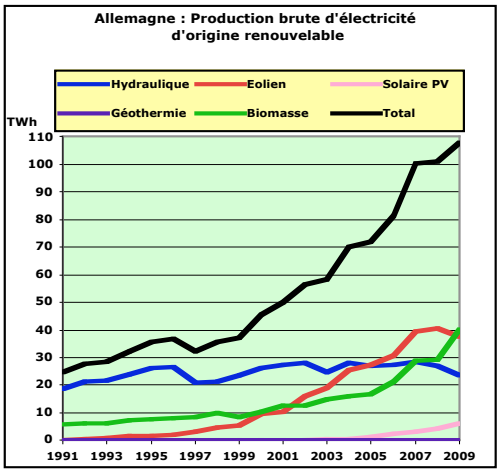


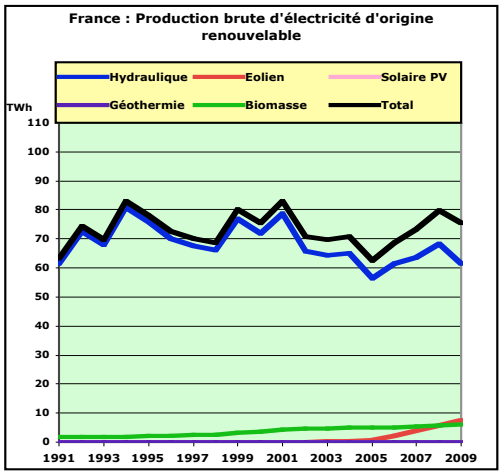


Evolution de la production d'électricité (TWh)

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 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 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.





3.2.3 Les échanges d'électricité de la France

La comptabilité des échanges d'électricité[17]

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 :

<u>Echanges contractuels transfrontaliers</u>

« 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 ».

<u>Echanges physiques</u>

« 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.

[17] 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 7 711 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	
TWh	**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'hiver[18]

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 2100 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

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

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 Fran,ce*

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 .

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.

3.3.1 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	
Mtep	**2008**	**2009**
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.

3.3.2 Production de chaleur des chaufferies et de la cogénération

Chaufferies

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

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

Cogénération

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

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

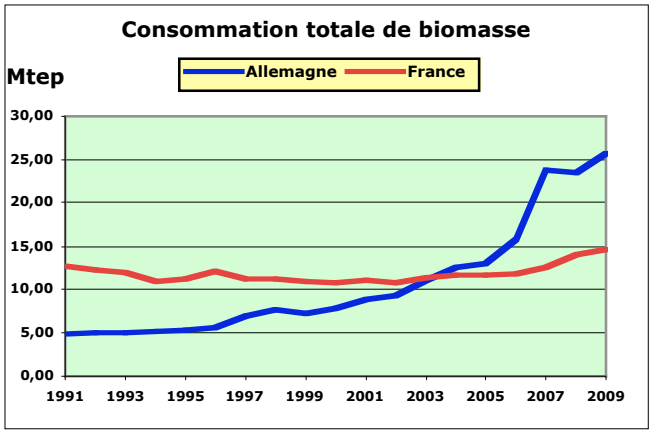
3.4 LA BIOMASSE

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



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 A LA CONSOMMATION FINALE

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

a) Les contributions directes telles qu'elles figurent dans le bilan énergétique : charbon et lignite, produits pétroliers, gaz, biomasse.

b) Les contributions indirectes du fait de la production d'électricité : charbon et lignite, produits pétroliers, gaz, nucléaire, énergies renouvelables non thermiques (HESG), biomasse.

c) 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
Part							
Allemagne	***%***	***16,1***	***37,3***	***32,2***	***4,7***	***9,7***	***100***
France	***%***	***5,7***	***41,6***	***22,9***	***17,2***	***12,5***	***100***

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
Part							
Allemagne	***%***	***34***	***32,9***	***23***	***3,3***	***6,8***	***100***
France	***%***	***5,3***	***45,9***	***21,5***	***15,8***	***11,5***	***100***

3.6 LA DEPENDANCE ENERGETIQUE

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.

3.6.1 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, laa 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%).

3.6.2 Différentes 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 ».

3.6.3 Une appréciation multicritères : la sécurité énergétique[19]

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

[19] 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.

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 EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Ce chapitre présente les émissions de gaz carbonique (CO2) et de méthane (CH4) 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 Allemagne[20].

4.1 GAZ CARBONIQUE (CO2)

4.1.1 Emissions totales

Les émissions totales de CO2 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 solvants[21].

Remarque importante
Les émissions de CO2 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'INSEE[22] 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 CO2 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 CO2

2007	Allemagne		France	
	MtCO2	%	MtCO2	%
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 comptabilisées que jusqu'en 2007.

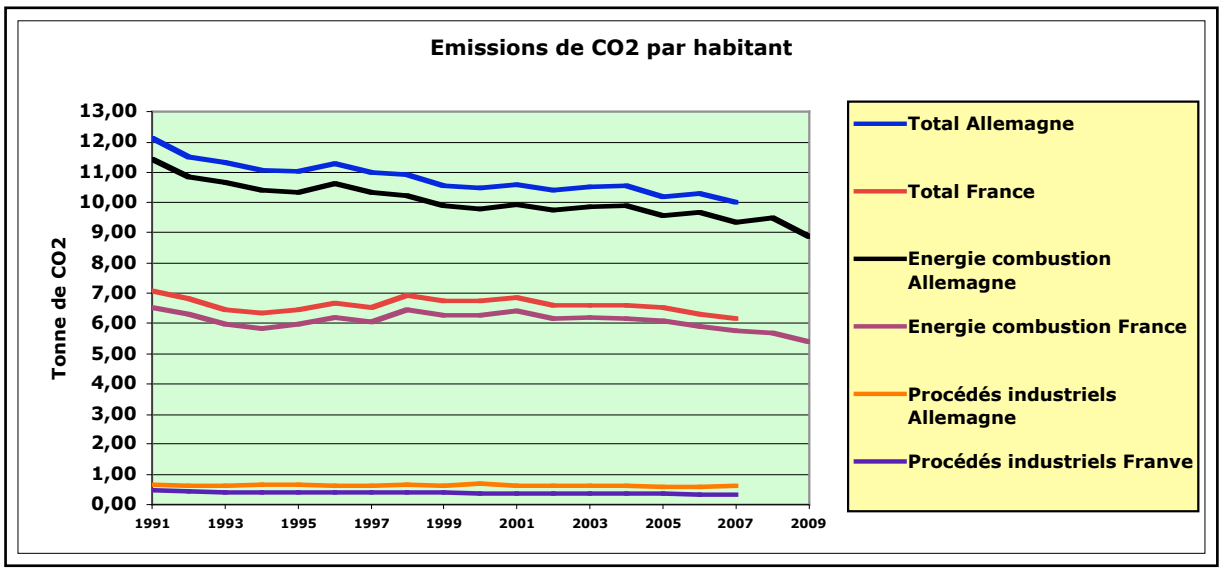
[20] Source : CCNUCC, 2010 (n° 142 de « C'est dans l'air », bulletin du CITEPA, janvier 2010).
[21] Les émissions de CO2 et leur variation, dues au changement d'affectation des sols ne sont pas prises en compte.
[22] F Lenglart et al , Contenu en CO2 de l'économie française, INSEE 2010.

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.

Les principales sources d'émissions de CO2

MtCO2	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		

tCO2 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 France[23].

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.

[23] Les émissions des procédés industriels sont prises en compte dans l'analyse des émissions sectorielles en 4.1.3.

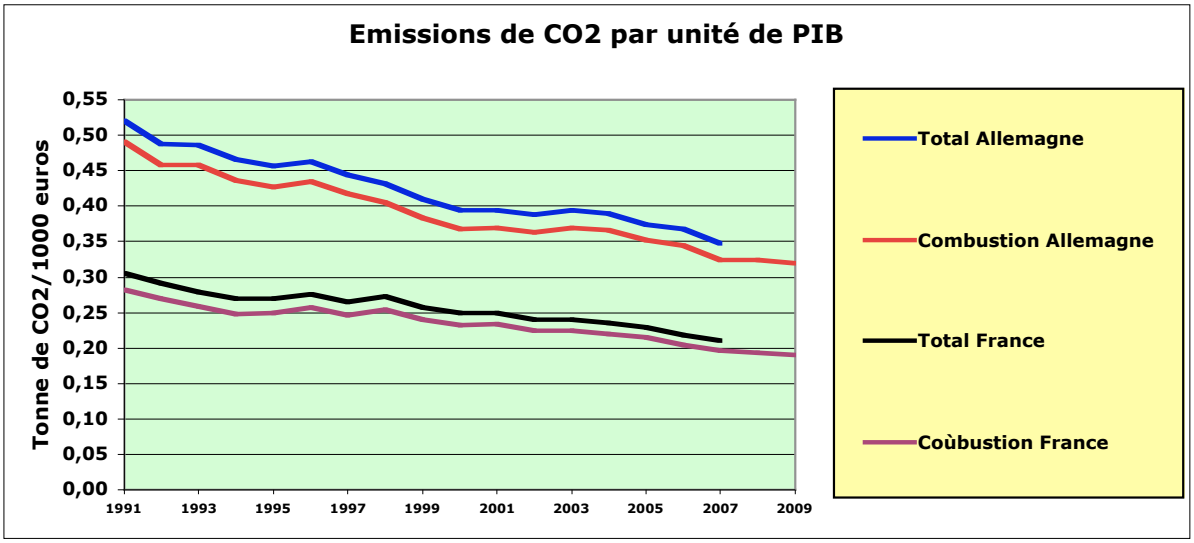
- Pour les émissions de combustion : de 2,46 en 1991 à 2,15 en 2009.
- Pour les émissions de combustion par habitant: de 1,75 en 1991 à 1,64 en 2009.

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.

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.

Emissions de CO2 par unité de PIB

tCO2 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.

4.1.2 Emissions de combustion par produit énergétique

Emissions totales

Emissions de CO2 par combustible fossile

MtCO2	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***

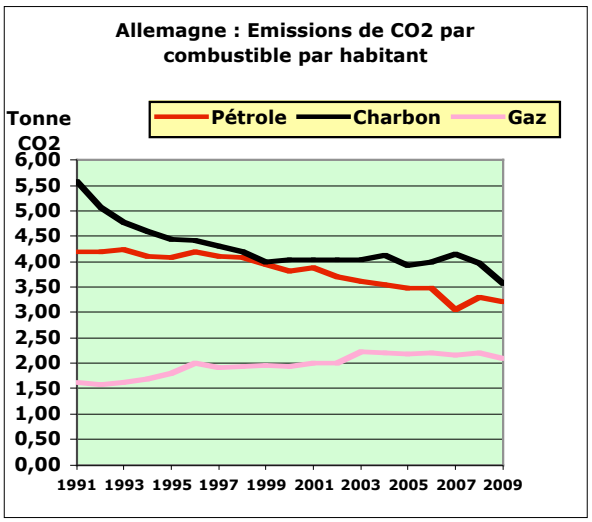
On retrouve bien le poids très important du charbon dans les émissions de l'Allemagne, plus accentué que dans la consommation primaire. A noter cependant que les émissions « charbon » ont fortement diminué en Allemagne entre 1991 et 2009 (-35%). Les émissions « pétrole » ont également diminué de façon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

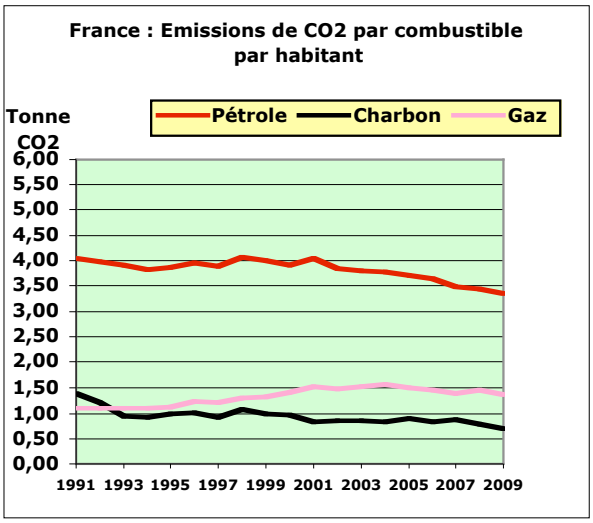
Emissions par habitant

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.





4.1.3 Emissions par secteur d'activités

Emissions par grand secteur

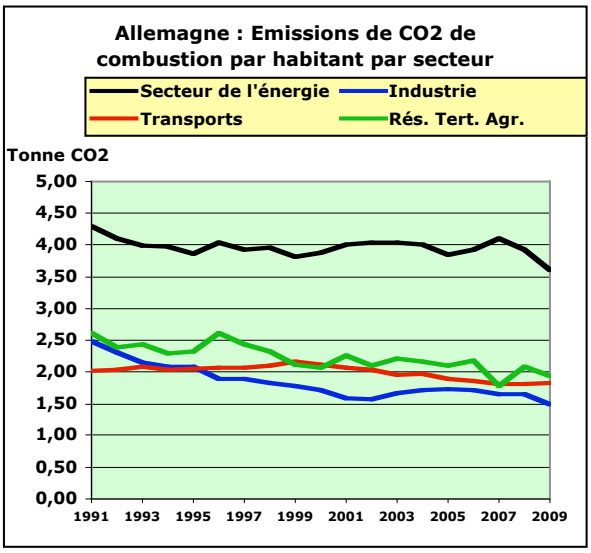
Les émissions de CO2 liées aux différentes activités économiques et sociales sont comptées de deux façons : les émissions directes et les émissions indirectes.
Les émissions directes sont celles des activités elles-mêmes et, dans ce cas, on distingue les émissions des secteurs d'activités finals (industrie, 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.

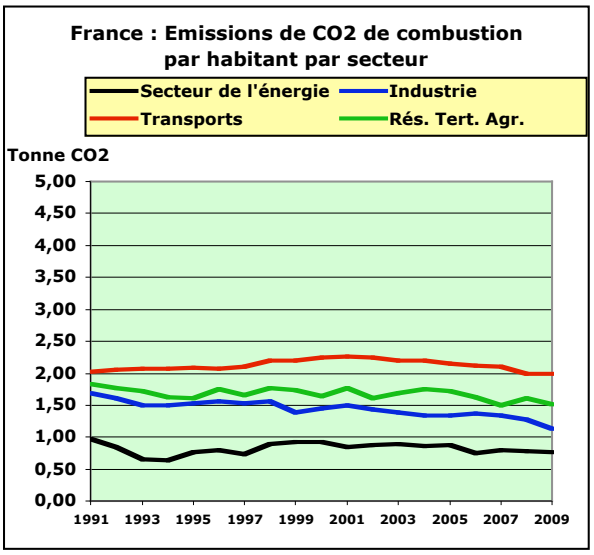
Emissions directes de CO2 de combustion par grand secteur

Totales	**Allemagne**				**France**			
MtCO2	**1991**	**2009**	**1991-2009**	**Ecart (%)**	**1991**	**2009**	**1991-2009**	**Ecart (%)**
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.





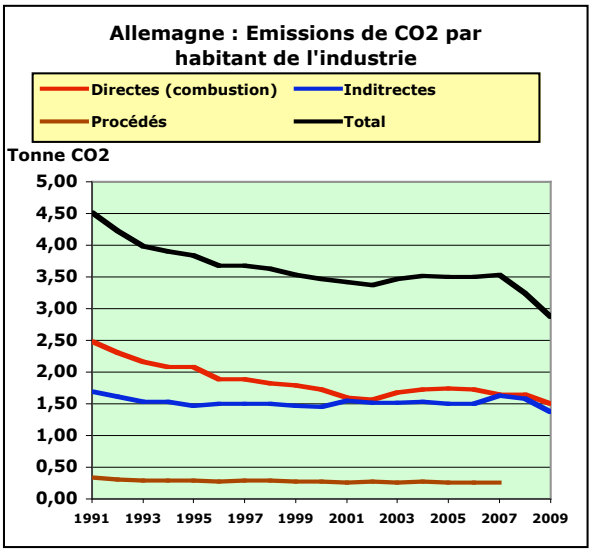
La différence la plus frappante entre les deux pays saute aux yeux : en Allemagne, le secteur de l'énergie est de loin le premier émetteur de CO2, tandis qu'en France ses émissions sont les plus faibles. Cela provient de la dominante fossile et surtout charbon de la production d'électricité en Allemagne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

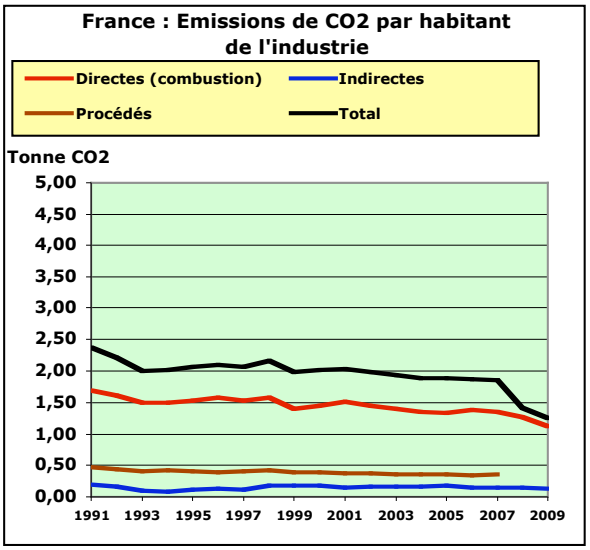
a) Les émissions directes de l'industrie ont diminué de façon notable dans les deux pays, plus en Allemagne (38%) qu'en France (27%). En valeur par habitant, elles restent supérieures en Allemagne (1,5 tCO2 contre 1,13 en France) mais on a vu que l'activité industrielle était beaucoup plus élevée en 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.

Emissions de l'industrie

Emissions 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

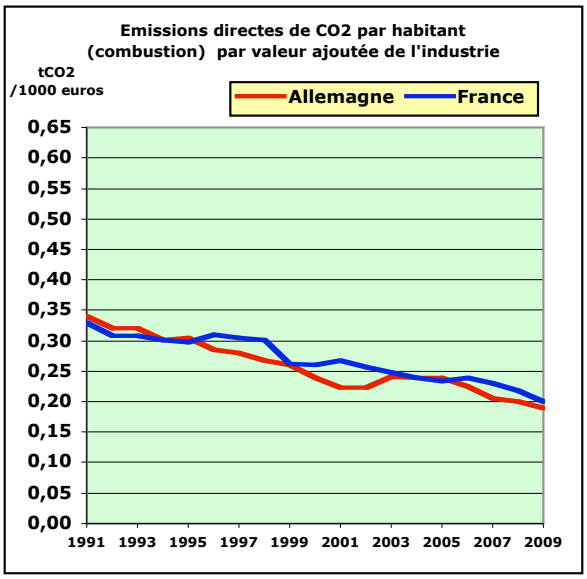
Totales	Allemagne					France				
MtCO2	**1991**	**2007**	**2009**	**1991-2009**	**Ecart (%)**	**1991**	**2007**	**2009**	**1991-2009**	**Ecart (%)**
Directes	198,9	135,3	122,9	75,9	*38,2*	96,8	83,5	70,5	26,3	*27,2*
Indirectes	135,3	134,1	112,3	23,0	*17,0*	11,4	9,0	8,2	3,2	*28,2*
Procédés	27,4	21,9		5,5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

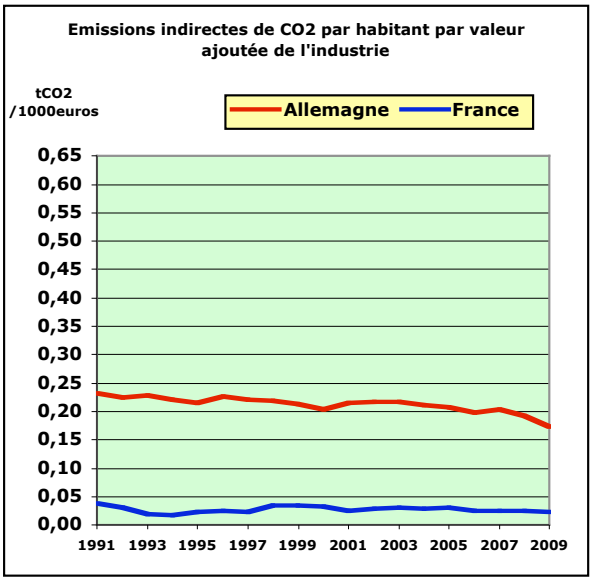
Emissions de CO2 par habitant de l'industrie

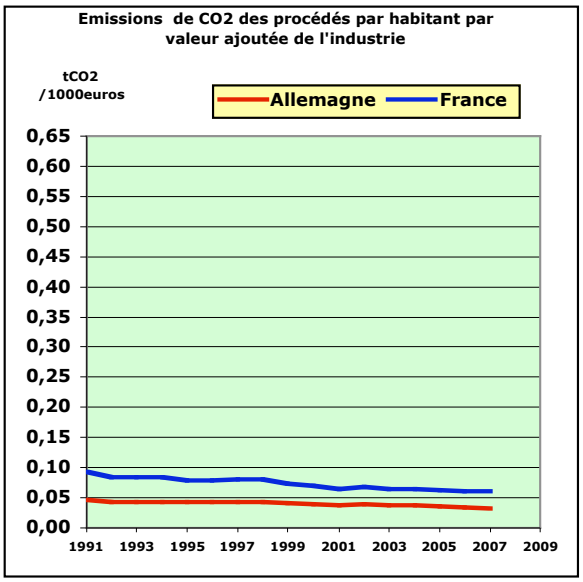
Par habitant	Allemagne				France			
tCO2	**1991**	**2007**	**2009**	**1991-2009**	**1991**	**2007**	**2009**	**1991-2009**
Directes	2,49	1,64	1,50	1,0	1,70	1,35	1,129	0,6
Indirectes	1,69	1,63	1,37	0,3	0,20	0,15	0,131	0,1
Procédés	0,34	0,27			0,48	0,35		
Totales	4,52	3,54			2,38	1,85		

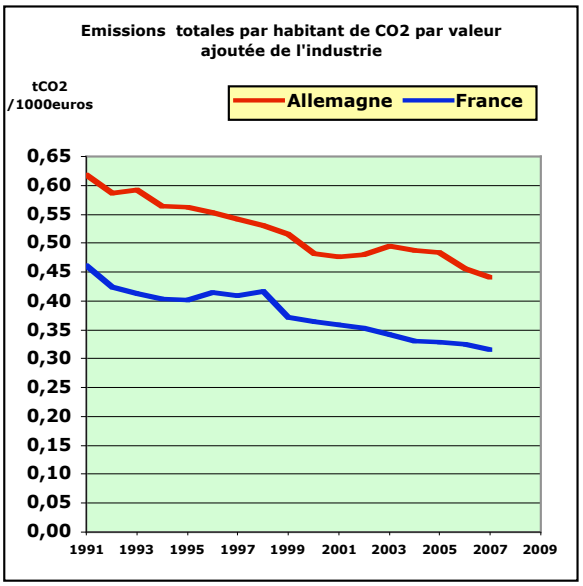
Emissions par unité de valeur ajoutée

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 t CO2 /1000 euro contre 0,45 tCO2/1000 euros en Allemagne.


Emissions directes de CO2 par habitant (combustion) par valeur ajoutée de l'industrie
tCO2 /1000 euros
Allemagne
France
0,65
0,60
0,55
0,50
0,45
0,40
0,35
0,30
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009


Emissions indirectes de CO2 par habitant par valeur ajoutée de l'industrie
tCO2 /1000euros
Allemagne
France
0,65
0,60
0,55
0,50
0,45
0,40
0,35
0,30
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009


Emissions de CO2 des procédés par habitant par valeur ajoutée de l'industrie
tCO2 /1000euros
Allemagne
France
0,65
0,60
0,55
0,50
0,45
0,40
0,35
0,30
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009

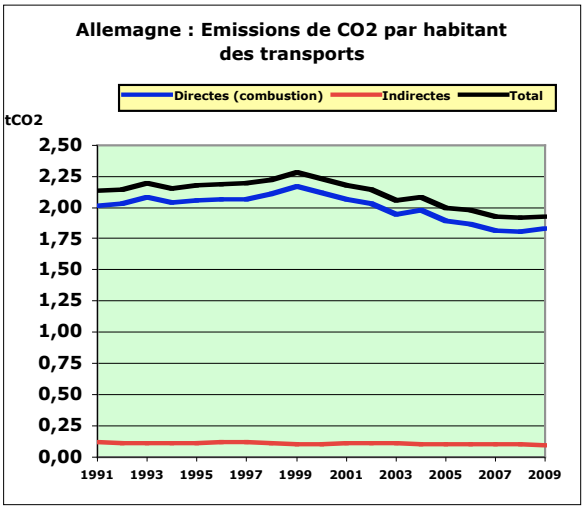

Emissions totales par habitant de CO2 par valeur ajoutée de l'industrie
tCO2 /1000euros
Allemagne
France
0,65
0,60
0,55
0,50
0,45
0,40
0,35
0,30
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009

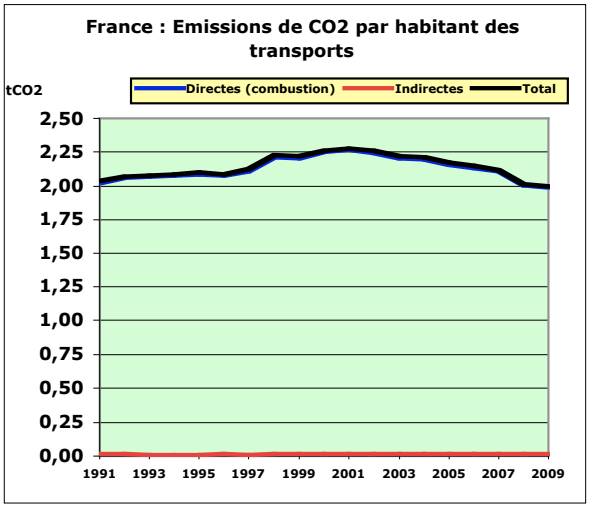
Emissions des Transports

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

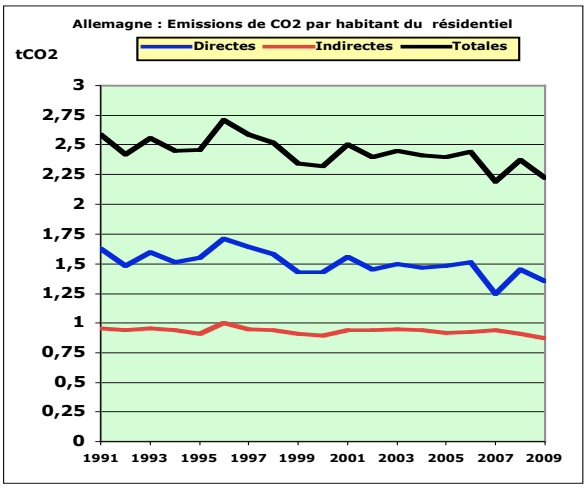


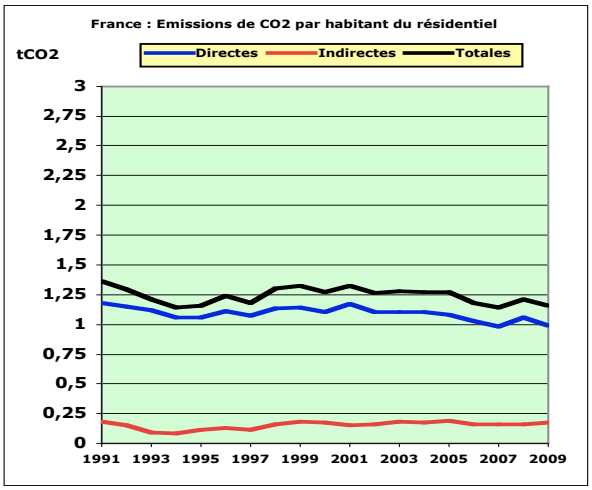


Pour la France, la courbe des émissions directes se confond avec celle du total des émissions.

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 leur sont 4% inférieures en 2009.

Emissions du Résidentiel





Emissions de CO2 du secteur résidentiel

Totales	**Allemagne**				**France**			
MtCO2	**1991**	**2009**	**1991-2009**	**Ecart (%)**	**1991**	**2009**	**1991-2009**	**Ecart (%)**
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 décru 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.

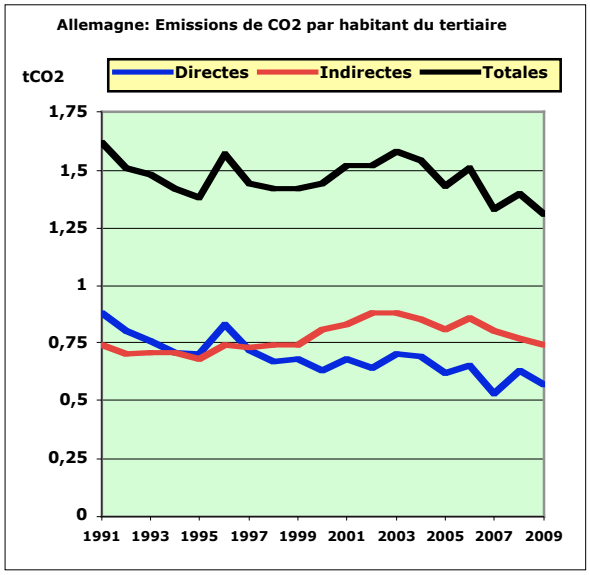
Emissions du Tertiaire

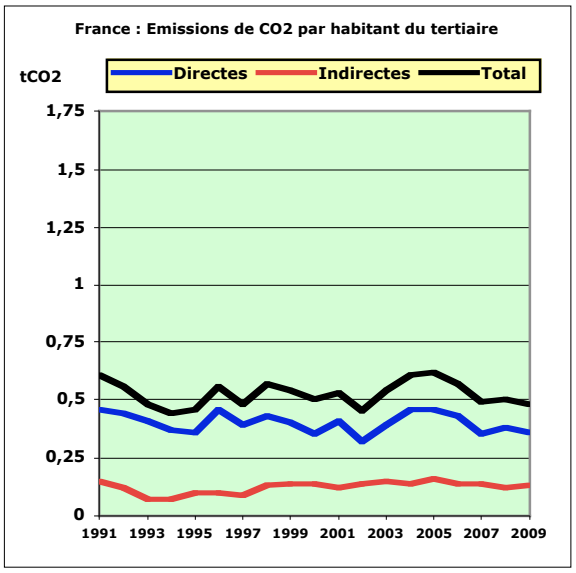
Emissions de CO2 totales du secteur tertiaire

	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

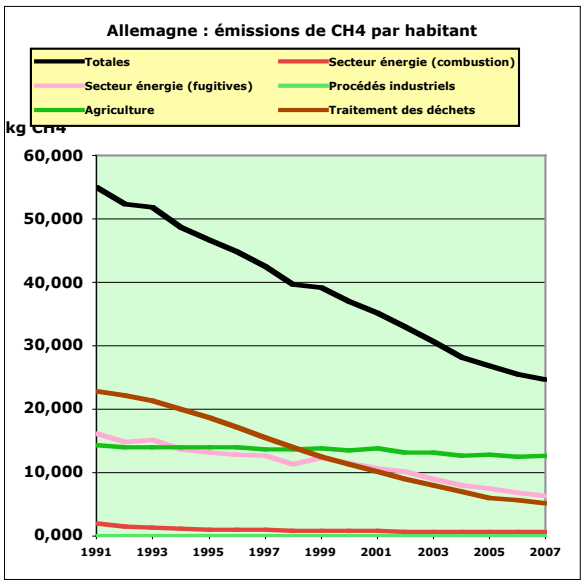
	Allemagne			**France**		
tCO2	**1991**	**2009**	**1991-2009**	**1991**	**2009**	**1991-2009**
Directes	0,88	0,57	0,31	0,46	0,36	0,10
Indirectes	0,74	0,74	0,00	0,15	0,13	0,02
Totales	1,62	1,31	0,31	0,61	0,48	0,13

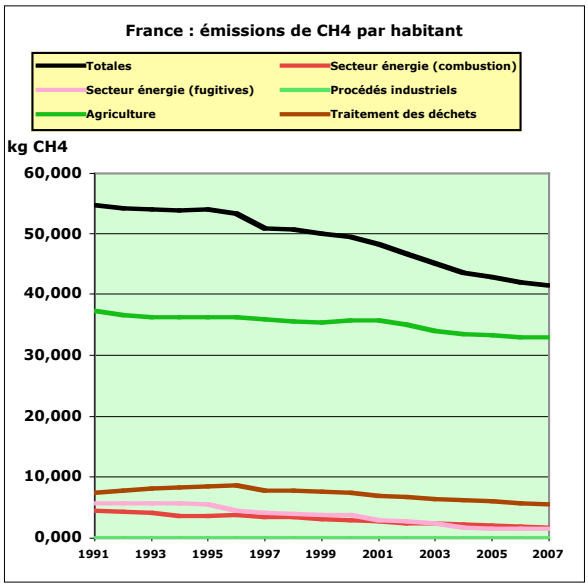




4.2 METHANE

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 (4404 kt contre 3121) sont, en 2007, 27% inférieures aux émissions françaises (2026 kt contre 2566). 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 1290 kt à 515 kt CO2.
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 (423kt), beaucoup moins significatif que son équivalent allemand (1815) 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*	3121,5	2565,8	555,8	*17,8*
Secteur énergie (combustion)	155,0	48,5	106,5	*68,7*	259,4	102,6	156,8	*60,4*
Secteur énergie (fugitives)	1290,5	515,8	774,7	*60,0*	319,2	91,8	227,4	*71,2*
Procédés industriels	0,2	0,1	0,0	*26,9*	0,2	0,1	0,1	*51,4*
Agriculture	1142,4	1039,9	102,4	*9,0*	2120,0	2031,6	88,4	*4,2*
Traitement déchets	1815,2	421,9	1393,3	*76,8*	422,7	339,6	83,1	*19,7*

Par habitant	**Allemagne**			**France**		
kgCH4	**1991**	**2007**	**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)

Emissions de méthane par habitant, en teqCO2

	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 DECHETS NUCLEAIRES

5.1 LES POLITIQUES NUCLEAIRES

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 PWR[24], sous licence Westinghouse, puis « francisée » par la suite), dite de « deuxième génération », dont le dernier « palier » est le réacteur EPR[25]). 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, pour son programme électronucléaire lancé au début des années 1970, directement 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, BWR[26]). 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 », HTR[27] 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.
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).

---

[24] REP, PWR, BWR : Réacteur à eau sous pression ou *Pressurized Water Reactor.*
[25] EPR : *European Pressurized Reactro.*
[26] BWR : *Boiling Water Reactor.*
[27] HTR : *High Temperatur Reactor.*

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.

5.2 ACCUMULATION DE COMBUSTIBLES USES ET DE MATIERES NUCLEAIRES

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 dizaine de millions de tonnes.

5.3 ACCUMULATION DE DECHETS 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 (m^3) 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 7,5 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 (m^3) 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.

6. CONCLUSION : LES ENSEIGNEMENTS DE LA COMPARAISON

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.
Rappelons-en ici les résultats le plus marquants.

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 3250 euros par habitant[28] en 2007.

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.

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

[28] Somme du solde par habitant positif de l'Allemagne moins solde (négatif) par habitant de la France.

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%), chaleur[29] 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 m^2 de logement, à climat identique, est 23% plus faible en Allemagne qu'en France.
On constate d'autre part une divergence d'évolution majeure et inexpliquée 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% (1230 kWh en France contre 970 kWh en Allemagne).

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.

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 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

[29] 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).

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.

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 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.

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 énergétique[30] 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.

[30] Défini officiellement en France comme le rapport de la production nationale d'énergie à la consommation primaire.

Les émissions de gaz à effet de serre et les déchets nucléaires

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 décru 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%).

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 qui a rapidement porté ses fruits, de la fermeture 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 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).

Les déchets nucléaires

Dans les deux pays, la production d'électricité d'origine nucléaire a produit et continue de produire 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, on 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 12 000 tonnes et 6 000 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.

La comparaison 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. Ce pays, 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 sont, en France, bien supérieurs à ceux de l'Allemagne.