

## Bilan des énergies 2012 – Comparaison Allemagne et France

En cette année 2014, les débats vont bon train : en Allemagne sur l' « Energiewende » (littéralement : le virage énergétique) et en France sur la « transition énergétique ».

D'où l'idée d'élaborer une fiche synthétique du bilan des énergies pour chacun de ces deux pays : sur l'année 2012 dont les données statistiques sont publiées et accessibles.

Remerciements aux collègues qui m'ont aidé à accéder à ces statistiques, notamment :

- Dr. Ing. Hartmut LAUER, pour les données allemandes,
- Jean-Pierre PERVES.

Ces fiches (annexe 1 pour l'Allemagne, annexe 2 pour la France) comprennent 4 tableaux :

- 1)- Un tableau des énergies primaires (c'est-à-dire des ressources naturelles brutes utilisées pour l'approvisionnement du pays en énergie),
- 2)- Un tableau donnant le détail des diverses énergies renouvelables indiquées globalement dans le tableau 1,
- 3)- un tableau des énergies finales<sup>1</sup> (c'est-à-dire des énergies directement utilisées pour les diverses applications : industrie, transport, tertiaire, résidentiel,...),
- 4)- un tableau relatif à l'électricité, indiquant la répartition entre les différents moyens de production (en puissance installée [MW] et production [TWh])<sup>2</sup>.

De la comparaison de ces deux fiches, ressortent notamment les points suivants :

### 1)- Energies primaires

Les énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz) assurent environ 80% de l'approvisionnement de l'Allemagne et 49% de celui de la France.

L'énergie nucléaire (uranium) fournit environ 8% de l'approvisionnement de l'Allemagne et 38% de celui de la France.

Les énergies renouvelables fournissent environ 12% de l'approvisionnement de l'Allemagne et 13% de celui de la France : grâce à son potentiel hydroélectrique, la France compense **son moindre développement** des énergies éolienne et solaire.

### 2)- Energies finales utilisées

La part d'utilisation directe des énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz) est d'environ 66% pour l'Allemagne comme pour la France : cela représente bien la dépendance des deux pays vis-à-vis des hydrocarbures liquides et gazeux très majoritairement importés<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Les énergies finales sont obtenues par transformation des énergies primaires sous des formes directement utilisables (calorifique, mécanique, électrique,...)

<sup>2</sup> MW = mégawatt = mille kilowatt = million de watt

TWh = térawattheure =  $10^{12}$  wattheure =  $10^9$  kilowattheure = milliard de kWh

<sup>3</sup> Pour la France, le coût de ces combustibles fossiles importés à 99% représente environ 66 milliards d'Euros par an, soit plus que le déficit de sa balance commerciale. Pour l'Allemagne, le coût d'importation des combustibles fossiles représentait environ 94 milliards. d'€ en 2012, soit 3,5% du PIB (environ un tiers de cette somme sont des importations de Russie).

La part de l'électricité est de 21,6% en Allemagne et de 23,4% en France.

L'industrie utilise 30% de l'énergie finale en Allemagne, seulement 19,5% en France.

### 3)- Electricité

La comparaison Allemagne – France fait l'objet du tableau suivant :

#### Electricité : Puissance installée (MW) et production (TWh)

Energie	Allemagne				France			
	MW	%	TWh	%	MW	%	TWh	%
Fossiles	77300	43	320,1	55,5	25500	20,6	51	9
Nucléaire	12000	7	94,2	16,4	63300	51,2	421	78
Hydraulique	14500	8	30,8	5,3	25400	20,5	50	9
ENR	74500	42	131,3	22,8	9500	7,7	20	4
Total	178300	100	576,4	100	123700	100	542	100

Fossiles = Charbon + lignite + pétrole + gaz

ENR = Eolien + Photovoltaïque + divers

Les combustibles fossiles fournissent 55% de l'électricité en Allemagne et 9% en France : d'où la différence dans les émissions de CO<sub>2</sub> par kWh (430 g en Allemagne contre 90 g en France), **et la raison principale de la différence des émissions annuelles de CO<sub>2</sub> équivalent par habitant (11,7t en Allemagne et 8,1t en France).**

Le nucléaire ne fournit plus que **16,4%** de l'électricité en Allemagne alors qu'il fournit plus des trois quarts (78%) de l'électricité en France. Cela résulte de l'effort d'investissement en électronucléaire fait en France après les crises du pétrole des années 1973-74.

Les énergies renouvelables ENR (hors hydraulique) fournissent environ 22,8% de l'électricité en Allemagne et seulement 4% en France. On remarque que :

- la puissance installée allemande en énergies renouvelables ENR hors hydraulique (74500 MW, soit 42% du parc électrogène allemand) résulte de l'effort d'investissement fait en Allemagne depuis une dizaine d'années. Elle est supérieure à la puissance installée française en nucléaire (63300 MW, soit 51,2% du parc électrogène français).
- la production d'électricité allemande en énergies renouvelables ENR hors hydraulique (131,3 TWh), ne représente que 22,8% de la production allemande. Ceci reflète l'inconvénient dû à l'intermittence de la production d'électricité éolienne et photovoltaïque.

L'hydroélectricité représente 5% de la production d'électricité en Allemagne, et 9% en France

Orsay, Le 18 juin 2014  
Jean-Michel GAMA

## Bilan des énergies en Allemagne 2012

A partir des données recueillies dans la littérature (Rapport de Monitoring Bundesnetzagentur, vbw 12/2013 ; AGEb Energiebilanzen e.V. – Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2013 ; Agence Internationale de l'Energie ; RTE – Bilan 2013, AG Energiebilanzen 3/2014 ; CEA – Memento sur l'énergie / Edition 2012 ; ...), j'ai tenté d'établir un bilan des énergies pour l'Allemagne en 2012.

- Energies primaires consommées, produites en Allemagne et importées, en Mtep (million de tonnes équivalent pétrole) : voir tableau 1.
- Détail des énergies primaires renouvelables : voir tableau 2.
- Energies finales utilisées, en Mtep : voir tableau 3.
  - o Parts des diverses énergies primaires,
  - o Répartition par catégorie d'utilisations.
- Electricité répartie par énergies primaires : voir tableau 4.
  - o Puissance installée, en MW,
  - o Production d'électricité, en TWh.

Quelques ordres de grandeur – L'Allemagne :

- compte environ 81,9 millions d'habitants ; l'Europe 502 millions.
- avec environ 4 tep par habitant et un total de 327 Mtep, est le 1<sup>er</sup> pays consommateur d'énergie primaire d'Europe devant la France (4 tep/hbt et 262 Mtep) ; pour l'Europe entière : 3,4 tep/hbt et 1714 Mtep. L'Allemagne est aussi le 6<sup>ème</sup> consommateur mondial après la Chine, les Etats Unis, l'Inde, la Russie et la Japon.
- avec environ 11,7 t de CO<sub>2</sub> équivalent (incluant CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, ...) par habitant et par an et un total de 958 Mt de CO<sub>2</sub> équivalent par an, est le 1<sup>er</sup> pays émetteur de gaz à effet de serre d'Europe devant la Grande Bretagne (10,1 t de CO<sub>2</sub> équivalent / hbt et 628 Mt de CO<sub>2</sub> équivalent) et la France (8,1 t de CO<sub>2</sub> équivalent / hbt et 527 Mt de CO<sub>2</sub> équivalent) ; pour l'Europe entière : 9,8 t de CO<sub>2</sub> équivalent /hbt et 4939 Mt de CO<sub>2</sub> équivalent.
- par kWh d'électricité produit, émet : 430 g de CO<sub>2</sub>,
  - o la France : 90 g de CO<sub>2</sub>,
  - o l'Europe entière : 340 g de CO<sub>2</sub>.

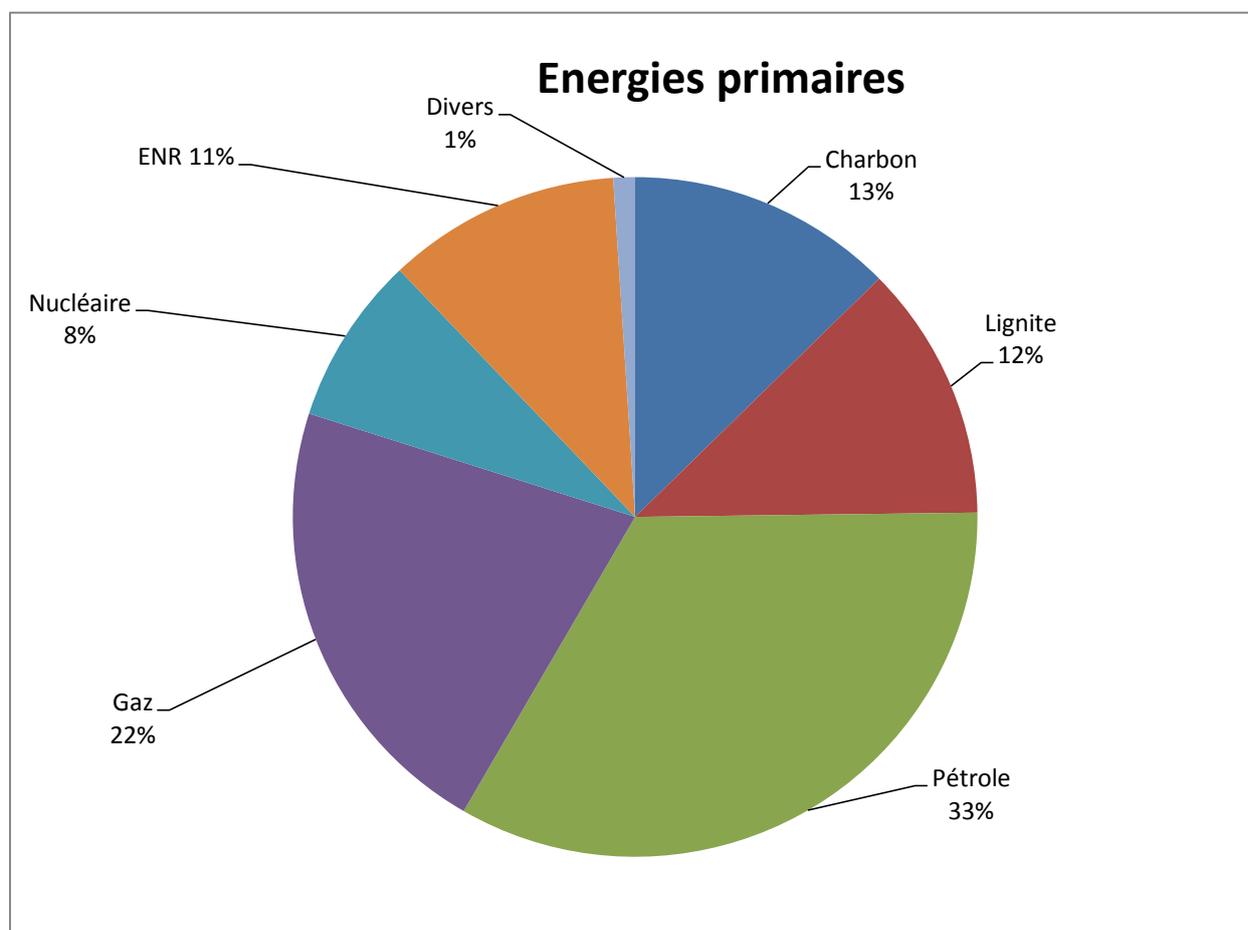
Rappel sur les unités de mesure :

Dans le système international de mesures MKS (mètre, kilogramme masse, seconde) :

- Unité de force = 1 N (Newton) = 1 kg masse x 1m/s<sup>2</sup>,
- Unité de travail (énergie) = 1 J (Joule) = 1 N x 1m,
  - o Unités courantes : 1 Wh = (1 J / 1 s) x 3600 s = 3600 J
  - o 1 kWh = 3 600 000 J
  - o 1 MWh = 1000 kWh / 1 TWh (térawattheure) = 1 000 000 MWh
  - o 1 tep (tonne équivalent pétrole) = 42 GJ (gigajoule) = 11,66 MWh (mégawattheure)
  - o 1 Mtep (million de tonnes équivalent pétrole) = 11,66 TWh = 42.10<sup>6</sup> GJ = 42 PJ
  - o 1 tec (tonne équivalent charbon) = 0,697 tep
  - o 1 PJ (pétajoule) = 0,27771 TWh = 0,0238 Mtep
- Unité de puissance = 1 W = 1 J / 1 s = 1 N x 1 m / 1 s = 1 kg masse x (1m)<sup>2</sup> / s<sup>3</sup>
  - o 1 kW (kilowatt) = 1000 W – 1 MW (mégawatt) = 1 000 000 W
  - o 1 ch (cheval vapeur) = 735,5 W

## Tableau 1 : Energies primaires

Energie primaire	Production		Importation		Total	
	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%
Charbon	7,70	7,82%	33,00	0,14%	40,70	12,63%
Lignite	39,90	40,51%	-0,70	-0,30%	39,20	12,17%
Pétrole	2,70	2,74%	105,40	44,45%	108,10	33,55%
Gaz	9,30	9,44%	60,20	25,39%	69,50	21,57%
Nucléaire			25,80	10,88%	25,80	8,01%
ENR	35,60	36,14%			35,60	11,05%
Divers	3,30	3,35%			3,30	1,02%
<b>Total</b>	<b>98,50</b>	<b>100,00%</b>	<b>223,70</b>	<b>100,00%</b>	<b>322,20</b>	<b>100,00%</b>

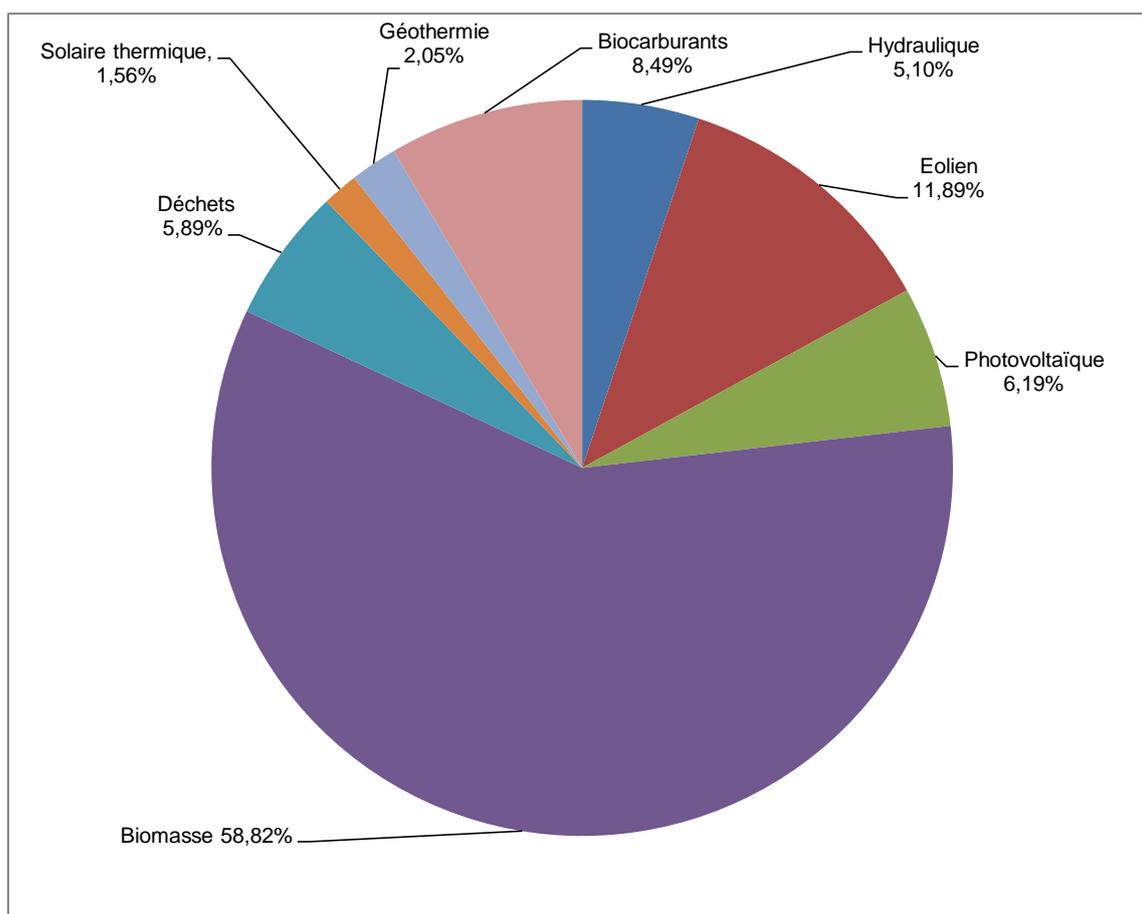


ENR = Energies renouvelables  
(voir le détail des ENR tableau 2 – page 5)

## Tableau 2 : Détail des énergies primaires renouvelables

### Energies renouvelables

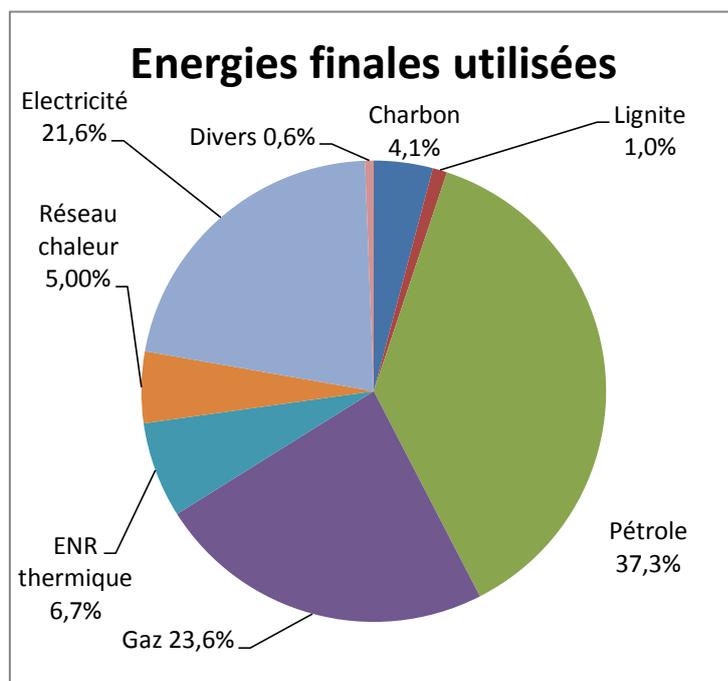
Type ENR	Mtep	%
Hydraulique	1,86	5,10%
Eolien	4,34	11,89%
Photovoltaïque	2,26	6,19%
Biomasse	21,47	58,82%
Déchets	2,15	5,89%
Solaire thermique	0,57	1,56%
Géothermie	0,75	2,05%
Biocarburants	3,10	8,49%
TOTAL	36,50	100,00%



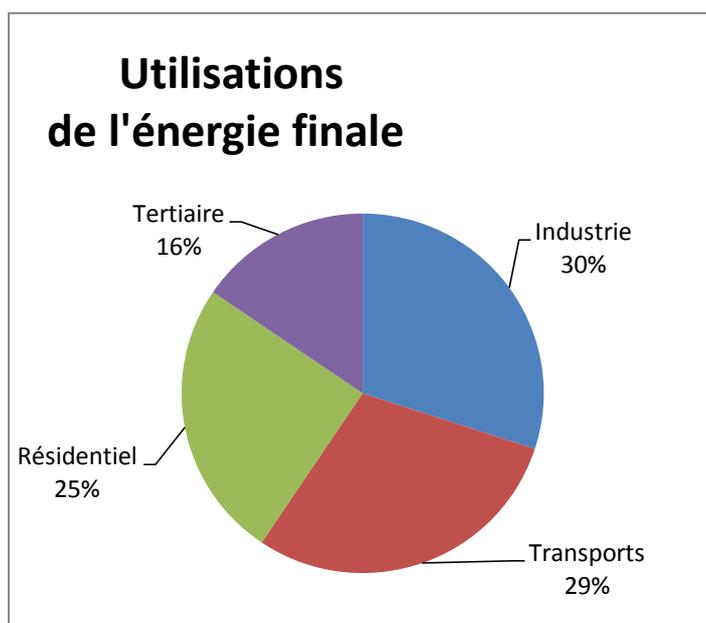
**Tableau 3 : Energies finales utilisées**

Energie finale	Mtep	%
Charbon	8,62	4,1%
Lignite	2,05	1,0%
Pétrole	77,67	37,3%
Gaz	49,21	23,6%
ENR Thermique	14,00	6,7%
Réseau chaleur	10,36	5,00%
Electricité	44,93	21,6%
Divers	1,33	0,6%
<b>Total</b>	<b>208,17</b>	<b>100%</b>

ENR = Energies renouvelables

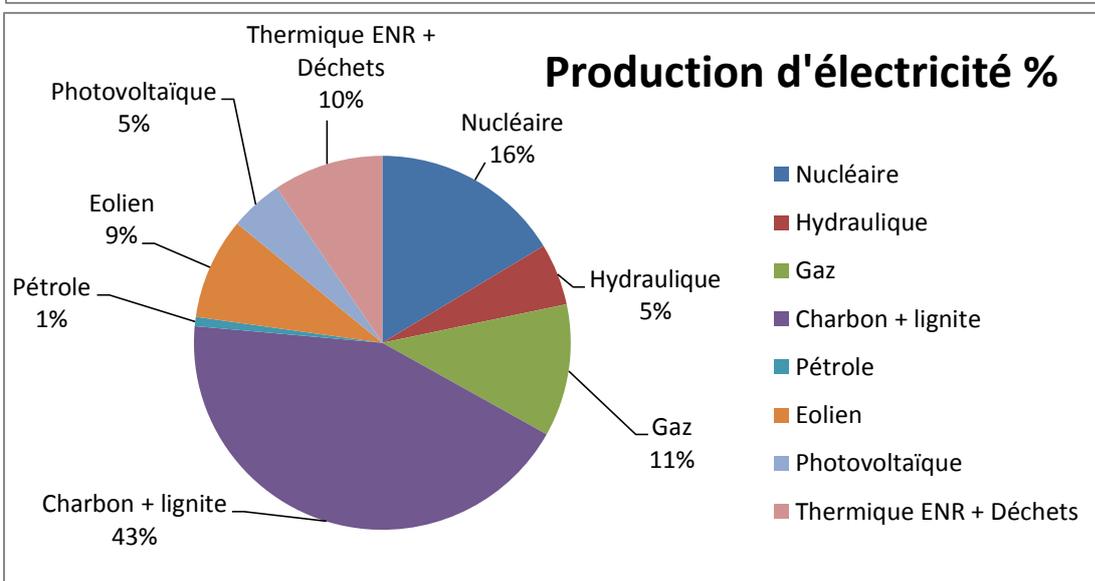
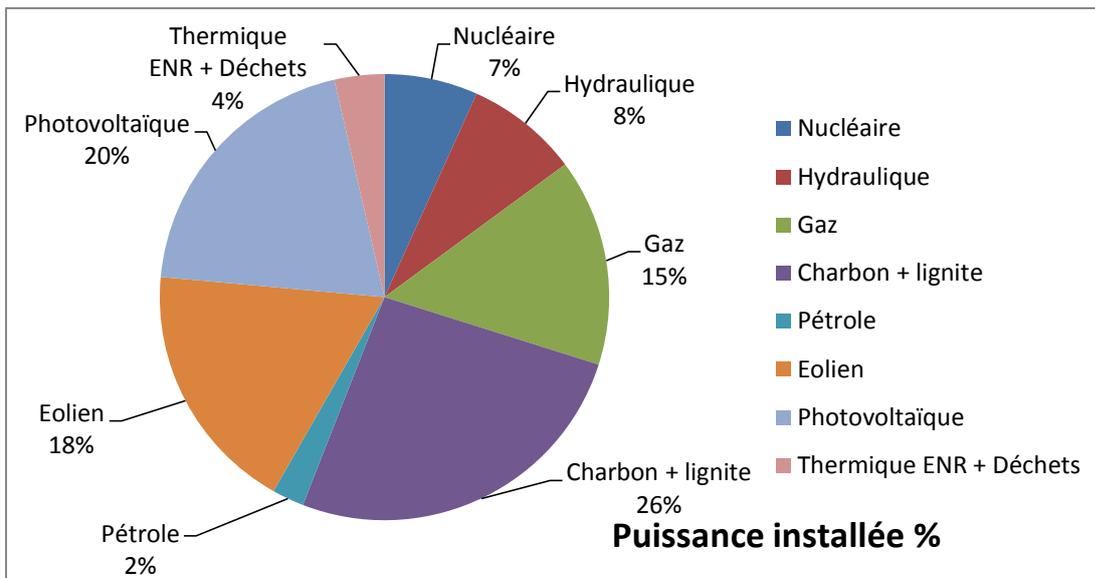


Utilisation	Mtep	%
Industrie	62,48	30,0%
Transports	61,24	29,4%
Résidentiel	52,24	25,1%
Tertiaire	32,26	15,5%
<b>Total</b>	<b>208,22</b>	<b>100,0%</b>



**Tableau 4 : - Electricité – Puissance installée et production**

Sources d'énergie	Puissance installée		Production d'électricité	
	MW	%	TWh	%
Nucléaire	12 000	7%	94,2	16%
Hydraulique	14 500	8%	30,8	5%
Fossiles	77 300	43%	320,1	55%
Gaz	26 800	15%	66	11%
Charbon + lignite	46 400	26%	249,5	43%
Pétrole	4 100	2%	4,6	1%
Eolien	32 500	18%	50,6	9%
Photovoltaïque	35 600	20%	26,1	5%
Thermique ENR + Déchets	6 400	4%	54,6	9%
Total	178 300	100%	576	100%



## Bilan des énergies en France 2012

A partir des données recueillies dans la littérature (CEA – Memento sur l'énergie / Edition 2012 ; Agence Internationale de l'Energie ; Ministère du Développement Durable et de l'Energie, ...), j'ai tenté d'établir le bilan des énergies en France en 2012 :

- Energies primaires consommées, produites en France et importées, en Mtep (million de tonnes équivalent pétrole) : voir tableau 1.
- Détail des énergies renouvelables primaires en Mtep : voir tableau 2.
- Energies finales utilisées, en Mtep : voir tableau 3.
  - o Parts des diverses énergies primaires,
  - o Répartition par catégorie d'utilisations.
- Electricité répartie par énergies primaires : voir tableau 4.
  - o Puissance installée, en MW,
  - o Production d'électricité, en TWh.

Quelques ordres de grandeur – La France :

- compte environ 65 millions d'habitants ; l'Europe 502 millions.
- avec environ 4 tep par habitant et un total de 266 Mtep, est le 2<sup>ème</sup> pays consommateur d'énergie primaire d'Europe, après l'Allemagne (4 tep/hbt et 322 Mtep) ; pour l'Europe entière : 3,4 tep/hbt et 1714 Mtep.
- avec environ 8,1 t de CO<sub>2</sub> équivalent (incluant CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, ...) par habitant et par an et un total de 527 Mt de CO<sub>2</sub> équivalent par an, est le 3<sup>ème</sup> pays émetteur de gaz à effet de serre d'Europe, après l'Allemagne (11,7 t de CO<sub>2</sub> équivalent / hbt et 958 Mt de CO<sub>2</sub> équivalent) et la Grande Bretagne (10,1 t de CO<sub>2</sub> équivalent / hbt et 628 Mt de CO<sub>2</sub> équivalent) ; pour l'Europe entière : 9,8 t de CO<sub>2</sub> équivalent /hbt et 4939 Mt de CO<sub>2</sub> équivalent.
- par kWh d'électricité produit, émet : 90 g de CO<sub>2</sub>,
  - o l'Allemagne : 430 g de CO<sub>2</sub>,
  - o l'Europe entière : 340 g de CO<sub>2</sub>.

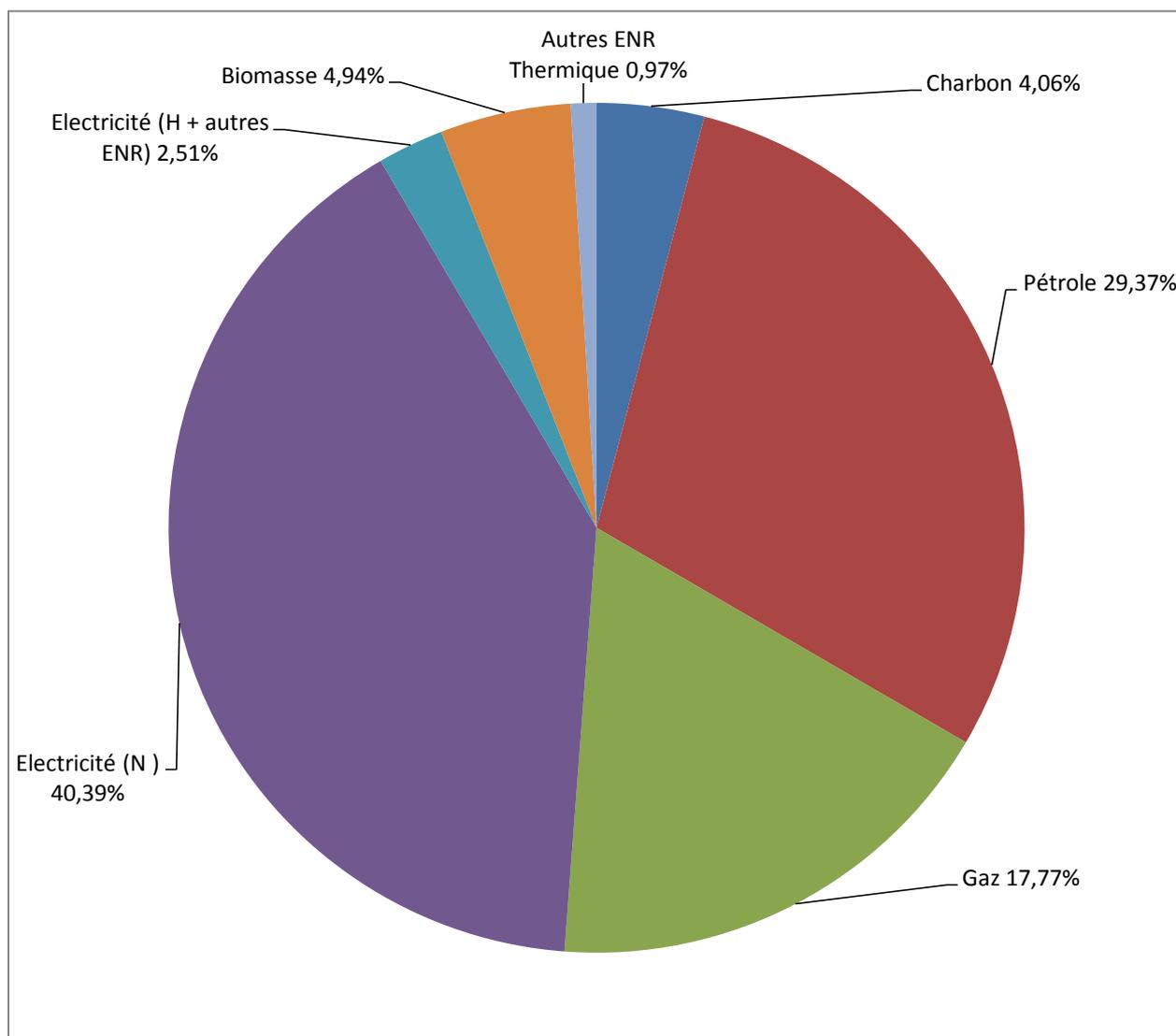
Rappel sur les unités de mesure :

Dans le système international de mesures MKS (mètre, kilogramme masse, seconde) :

- Unité de force = 1 N (Newton) = 1 kg masse x 1m/s<sup>2</sup>,
- Unité de travail (énergie) = 1 J (Joule) = 1 N x 1m,
  - o Unités courantes : 1 Wh = (1 J / 1 s) x 3600 s = 3600 J
  - o 1 kWh = 3 600 000 J
  - o 1 MWh = 1000 kWh
  - o 1 TWh (térawattheure) = 1 000 000 MWh
  - o 1 tep (tonne équivalent pétrole) = 42 GJ (gigajoule) = 11,66 MWh (mégawattheure)
  - o 1 Mtep (million de tonnes équivalent pétrole) = 11,66 TWh
- Unité de puissance = 1 W = 1 J / 1 s = 1 N x 1 m / 1 s = 1 kg masse x (1m)<sup>2</sup> / s<sup>3</sup>
  - o 1 kW (kilowatt) = 1000 W – 1 MW (mégawatt) = 1 000 000 W
  - o 1 ch (cheval vapeur) = 735,5 W

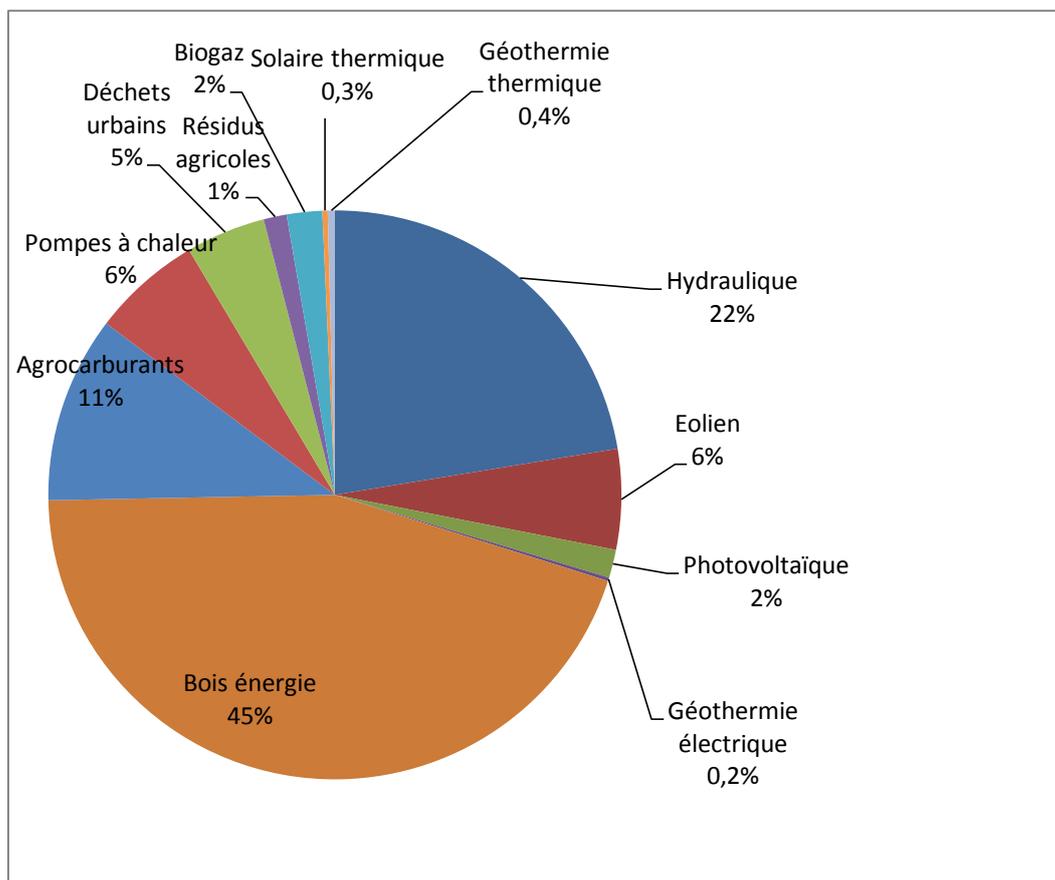
## Tableau 1 : Energies primaires

Ressources	Production		Importation		Total	
	Mtep	%	Mtep	%	Mtep	%
Charbon	0,30	0,23%	10,50	7,79%	10,80	4,06%
Pétrole	0,80	0,61%	77,40	57,42%	78,20	29,37%
Gaz	0,40	0,30%	46,90	34,79%	47,30	17,77%
Electricité (N )	107,52	81,81%			107,52	40,39%
Electricité (H + autres ENR)	6,68	5,08%			6,68	2,51%
Biomasse	13,16	10,01%			13,16	4,94%
Autres ENR Thermique	2,57	1,96%			2,57	0,97%
<b>Total</b>	<b>131,43</b>	<b>100,00%</b>	<b>134,80</b>	<b>100,00%</b>	<b>266,23</b>	<b>100,00%</b>



## Tableau 2 : Détail des énergies renouvelables primaires

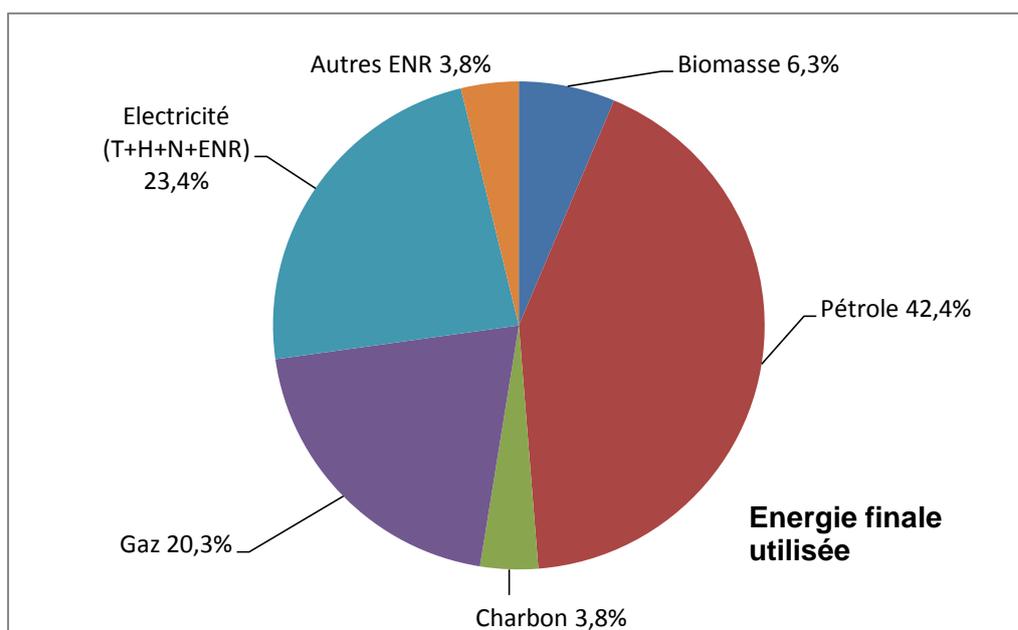
Energie	Mtep	%		Mtep	%
Hydraulique	5,001	22,4	Sous total ENR électriques	6,682	29,9
Eolien	1,284	5,7			
Photovoltaïque	0,349	1,6			
Géothermie électrique	0,048	0,2			
Bois énergie	10,028	44,8	Sous-total ENR thermiques	15,733	70,1
Agrocarburants	2,397	10,6			
Pompes à chaleur	1,384	6,2			
Déchets urbains	1,018	4,5			
Résidus agricoles	0,29	1,3			
Biogaz	0,443	2			
Solaire thermique	0,079	0,3			
Géothermie thermique	0,094	0,4			
			Total	22,415	100



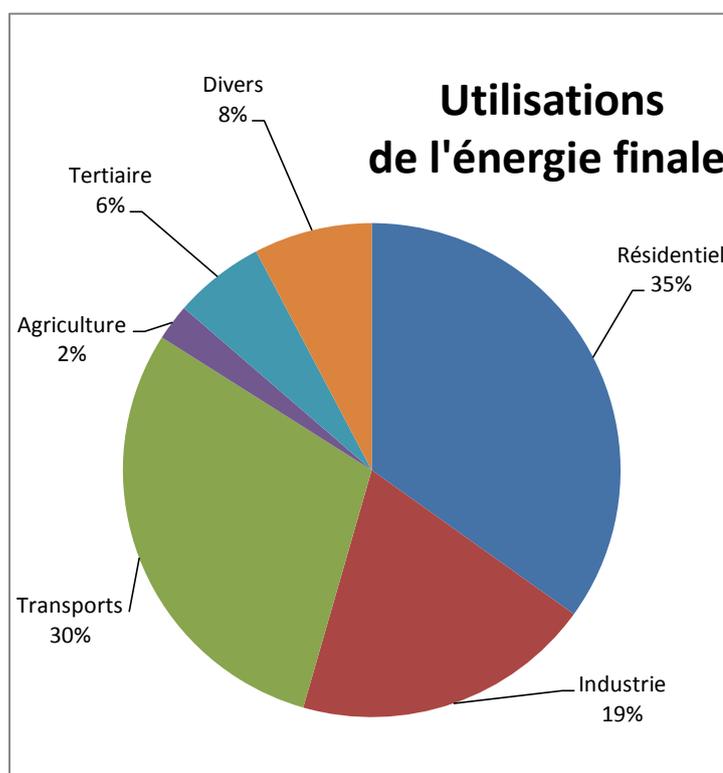
### Tableau 3 : Energies finales utilisées

Energie utilisée finale	Mtep	%
Biomasse	10,00	6,3%
Pétrole	67,00	42,4%
Charbon	6,00	3,8%
Gaz	32,00	20,3%
Electricité (T+H+N+ENR)	37,00	23,4%
Autres ENR	6,00	3,8%
<b>Total</b>	<b>158,00</b>	<b>100%</b>

Utilisation	Mtep	%
Résidentiel	59,00	34,9%
Industrie	33,00	19,5%
Transports	50,00	29,6%
Agriculture	4,00	2,4%
Tertiaire	10,00	5,9%
Divers	13,00	7,7%
<b>Total</b>	<b>169,00</b>	<b>100%</b>



T = Thermique  
H = Hydraulique  
N = Nucléaire  
ENR = Energies renouvelables



**Tableau 4 : 2012 – Electricité – Puissance installée et production**

Sources d'énergie	Puissance installée		Production d'électricité	
	MW	%	TWh	%
Nucléaire	63 100	49,1	404,9	74,8
Hydraulique	25 400	19,7	63,8	11,8
Fossiles	27 800	21,6	47,9	8,8
Gaz	10 500	8,2	23,2	4,3
Charbon	7 900	6,2	18,1	3,3
Pétrole	9 400	7,3	6,6	1,2
Eolien	7 400	5,8	14,9	2,8
Photovoltaïque	3 500	2,7	4	0,7
Thermique ENR	1 400	1,1	5,9	1,1
Total	128 700	100	541,4	100

