

# La situation énergétique de la France : Etat des lieux

Mots clés associés : climat et énergie | indicateurs | énergie | énergie finale | énergie fossile | énergie nucléaire | énergie primaire | énergies renouvelables

## Résumé

Le système énergétique d'un pays a pour fonction de fournir l'ensemble des *services requérant de l'énergie nécessaires à la satisfaction des besoins d'alimentation, de logement, d'éducation, de santé, de culture, de mobilité, de loisirs etc...* de l'ensemble de ses habitants et de ses organisations collectives.

Ces besoins ne sont pas directement des besoins d'énergie, mais leur satisfaction exige bien souvent la mise en œuvre d'infrastructures, d'outils et d'appareils consommateurs d'énergie sous différentes formes, chaleur, énergie mécanique, etc., et mobilisent des « produits énergétiques finaux » (carburants, combustibles, chaleur, électricité). Ces produits énergétiques finaux sont eux-mêmes le résultat de transformations de différentes ressources énergétiques naturelles qui reçoivent le nom « d'énergies primaires ».

La description d'un système énergétique suppose donc de dresser la carte des connections et des flux qui s'établissent entre les ressources énergétiques dont peut disposer une société et les besoins de services variés requérant de l'énergie de cette société, à travers les produits énergétiques finaux qui parviennent à ses différents membres.

La diversité des modes de satisfaction possibles des besoins de services d'une société en fonction des infrastructures qui l'entourent, de ses modes de vie et de production, de son organisation sociale, se traduit de fait par une très grande diversité de situations de consommation d'énergie : c'est ainsi que pour des niveaux de vie comparables, un habitant des Etats-Unis consomme près de deux fois plus d'énergie qu'un Français.

Les ressources énergétiques sont elles-mêmes nombreuses, présentent des caractéristiques très diverses et sont soumises à une série de contraintes physiques, quantitatives, techniques, géographiques, environnementales et économiques. Il existe des systèmes énergétiques très différents selon les sociétés, leur type d'organisation sociale et territoriale, les opportunités, les contraintes géographiques et géopolitiques dans lesquelles elles fonctionnent. Ces systèmes se distinguent par la nature et la répartition de ressources énergétiques mises en œuvre (ce que l'on appelle le « mix » ou le « bouquet » énergétique), mais tout autant par la façon dont les services énergétiques nécessaires sont rendus à la société.

# Auteurs

## Dessus Benjamin

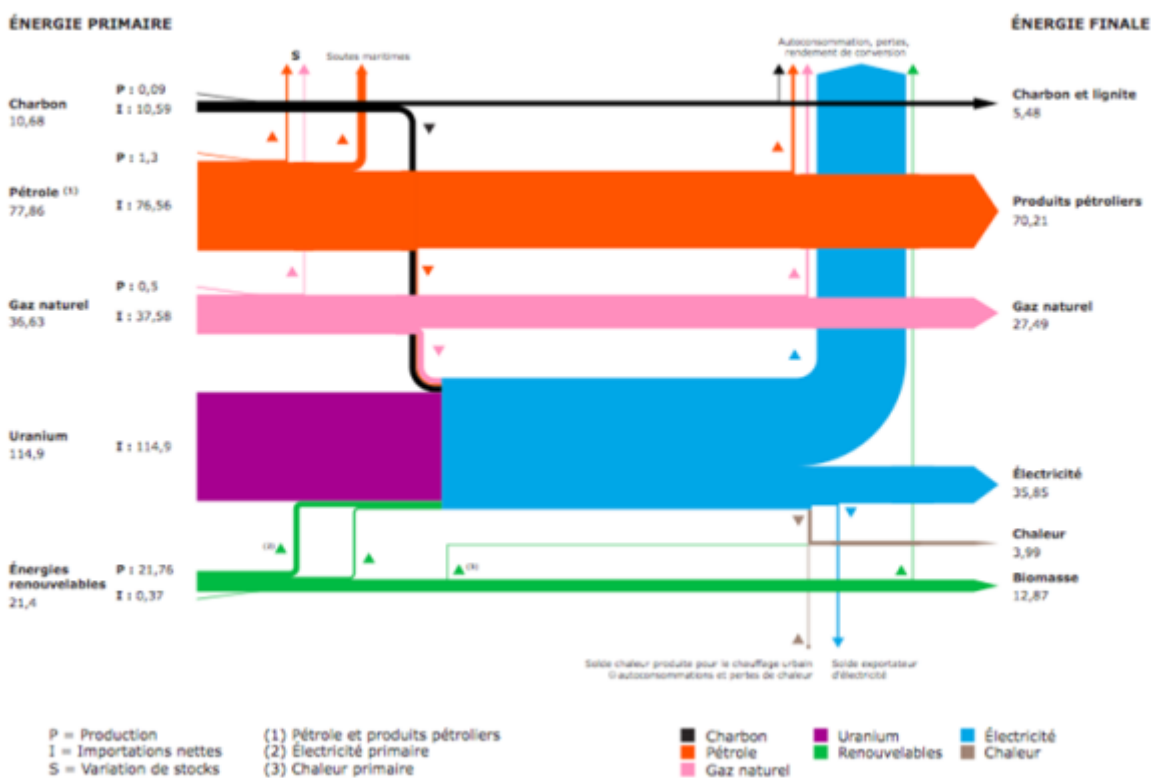
Benjamin Dessus, ingénieur et économiste, a travaillé dans le domaine de l'énergie depuis une trentaine d'années, d'abord aux Études et recherches d'EDF puis à l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie, enfin au CNRS où il a animé plusieurs programmes interdisciplinaires de recherche sur l'énergie, l'environnement et le développement durable. Il préside actuellement l'association *Global Chance*.

# Texte

## I- Le bilan énergétique français

Le bilan énergétique est une source majeure de renseignements sur l'état du système énergétique d'un pays. Présenté ci-dessous sous forme de diagramme, il montre de façon synthétique l'ensemble des flux d'énergie qui irriguent pendant une année notre pays depuis les ressources primaires jusqu'aux produits finaux.

**Bilan énergétique de la France (2011, Mtep)**



A partir de cinq ressources primaires (charbon, pétrole, gaz naturel, uranium, énergies renouvelables) ce diagramme explicite les transformations successives qui conduisent à la fourniture aux usagers de six produits énergétiques finaux (combustible charbon, produits pétroliers, gaz, électricité, chaleur et combustible ou carburant biomasse). L'épaisseur des flèches qui conduisent

des ressources primaires aux produits finaux est proportionnelle à l'importance des flux constatés, mesurés en millions de tep par an (Mtep/an [1]). Les flèches verticales dirigées vers le haut du diagramme représentent les flux énergétiques qui sortent du système énergétique : il s'agit principalement des pertes qu'il faut consentir pour obtenir les produits finaux nécessaires aux usagers, à partir des ressources primaires.

Le diagramme se lit de la façon suivante : la flèche bleue qui aboutit au produit électricité et dont l'épaisseur est proportionnelle aux 36,48 Mtep effectivement mis à disposition des usagers trouve sa principale source dans l'uranium (violet pour 114,9 Mtep) complétée par un peu de charbon (4,1 Mtep), de gaz naturel (6 Mtep), d'énergies renouvelables (8 Mtep) et de pétrole (2 Mtep). La partie verticale de cette flèche est constituée des pertes que doit consentir le système (environ les 2/3 du total) pour fournir le produit « électricité » à la société.

Ce diagramme simplifié permet de faire quelques constats importants :

- les transformations successives qui permettent de fournir aux usagers des produits énergétiques utilisables introduisent des pertes parfois importantes (en particulier pour l'électricité). Une partie des ressources primaires mises en œuvre (40 % du total) s'est ainsi échappée en pure perte du système énergétique en 2011.
- *l'énergie finale* de loin la plus utilisée par la société française reste l'ensemble « produits pétroliers » (fioul domestique et industriel, carburants) qui représente à lui seul 46 % du total, suivi de l'électricité (22 %) et du gaz (20 %).
- la situation est très différente pour *l'énergie primaire* : c'est l'uranium qui arrive de loin en tête avec 114,9 Mtep et 44 % du total de l'approvisionnement devant le pétrole (78 Mtep et 30 % du total) et le gaz naturel (36,6 Mtep et 14 % du total). L'uranium à lui seul est la source de 75 % de l'électricité produite en France. La sécurité d'approvisionnement électrique du pays repose donc principalement, à l'encontre de l'ensemble des pays du monde, sur la sûreté de fonctionnement du parc nucléaire et la sécurité d'approvisionnement en uranium .
- l'approvisionnement en énergie primaire de la France repose à 92 % sur des ressources importées : l'uranium, le pétrole, le gaz, le charbon. La sécurisation de cet approvisionnement est donc un problème majeur. D'autre part, l'ensemble de ces importations représente une facture de 61 milliards à la France en 2011 (l'équivalent de 90 % du déficit commercial).

### **Quelques clés de lecture des bilans énergétiques**

**Les quantités de ressources primaires mobilisées pour la production d'électricité.**

•  
Pour les énergies renouvelables électriques regroupées sous la rubrique « électricité primaire » où le flux d'énergie est directement transformé en électricité sans passer par l'intermédiaire d'une production de chaleur, c'est l'équivalent de la production d'électricité (en tonne équivalent pétrole, tep) qui est comptabilisé (1 tep = 11,6 MWh, 1 MWh = 0,086 tep).

Dans le cas où l'électricité est produite à partir de combustibles fossiles, la comptabilité des ressources primaires nécessaire à cette production ne pose pas de problème particulier : il suffit en effet de prendre en compte la quantité en tep de chacun des combustibles qui s'est révélée nécessaire à cette production d'électricité.

•  
Dans la même logique, pour le nucléaire, ce sont les quantités d'uranium et leur équivalent en tep qu'il faut prendre en compte puisque c'est bien la fission de l'uranium qui permet d'obtenir la chaleur nécessaire à la vaporisation de l'eau, vapeur ensuite détendue à travers une turbine, par le même processus qu'avec un combustible fossile.

•  
Ce n'est pas le cas aujourd'hui puisque **l'uranium ne figure dans aucun bilan énergétique officiel**, comme si la chaleur qu'il permet de produire était directement produite par la nature. On trouve à la place une mention « électricité primaire » inappropriée dans ce cas pour deux raisons : il ne s'agit pas d'électricité mais de chaleur puisqu'on y indique la quantité de chaleur nécessaire (en tep), pour obtenir la quantité d'électricité observée compte tenu du rendement de production de la filière nucléaire. Avec un rendement de 33 %, typique du rendement des centrales nucléaires actuelles, il faudrait 3 MWh de chaleur, soit  $3 \times 0,086 = 0,26$  tep pour produire 1 MWh d'électricité. D'autre part il ne s'agit pas non plus de « chaleur primaire » mais de chaleur fournie par un matériau radioactif, l'uranium.

•  
D'autre part, cette « électricité primaire » ou électricité nucléaire est considérée dans les bilans officiels comme une production nationale, alors que l'uranium, véritable source primaire, est entièrement importé.

•  
C'est la raison pour laquelle les productions mondiales d'électricité nucléaire et hydraulique, qui sont du même ordre de grandeur (environ 2600 TWh), figurent au bilan primaire mondial pour 680 Mtep pour le nucléaire contre seulement 224 Mtep pour l'hydraulique .

Ce diagramme simplifié traduit les données d'un tableau croisé exprimé en Mtep, qui comporte trois compartiments principaux. Le premier (en rouge) concerne l'approvisionnement en différentes ressources primaires, fossiles, fissiles et renouvelables. Le dernier bloc (en vert) concerne la consommation finale d'énergie, avec une description par grands secteurs socio-économiques des consommations des principaux produits énergétiques. Le bloc intermédiaire (en jaune) décrit les consommations qu'il faut consentir pour obtenir les produits énergétiques utilisables par les usagers à partir des ressources primaires.

Les tableaux rouge et jaune détaillent les différents postes du diagramme précédent. Par contre le tableau vert contient des informations nouvelles sur la consommation finale des différents produits énergétiques dans les différents secteurs de l'activité socio économique.

La présence de la dernière ligne de ce tableau, celle des consommations non énergétiques, tient à la nécessité de boucler le bilan en y incluant l'ensemble des usages des ressources « énergétiques » même si celles ci sont utilisées à d'autres fins (la chimie des produits carbonés).

On distingue donc bien, dans la consommation d'énergie finale, la consommation énergétique finale (142,2 Mtep) et la consommation non énergétique finale (13,7 Mtep). Lors de l'examen de scénarios de prospective de la consommation d'énergie (finale et primaire), il faut donc vérifier si l'on parle de consommation d'énergie finale ou de consommation énergétique finale.

### Bilan énergétique France 2011 ( Mtep)

| Unité : Mtep                  | Charbon, Lignite | Pétrole Brut | Produits pétroliers | Gaz          | Uranium       | HESG*        | Electricité  | Chaleur     | Biomasse     | Total         |
|-------------------------------|------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|---------------|
| <b>Prod. Primaire</b>         | <b>0,09</b>      | <b>1,3</b>   |                     | <b>0,5</b>   |               | <b>5,43</b>  |              | <b>0,19</b> | <b>16,14</b> | <b>23,67</b>  |
| Importation                   | 10,08            | 64,38        | 40,94               | 40,89        | <b>114,9</b>  |              | 0,71         |             | 0,43         | 272,33        |
| Exportation                   | -0,36            | -0,15        | -19,67              | -3,31        | 0             | -5,59        |              |             | -0,07        | -29,14        |
| Soutes maritimes et aériennes |                  |              | -8,44               | 0            |               |              |              |             |              | -8,44         |
| Variation de stocks           | 0,26             | 0,66         | -1,16               | -1,46        | 0             |              |              |             | 0,02         | -1,67         |
| <b>Conso. Primaire</b>        | <b>10,08</b>     | <b>66,19</b> | <b>11,67</b>        | <b>36,63</b> | <b>114,9</b>  | <b>5,43</b>  | <b>-4,88</b> | <b>0,19</b> | <b>16,51</b> | <b>256,73</b> |
| Raffineries                   |                  | -70,6        | 71,62               |              | 0             | 0            | 0            | 0           | 0            | 1,02          |
| Centrales électriques         | -4,1             |              | -2,05               | -6,06        | <b>-114,9</b> | <b>-5,43</b> | 48,50        | 3,69        | -2,54        | -82,9         |
| Autoconso., pertes *          | -0,5             | 4,41         | -11,02              | -3,08        |               |              | -7,77        | 0,11        | -1,11        | -18,97        |
| <b>Conso. Finale</b>          | <b>5,48</b>      |              | <b>70,21</b>        | <b>27,49</b> |               |              | <b>35,85</b> | <b>3,99</b> | <b>12,87</b> | <b>155,89</b> |
| <b>Energétique</b>            | 5,42             |              | 57,91               | 26,16        |               |              | 35,85        | 3,99        | 12,87        | 142,2         |
| Industrie                     | 5,09             |              | 4,01                | 7,59         |               |              | 9,17         |             | 2,34         | 28,2          |
| Transport                     | 0                |              | 41,12               | 0,15         |               |              | 1,08         |             | 2,79         | 45,13         |
| Résidentiel                   | 0,30             |              | 6,50                | 13,31        |               |              | 14,77        | 0,13        | 6,99         | 42,00         |
| Tertiaire                     |                  |              | 3,47                | 4,92         |               |              | 10,55        | 3,86        | 0,71         | 23,51         |
| Agriculture                   |                  |              | 2,79                | 0,18         |               |              | 0,29         | 0,00        | 0,04         | 3,30          |
| <b>Non énergétique</b>        | 0,06             |              | 12,30               | 1,33         |               |              |              |             |              | 13,69         |

\* HESG : hydraulique, éolien, solaire, géothermie.

Du point de vue sectoriel quelques constats :

Les transports arrivent en tête (31%) du total, devant le résidentiel (30%), l'industrie (20%) et le tertiaire (17%). Ce n'est donc pas, comme on a souvent tendance à le croire, l'activité industrielle qui est la plus consommatrice d'énergie en France.

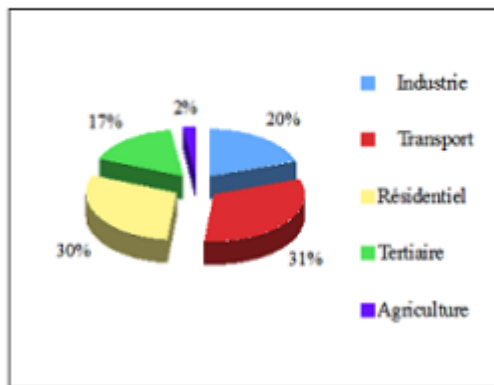
En ce qui concerne les produits énergétiques :

- La prééminence des produits pétroliers dans les transports (92%) est bien connue. On constate que leur présence reste encore assez forte dans le résidentiel - tertiaire (18 %), plus modeste dans l'industrie (14 %).
- L'électricité, second produit final, mais loin derrière les produits pétroliers (35, 85 Mtep contre 70,2 Mtep), connaît en France une pénétration très importante dans le tertiaire (44 %)

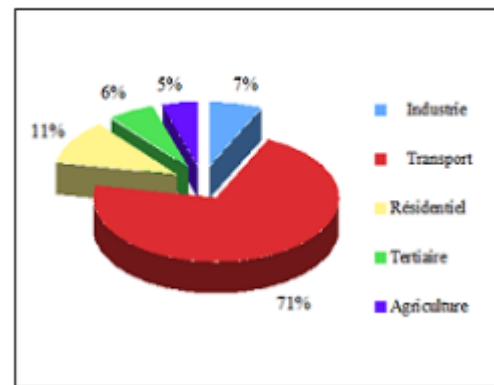
et le résidentiel (35 %) (contre par exemple 25 % en Allemagne). C'est en grande partie la conséquence d'une politique continue d'encouragement à l'implantation du chauffage électrique par les gouvernements successifs depuis plus de 20 ans. Sa pénétration est plus modeste dans l'industrie (32 %) à un niveau inférieur à celui de l'industrie allemande (34 %).

- Le gaz naturel connaît une forte pénétration dans le résidentiel tertiaire (27 %) et l'industrie (27 %).
- Quant au charbon il n'est quasiment utilisé que dans l'industrie.

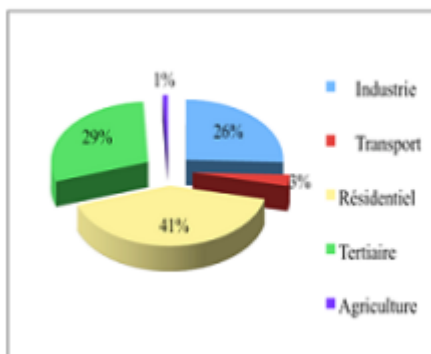
**Consommation énergétique finale par secteur.**



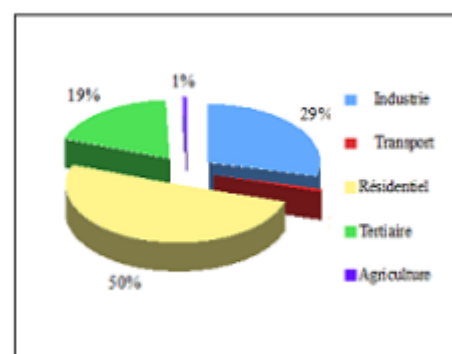
**Consommation de produits pétroliers par secteur**



**Consommation d'électricité par secteur**

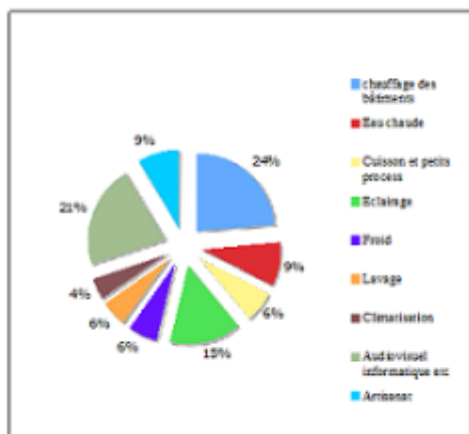


**Consommation de gaz par secteur**

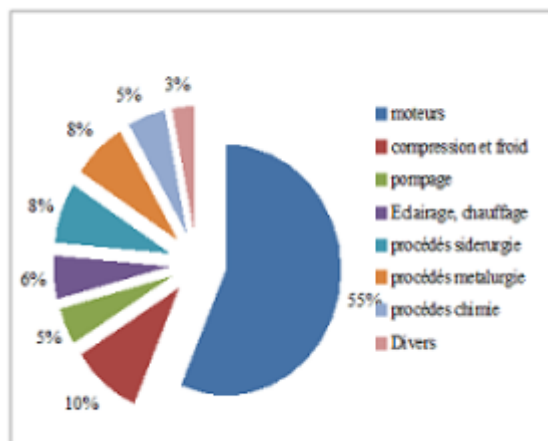


Il est également utile de connaître la répartition de l'usage pratique des différents produits finaux. Si l'on a une idée assez claire de la répartition des usages du pétrole par exemple dans les transports, où il est totalement consacré au trafic routier, et dans le résidentiel tertiaire, où son usage est quasiment réservé au chauffage des locaux et à l'eau chaude sanitaire, on sait généralement beaucoup moins bien quels sont les usages dominants de l'électricité dans un secteur comme le résidentiel ou l'industrie [2].

Consommation d'électricité dans le résidentiel tertiaire



Consommation d'électricité dans l'industrie



Pour compléter cette analyse il n'est pas inutile enfin de tenter d'apprécier le bilan import export de l'énergie que nous échangeons avec nos partenaires commerciaux à travers le contenu en énergie des produits de ce commerce inter Etats. Ces données ne sont pas aujourd'hui disponibles. On peut cependant s'en faire une idée assez juste à travers les études du contenu en gaz carbonique (un gaz à effet de serre très lié à la consommation d'énergie) des échanges commerciaux. Ces études font apparaître une consommation d'énergie « grise » de la France supplémentaire de l'ordre de 35% de celle qui figure dans le bilan officiel.

## II- indicateurs globaux du système énergétique

Trois indicateurs globaux permettent de rendre compte de la situation de notre pays : la consommation d'énergie par habitant et l'intensité énergétique [3], enfin l'indépendance énergétique.

### II-1 Les valeurs en 2011

#### Les consommations d'énergie finale et primaire par habitant et l'intensité énergétique

|   | France | Allemagne | Union Européenne |
|---|--------|-----------|------------------|
| <b>Consommation Energie finale/hab. (tep)</b>           | 2,39   | 2,76      | 2,30             |
| <b>Consommation Energie primaire/hab. (tep)</b>         | 3,93   | 3,89      | 3,29             |
| <b>Intensité énergétique finale (kg eq pétrole/€)</b>   | 0,086  | 0,090     | 0,099            |
| <b>Intensité énergétique primaire (kg eq pétrole/€)</b> | 0,142  | 0,127     | 0,142            |

La consommation finale par habitant en France est 15% inférieure à celle de l'Allemagne, mais sa consommation primaire très légèrement supérieure (1%). L'intensité énergétique finale de la France, rapport de la consommation finale d'énergie au produit intérieur brut (PIB), est inférieure de 5% à celle de l'Allemagne et 15% inférieure à celle de l'UE, mais son intensité primaire, analogue à celle de l'UE, est supérieure de 10% à celle de l'Allemagne.

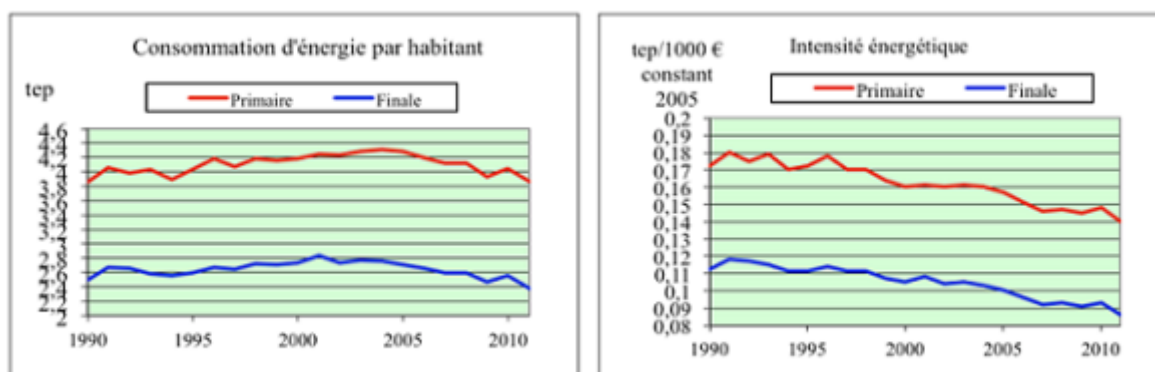
La consommation d'énergie directe (électricité domestique, carburants, combustibles domestiques) des 20 % des ménages les plus aisés est 40% plus élevée que celle des 20% des ménages les plus pauvres. Elle représente néanmoins de l'ordre de 15 % des dépenses totales des 20 % des ménages les plus pauvres et seulement 6% de celles des 20 % des ménages les plus aisés, dont le revenu est 3,5 fois plus élevé.

Mais la consommation totale d'énergie (y compris celle contenue dans les biens fabriqués en France ou à l'étranger) fait apparaître une corrélation beaucoup plus forte avec le niveau de vie. Une étude récente du CLIP [4] montre en effet que la consommation totale d'énergie des 20 % des ménages les plus aisés est 2,5 fois supérieure à celle des 20 % des ménages les plus pauvres.

## II-2 Evolutions sur la période 1990-2000

### Consommations finale et primaire par habitant et intensités énergétiques

Les deux figures suivantes montrent les évolutions des consommations d'énergie primaire et finale (y compris la consommation non énergétique) et des intensités énergétiques primaire et finales.

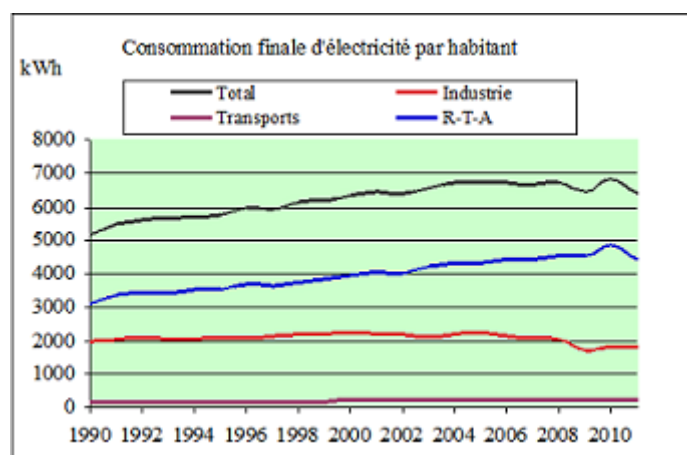


Les consommations d'énergie par habitant, finale et primaire, ont atteint un maximum respectivement en 2001 et en 2004 pour connaître ensuite une baisse régulière.

Les intensités énergétiques ont toutes les deux baissé à partir de 1991 de façon assez régulière, d'environ 1,3 % par an pour l'intensité primaire et de 1,5 % par an pour l'intensité finale.

### Consommation finale d'électricité

La figure suivante montre l'évolution de la consommation finale d'électricité, totale et par secteur de consommation, sur la période 1990-2011.





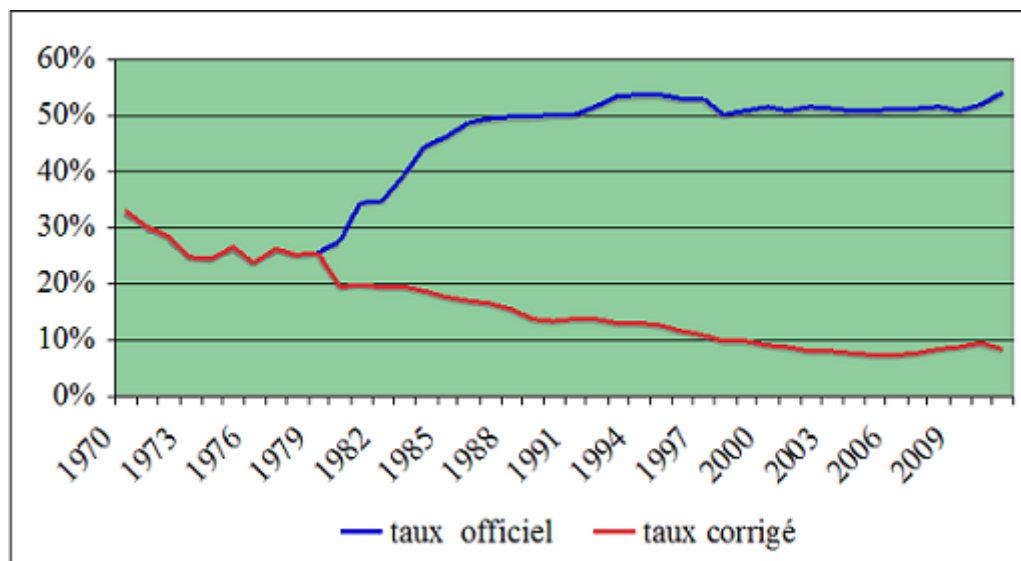
La consommation finale d'électricité par habitant a augmenté de façon régulière de 1990 à 2004, de 116 kWh par an en moyenne. Elle s'est ensuite à peu près stabilisée avec des fluctuations importantes en fin de période.

On notera que les consommations de l'industrie et des transports par habitant, sont restées à peu près constantes sur la période 1990-2011, avec cependant une légère baisse en 2009-2011, et que l'augmentation s'est produite dans les secteurs résidentiel et tertiaire (la consommation de l'agriculture est très faible), donc dans les bâtiments (et l'éclairage public).

### II-3 L'INDEPENDANCE ENERGETIQUE

Le bilan énergétique annuel présenté par le ministère de l'industrie indique également chaque année la valeur du taux d'indépendance énergétique de notre pays. Ce taux est défini comme le rapport de la production nationale d'énergie primaire à la consommation intérieure d'énergie primaire du pays. En 2011, le chiffre indiqué par l'observatoire de l'énergie, 0,54, prend en compte par convention l'énergie thermique produite par l'uranium dans la production nationale. Il donne donc une image inexacte du taux d'indépendance française, telle qu'il est officiellement défini, puisque l'uranium comptabilisé est totalement importé depuis le début des années 90. La figure ci-dessous qui indique la variation de ce taux depuis 1970 selon que l'on prend ou non en compte l'importation d'uranium montre l'importance des conséquences quantitatives de la convention ainsi retenue.

#### Taux d'indépendance énergétique et importations d'uranium.



Les raisons historiques de choix de cette convention sont diverses : l'autonomie en uranium dont disposait la France au début du développement du nucléaire et jusqu'au début des années 80, le fait que la part de l'uranium dans le coût du kWh nucléaire est faible [5] et qu'il est possible d'en constituer des stocks de plusieurs années. Reste que le taux actuellement utilisé n'est pas conforme à sa définition et masque largement les questions de sécurité d'approvisionnement auxquelles la France risque d'être confrontée en cas de crise géopolitique. Plus globalement ce type d'indicateur, même utilisé correctement, est loin d'être suffisant pour aborder les questions de sécurité d'approvisionnement et de dépendance énergétique de notre pays qui imposent la mise en œuvre d'une analyse multicritère. br>

### **\_ III - La situation internationale et européenne**