



l'Encyclopédie du Développement Durable

N°195/196 Juin 2013

5.4- Ressources minérales et énergétiques

7.1- Energie

La situation énergétique de la France : Etat des lieux

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.

L'article de Benjamin Dessus est repris du cahier de *Global Chance*, n° 33 de mars 2013

Mots-clés associés

[energie](#) | [energie finale](#) | [energie fossile](#) | [energie nucléaire](#) | [energie primaire](#) | [energies renouvelables](#)

Auteur :

[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*.

Sommaire

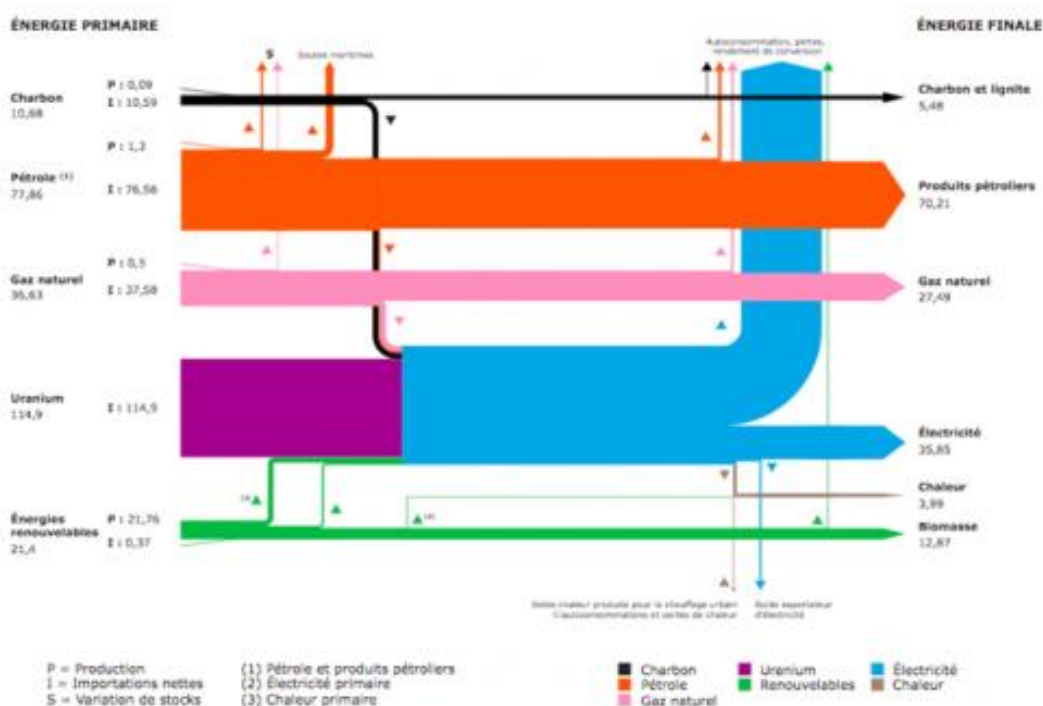
- [I- Le bilan énergétique français](#)
- [II- indicateurs globaux du système énergétique](#)
- [III – La situation internationale et européenne](#)
- [IV- Les questions d'environnement](#)
- [V- Caractéristique du paysage institutionnel et industriel](#)
- [Bibliographie](#)

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
Prod. Primaire	0,09	1,3		0,5		5,43		0,19	16,14	23,67
Importation	10,08	64,38	40,94	40,89	114,9		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
Conso. Primaire	10,08	66,19	11,67	36,63	114,9	5,43	-4,88	0,19	16,51	256,73
Raffineries		-70,6	71,62		0	0	0	0	0	1,02
Centrales électriques	-4,1		-2,05	-6,06	-114,9	-5,43	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
Conso. Finale	5,48		70,21	27,49			35,85	3,99	12,87	155,89
Energétique	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
Non énergétique	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.

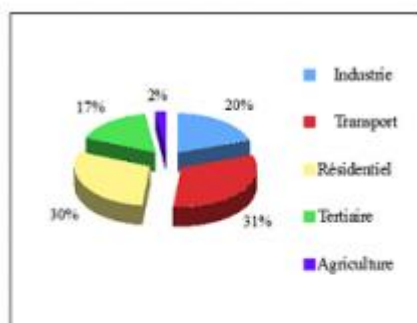
En ce qui concerne les produits énergétiques :

- 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)

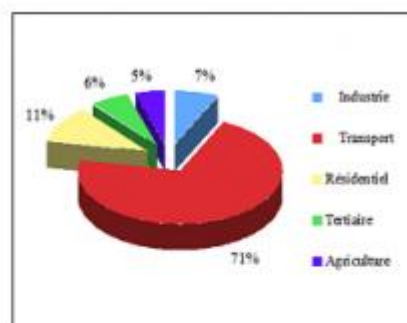
contre 70,2 Mtep), connaît en France une pénétration très importante dans le tertiaire (44 %) et le résidentiel (35 %) (contre par exemple 25 % en Allemagne). C'est en grande partie la conséquence d'une politique continue d'encouragement à l'implantation du chauffage électrique par les gouvernements 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.

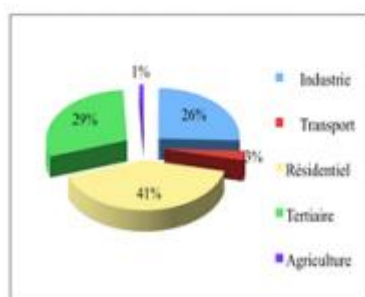
Consommation énergétique finale par secteur.



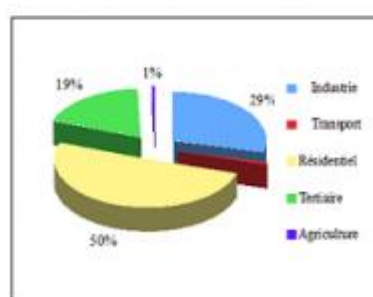
Consommation de produits pétroliers par secteur



Consommation d'électricité par secteur



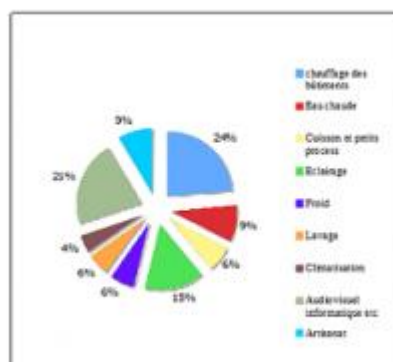
Consommation de gaz par secteur



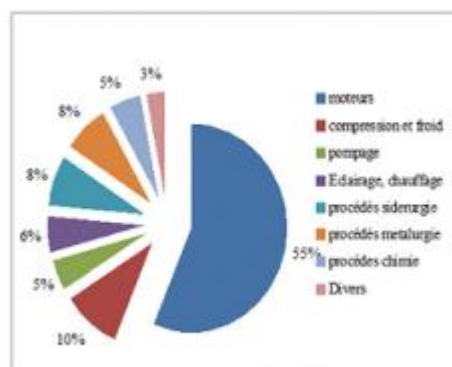
Il est également utile de connaître la répartition de l'usage pratique des différents produits finaux. Si l'on a une idée assez claire de la répartition des usages du pétrole par exemple dans les transports, où il est totalement consacré au trafic routier, et dans le

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.

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

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

II-1 Les valeurs en 2011

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.

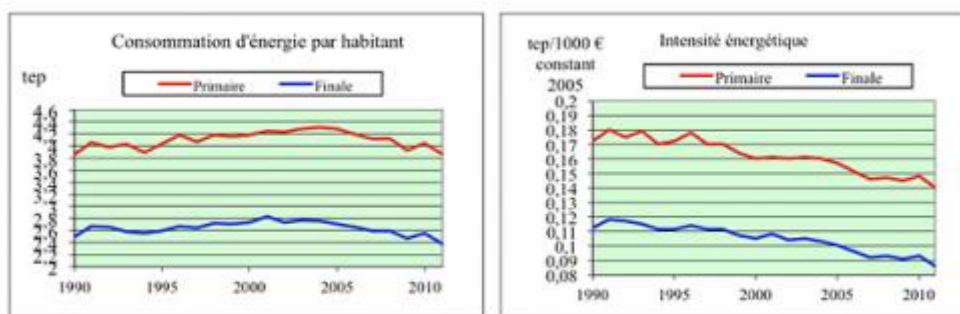
La consommation d'énergie directe (électricité domestique, carburants, combustibles domestiques) des 20 % des ménages les plus aisés est 40% plus élevée que celle des 20% des ménages les plus pauvres. Elle représente néanmoins de l'ordre de 15 % des dépenses totales des 20 % des ménages les plus pauvres 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



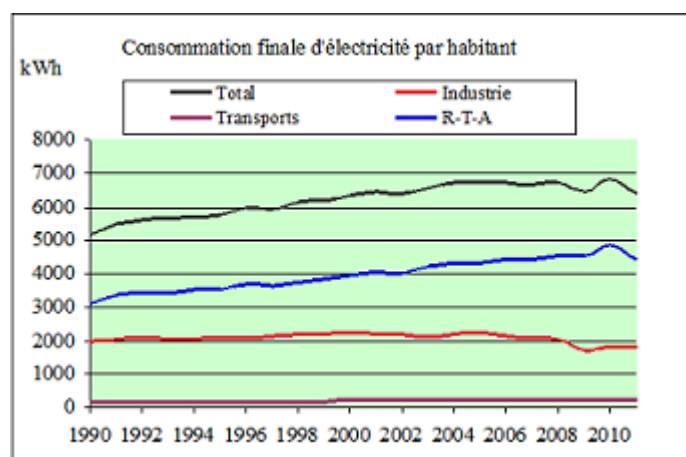
Les consommations d'énergie par habitant, finale et primaire, ont atteint un maximum respectivement en 2001 et en 2004 pour connaître ensuite une baisse régulière.

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.

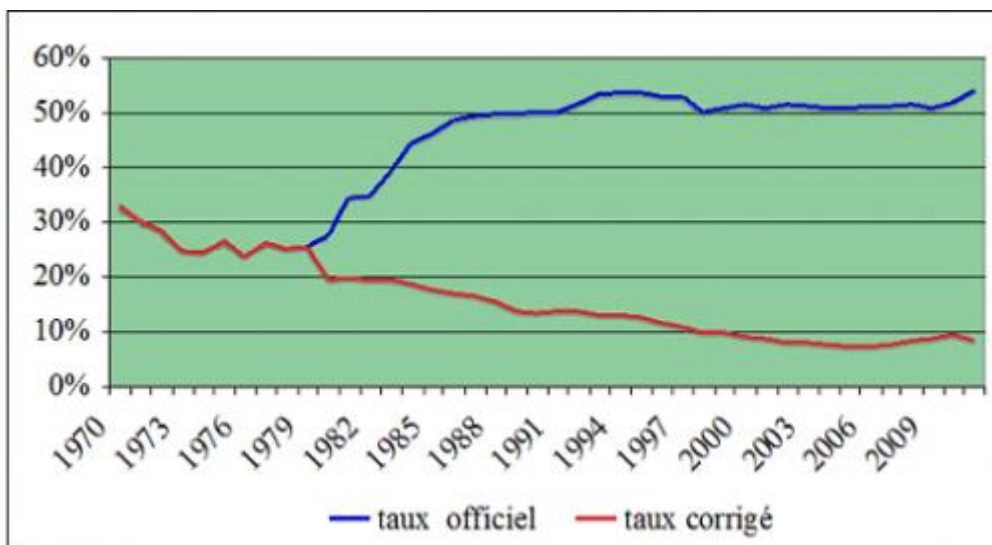
On notera que les consommations de l'industrie et des transports par habitant, sont restées à peu près constantes sur la période 1990-2011, avec cependant une légère baisse en 2009-2011, et que l'augmentation s'est produite dans les secteurs résidentiel et tertiaire (la consommation de l'agriculture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

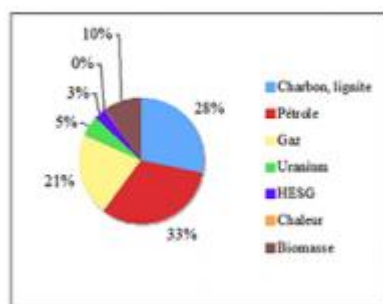
largement les questions de sécurité d'approvisionnement auxquelles la France risque d'être confrontée en cas de crise géopolitique. Plus globalement ce type d'indicateur, même utilisé correctement, est loin d'être suffisant pour aborder les questions de sécurité d'approvisionnement et de dépendance énergétique de notre pays qui imposent la mise en œuvre d'une analyse multicritère.

III – La situation internationale et européenne

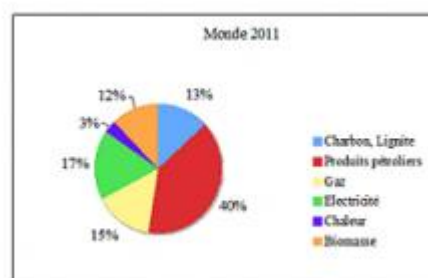
La situation énergétique au niveau international se caractérise tout d'abord par une inégalité considérable d'accès aux services de l'énergie : un milliard de personnes ne disposent d'aucun accès à l'électricité, la consommation d'énergie primaire par habitant des États-Unis est environ vingt fois celle de l'Inde. A l'intérieur même des pays industrialisés la précarité

énergétique touche 8 à 10 % de la population. Malgré la pénurie énergétique qui frappe toujours une majorité des habitants de notre planète, le développement accéléré des grands pays émergents s'accompagne d'une forte demande de services énergétiques qui tire la consommation de l'ensemble des produits énergétiques issus des énergies fossiles.

Monde : Approvisionnement énergétique par source



Monde : Consommation d'énergie finale par secteur



La consommation mondiale d'énergie primaire mondiale atteint 13 080 Mtep en 2011. La consommation française en représente 1,9 %, celle de l'Union Européenne 12,7 %. La consommation

d'énergie finale mondiale est de 9050 Mtep, la France en représente 1,7 % et l'Union Européenne 12,8 %.

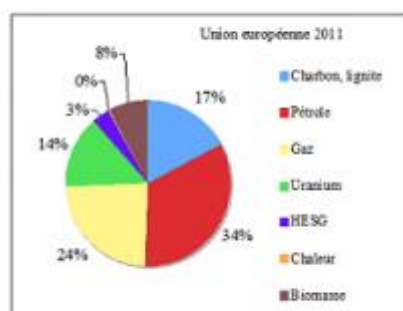
Dans le contexte d'accélération de cette demande qui se porte principalement sur les combustibles fossiles (82% de l'approvisionnement mondial en 2011), les premières manifestations de raréfaction inéluctable des réserves de ces énergies se font jour avec l'apparition d'une volatilité considérable des prix des différentes énergies fossiles dans un contexte géopolitique incertain, globalement et rapidement haussier [6] qui pèse sur le développement économique des pays qui n'en sont pas pourvus. L'uranium, source unique de combustible des filières de production d'électricité nucléaire actuelles n'échappe pas à cette menace de raréfaction au cours du siècle, au cas où ce mode de production, encore marginal au niveau mondial (5% de l'approvisionnement mondial en 2011) se développait significativement.

Les perspectives dégagées par la découverte récente et le début d'exploitation industrielle des ressources fossiles non conventionnelles ne semblent pas de nature à changer fondamentalement la donne d'autant que les dépenses énergétiques et les émissions de gaz

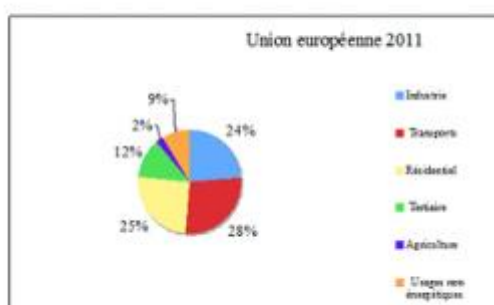
à effet de serre (voir §IV) qu'implique leur exploitation intensive sont souvent bien supérieures à celle de leur concurrents conventionnels [7].

Dans l'Union Européenne, les transports constituent le premier poste de consommation d'énergie finale (28 %) alors que c'est l'industrie (31 %) qui domine au niveau mondial. En ce qui concerne ses approvisionnements, l'UE présente une dépendance du même ordre que le reste du monde vis-à-vis du pétrole (34 % contre 33 % pour le monde). Le gaz naturel occupe la seconde place avec 24 % du total (contre 23 % pour le monde). Le charbon y reste une ressource importante avec 17 % du total (cependant nettement moindre qu'au monde où elle atteint 28 %). L'uranium, avec 14 % du total, y est beaucoup plus présent que dans le reste du monde où il ne compte que pour 5 %, mais beaucoup moins qu'en France où il représente 44% du total primaire. La part des énergies importées dans le bilan de l'Union européenne en 2011 (charbon, pétrole gaz, uranium) atteint 59 %. Sa dépendance aux importations pétrolières atteint 87 %.

UE: Approvisionnement énergétique par source



UE: Consommation d'énergie finale par secteur



IV- Les questions d'environnement

Les activités liées à la production, au transport et à la consommation d'énergie des services énergétiques sont sources de risques environnementaux, à différents échelons géographiques, du local au global (rejets, émissions de polluants, pollution thermique, déchets, marées noires, émissions de gaz à effet de serre, risques d'accident nucléaire).

Parmi les problèmes de pollution locale, la France est dans une situation particulière dans le domaine des émissions de particules fines considérées aujourd'hui comme cancérigènes. Le succès de la politique fiscale des gouvernements successifs en faveur du diesel, justifiée par des raisons d'efficacité énergétique (et donc de contrôle des émissions de CO₂) et des raisons industrielles, conduit aujourd'hui à disposer d'un parc automobile diesel très majoritaire, responsable de l'essentiel de la pollution particulaire urbaine.

En ce qui concerne les problèmes d'environnement global, les deux principaux problèmes en débat concernent les émissions de gaz à effet de serre responsables du dérèglement climatique et les risques nucléaires.

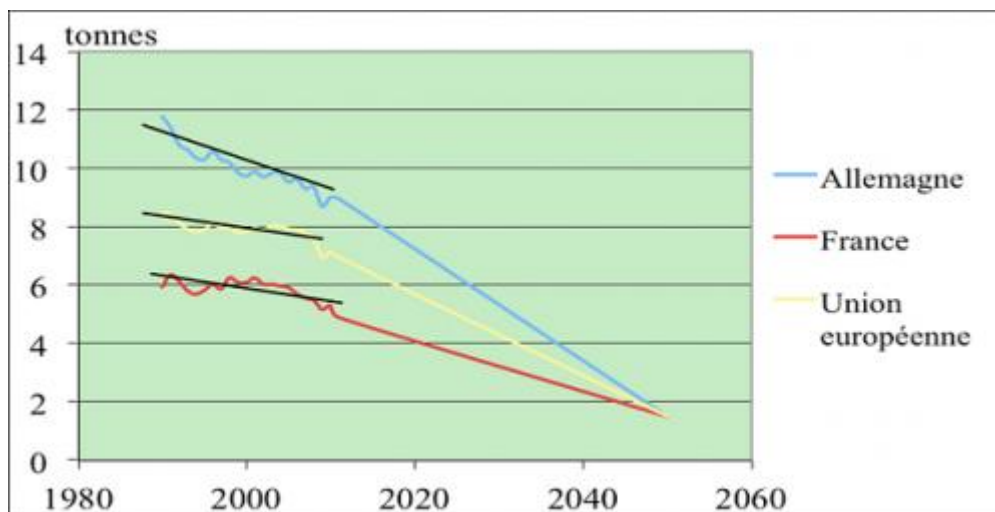
IV-1- L'effet de serre

On sait que les émissions mondiales de gaz à effet de serre, actuellement encore en rapide augmentation au niveau mondial, risquent à moyen et long terme de provoquer une dérive incontrôlable du climat. Dans ce contexte, le GIEC [8] a recommandé une division par 2 des émissions mondiales moyennes à l'horizon 2050, qui se traduit par une division par 4 ou 5 des émissions des pays européens par rapport à la situation actuelle. La loi POPE [9] a fixé pour la

France un objectif de réduction de ces émissions d'un facteur 4 en 2050. Cet engagement a été repris par la loi « Grenelle » de 2009 [10]. L'atteinte de cet objectif représenterait une réduction des émissions de 3% par an en moyenne sur toute la période de 2005 à 2050.

Les émissions françaises sont aujourd'hui parmi les moins élevées des pays industrialisés et en légère

diminution depuis 1990 (-7%). Les énergies fossiles (essentiellement émettrices de CO₂ et de méthane) en sont responsables à hauteur de 70% environ. Les émissions de CO₂ par habitant sont nettement plus faibles en France que dans l'UE ou qu'en Allemagne mais ont décliné moins vite que dans ce pays depuis 1990 de 11,8 à 8,9 tonnes en Allemagne et 5,9 à 4,9 tonnes en France.



Evolution des émissions de CO₂ par habitant en France, en Allemagne et dans l'UE (tonnes)

La figure montre que la poursuite de la pente de décroissance des émissions par habitant depuis 20 ans est très insuffisante pour atteindre l'objectif 2050 d'une division par 4 des émissions (de l'ordre de 1,5t/hab).

IV -2 - Les risques engendrés par la production d'électricité d'origine nucléaire

Les réactions de fission et la réaction en chaîne dans les combustibles des réacteurs nucléaires produisent de la chaleur et, de façon concomitante, des produits radioactifs extrêmement dangereux.

La production d'électricité d'origine nucléaire présente deux types de risques : l'accident grave, voire majeur, dans une installation nucléaire (centrales ou usines du combustible) et les pollutions, notamment à long terme, engendrées par les matières et les déchets radioactifs.

Le risque d'accident

Dans les centrales nucléaires existantes ou en construction, du type REP (réacteurs à eau pressurisée), les accidents graves n'ont pas été considérés lors de leur conception. Une part importante des 58 réacteurs en fonctionnement dans les centrales nucléaires françaises arrivent à une durée

de fonctionnement entre 30 et 40 ans et se pose donc la question de leur vulnérabilité aux défaillances techniques internes comme aux agressions extérieures (séismes, inondations, actes de malveillance).

Outre les conséquences environnementales, sanitaires et économiques d'un accident nucléaire, se pose la question de la vulnérabilité globale du système français de production d'électricité qui repose à 76% sur une seule matière première, l'uranium et une seule technique, le réacteur à eau et uranium enrichi (comme les réacteurs accidentés de Three Mile Island aux Etats-Unis en 1979 et Fukushima au Japon en 2011).

Le risque d'accident nucléaire existe également pour les piscines d'entreposage des combustibles irradiés, les usines de retraitement, les usines de fabrication des combustibles (surtout les combustibles MOX utilisant du plutonium) ainsi que les transports de matières et de déchets radioactifs.

Les déchets radioactifs

Les combustibles usés (radioactifs) sont entreposés dans les piscines des réacteurs nucléaires ainsi qu'à La Hague. Les autres sites de stockage des déchets sont gérés par l'ANDRA, dont le site fermé du Centre de stockage de la Manche (CSM) et celui de l'Aube

(CSA), tous deux dédiés aux déchets faiblement et moyennement radioactifs à vie courte. Le centre de Marcoule abrite également des quantités importantes de déchets bituminés issus du retraitement, en cours de reprise.

Deux modes de traitement sont actuellement en vigueur dans le monde pour la gestion des combustibles irradiés issus des réacteurs nucléaires. La majeure partie des pays entrepose les combustibles irradiés en l'état dans l'attente d'une solution de stockage. La solution du retraitement des combustibles irradiés (séparation chimique de l'uranium, du plutonium et de l'ensemble produits de fission et autres transuraniens) est surtout développée et soutenue par la France [11] avec le double objectif de production de plutonium et de traitement des déchets. L'opération du retraitement émet des rejets gazeux et liquides dont l'accumulation peut être dangereuse pour la santé comme pour l'environnement.

Dans la mesure où tous les combustibles irradiés ne sont pas retraités, en particulier les combustibles mixtes uranium - plutonium (MOX), on doit prévoir à la fois des stockages pour les combustibles irradiés non retraités et pour les différentes catégories de déchets issus du retraitement. A la fin du fonctionnement des centrales nucléaires, une nouvelle quantité considérable de matériaux radioactifs sera également à gérer : ce sont tous les déchets produits par le "démantèlement" des centrales nucléaires.

Pour ce qui concerne la gestion des déchets radioactifs les plus dangereux (par le niveau de leur radioactivité et, ou par leur durée de vie), la solution officielle proposée en France est l'enfouissement en couches géologiques profondes. Après la création d'un laboratoire de recherche, le projet de création d'un centre de stockage à grande profondeur doit être soumis au débat public en 2013 (CNDP, Commission nationale du débat public).

V- Caractéristique du paysage institutionnel et industriel

Les questions de production, de transport et de distribution d'énergie ont été traditionnellement traitées de façon centralisée en France, au niveau du ministère de l'industrie et plus récemment du ministère chargé de l'environnement, en dialogue avec des entreprises de très grands tailles : Total, EDF, GDF Suez, Areva, etc, la majorité d'entre elles à capitaux majoritairement publics. L'influence des pouvoirs publics y reste importante, même dans le contexte créé par la volonté de libéralisation des marchés énergétiques engagée par l'Union Européenne. Cette influence se traduit entre autres par :

- l'existence d'Electricité de France, entreprise à très forte majorité publique, leader mondial dans le domaine de la production transport et distribution d'électricité, encore en situation très majoritaire sur le marché français de l'électricité,
- l'existence d'une entreprise nationale, AREVA, leader mondial de l'ensemble de la chaîne nucléaire, depuis l'exploitation du minerai d'uranium jusqu'au traitement des déchets en passant par l'élaboration du

combustible nucléaire, la construction et la maintenance des réacteurs,

- la construction et l'exploitation par une seule entreprise, EDF, d'un parc nucléaire de 58 réacteurs qui fournit environ 75 % de l'électricité consommée en France,
- une tradition d'intervention des pouvoirs publics sur les questions tarifaires qui se manifeste par exemple par le maintien historiquement élevé de taxes sur les carburants [12], des interventions fréquentes sur le prix à la pompe des carburants, le maintien de la péréquation géographique des tarifs de l'électricité sur l'ensemble du territoire, le maintien jusqu'ici d'un tarif réglementé de l'électricité par les pouvoirs publics qui échappe ainsi au seul marché,
- le poids de ces grandes entreprises sur les marchés en développement rapide des énergies renouvelables, en particulier l'éolien et le photovoltaïque, par rapport à celui des PMI et PME de ce secteur d'activité, au contraire d'un pays comme l'Allemagne par exemple qui dispose sur ces questions d'un tissu de PMI-PME puissant.

Les questions de maîtrise de la demande d'énergie et de développement des énergies renouvelables sont gérées en France par l'ADEME [13], établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle conjointe des ministères en charge de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Elle est dotée de vingt six délégations régionales et d'environ 950 collaborateurs.

Notes

[1] Mtep = million de tep. Tep (tonne équivalent pétrole) : cette unité permet de comptabiliser toutes les ressources énergétiques en leur « équivalent pétrole ». Par exemple selon sa qualité il faudra de 1,5 à 2 tonnes de charbon pour obtenir autant d'énergie qu'avec une tonne de pétrole. L'équivalent pétrole d'une tonne de charbon varie donc de 0,5 à 0,66 tep.

[2] Ces données sont disponibles dans la base Odyssee de la communauté Européenne.

[3] Intensité énergétique (primaire ou finale) : rapport de la consommation d'énergie primaire ou finale au produit intérieur brut (PIB), exprimé en tep/1000 € ou en kgep (kilo équivalent pétrole) par €.

[4] Prabodh Pourouchottamin (EDF-R&D), Carine Barbier (CIRED), Lucas Chancel et Michel Colombier (Iddri) « Nouvelles représentations des consommations d'énergie » Cahiers du CLIP, à paraître.

[5] (ce qui est confirmée par la faiblesse de la part de l'uranium dans la facture énergétique)

[6] Il est intéressant à ce propos de constater qu'aucun des scénarios énergétiques mondiaux publiés dans les années 90 n'imaginait un prix du pétrole supérieur à 50 \$/baril à l'horizon 2020, alors qu'il s'est maintenu autour de 100 tout au long d'année 2012.

[7] C'est le cas des schistes bitumineux dont le processus de transformation en carburant est très énergivore, des gaz de schiste dont l'exploitation s'accompagne d'émissions de méthane importantes, etc.

[8] GIEC : Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat.

[9] Loi POPE : Loi du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique.

[10] Loi Grenelle 1 du 24 juin 2009.

[11] Le retraitement des irradiés est également pratiqué à l'échelle industrielle au Royaume-Uni, dans l'usine de Sellafield.

La technique du retraitement a été développée initialement pour la production de plutonium à des fins militaires.

[12] Taxes qui se situent dans la fourchette haute en UE alors qu'elles n'existent pas aux Etats-Unis

[13] nL'ADEME a cinq domaines d'intervention : Déchets, Sols pollués et friches, Énergie et climat, Air et bruit, Actions transversales (production et consommation durable, villes et territoires durables).

Lire aussi dans l'encyclopédie

- Bernard Laponche, *[-Les consommations d'énergie dans le monde](#)*, n°25, janvier 2007
- Bernard Laponche, *[-Les consommations d'énergie en France](#)*, n° 38/39, mai 2007
- Benjamin Dessus, *[-Énergie nucléaire et développement durable](#)*, n° 37, mai 2007
- Jacques Varet, *[-les ressources minérales dont les ressources énergétiques](#)*, n° 45, juin 2007
- Jacques Varet, *[-La géothermie](#)*, n° 143, juin 2011
- Marie Chéron et Fanny Déleris, *[-Limites sur les ressources énergétiques et impacts climatiques : les controverses sur le mix énergétique futur](#)*, n° 174, novembre 2011
- Jacques Varet, *[La géothermie pour la production d'électricité](#)*, n°155, janvier 2012
- Jacques Varet, *[Les « gaz de schistes ou hydrocarbures de roches mères »](#)*, n° 182/183, février 2012
- Benjamin Dessus, *[Que penser de l'affaire des gaz de schistes](#)*, n°193/194, juin 2013