

Textes de la page jadis publiées aux adresses:

- [http://www.lenergiecreative.com/enjeu.php/article/energie\\_et\\_planete/2/evolution\\_et\\_tendances\\_de\\_la\\_demande\\_mondiale\\_en\\_energie/19](http://www.lenergiecreative.com/enjeu.php/article/energie_et_planete/2/evolution_et_tendances_de_la_demande_mondiale_en_energie/19)
- [http://www.lenergiecreative.com/enjeu.php/article/energie\\_et\\_planete/2/les\\_energies\\_et\\_leur\\_avenir/17](http://www.lenergiecreative.com/enjeu.php/article/energie_et_planete/2/les_energies_et_leur_avenir/17)

Ces documents ont été partiellement récupérés grâce à l'inestimable travail de fourni de

**http://web.archive.org** : <http://web.archive.org/web/20080509052730/www.lenergiecreative.com/> (section « énergie et planète »)

Les graphiques présentés dans les pages d'originales sont malheureusement perdus.

## Evolution et tendances de la demande mondiale en énergie

L'énergie est un enjeu vital au niveau mondial. Inégalement répartie et inégalement consommée, avec des réserves naturelles qui ne sont pas inépuisables, on peut s'interroger sur l'avenir de la demande énergétique au niveau mondial. Comment a évolué la consommation mondiale depuis vingt ans ? Quelles sont les tendances à l'horizon 2030 ? Quels facteurs expliquent ces changements ? Voici quelques éléments de réponse.

Aujourd'hui, plus que jamais, les besoins en énergie de l'humanité sont colossaux et en constante augmentation. Ainsi, la consommation d'énergie primaire (l'énergie qu'il faut transformer avant de la consommer), a fait un bond de 49 % en vingt-cinq ans (1980-2005). Cette progression, un temps ralentie par les difficultés économiques des années 1990, reprend de plus belle depuis le début du siècle (+ 21 % entre 1980 et 1989, + 7 % entre 1989 et 1997, + 14 % entre 1997 et 2005). L'énergie primaire consommée chaque jour dans le monde provient en grande partie de matières premières que l'on extrait du sous-sol (pétrole, gaz, charbon, uranium).

### Une demande mondiale croissante

En vingt-cinq ans, la part du pétrole dans la consommation mondiale est passée de 42 % en 1980 à un peu plus d'un tiers en 2005. Plusieurs raisons expliquent ce phénomène notamment la mise en place de politiques énergétiques par les gouvernements des pays de l'OCDE suite aux deux chocs pétroliers de 1973 et 1979.

Ainsi, la consommation pétrolière connaît une évolution stagnante en Europe, alors que la demande pétrolière obéit à un rythme plus dynamique en Amérique du Nord (+ 4,2 % en 3 ans). Quant à la Chine, elle est aujourd'hui le principal moteur de la demande pétrolière (+ 26 % en trois ans). Ce pays est devenu depuis la fin 2003 le deuxième plus gros consommateur derrière les Etats-Unis.

L'énergie qui a –proportionnellement– le plus profité de cette évolution est le gaz naturel qui en 2005 représentait 25 % de la consommation mondiale contre 20 % en 1980. La demande mondiale a augmenté de 2,5 % par an en moyenne ces dix dernières années. Mais ce niveau de croissance est rejoint depuis peu par celui du charbon qui connaît un regain d'intérêt depuis 2003. La croissance de la consommation gazière est liée en grande partie à son usage croissant pour la production d'électricité. En 2005, les hydrocarbures représentent près des 2/3 et le charbon 1/3 de la consommation énergétique mondiale.

### Tendances à moyen terme

Même si le gaz naturel se trouve dans une situation concurrentielle plus marquée que dans le passé, sa part tend vers une augmentation, comme le prévoit le rapport WETO (World Energy, Technology and Climate Policy Outlook) établi par la Commission européenne en 2003. En effet, par rapport aux autres énergies carbonées, le gaz naturel est doté de précieux atouts (propreté et souplesse d'utilisation, combustion peu polluante...) ainsi que de réserves importantes, avec des localisations plus favorables d'un point de vue géopolitique que le pétrole par exemple.

La croissance de la consommation gazière est liée en grande partie à son développement dans le secteur de la production électrique. Dans les prochaines années, les pays non OCDE du Moyen-Orient et d'Asie, en particulier la Chine et l'Inde, pèseront particulièrement sur l'augmentation de la demande de gaz naturel. En outre, les performances environnementales du gaz naturel lui ouvrent un potentiel de croissance important dans les secteurs résidentiels et tertiaires.

## **Des secteurs de plus en plus gourmands en énergie**

Plusieurs facteurs expliquent cette évolution de la demande mondiale en matière d'énergie. Tout d'abord, les pays émergents comme la Chine ou l'Inde connaissent une croissance économique soutenue. Dans la région Asie-Pacifique, la demande en gaz naturel croît de plus de 6 % par an. Quant à la demande de pétrole, elle devrait augmenter trois fois plus vite que celle des pays de la zone OCDE, pour atteindre près de la moitié de la demande totale de pétrole à l'horizon 2030 (contre 13 % en 1970).

Ensuite, de nombreux secteurs d'activité ont une consommation d'énergie importante. En premier lieu, les transports, et notamment le transport routier, dont la part de demande finale de produits pétroliers devrait progresser de 50 % en 2000 à 60 % en 2030. Ensuite, le secteur résidentiel/tertiaire qui représente 38 % de la consommation de gaz naturel en Europe (30 % au niveau mondial) ; l'industrie avec 34 % (25 % au niveau mondial) ; le secteur électrique qui d'ici 2020 devrait absorber 35 % du gaz commercialisé chaque année, contre 30 % aujourd'hui, avec une demande importante de la part des pays émergents.

Pour conclure : quelle que soit l'énergie, on constate que ce sont les pays développés qui consomment le plus d'énergie, mais que les pays en développement connaissent la plus grande croissance de consommation.

## **Focus sur la consommation d'énergie primaire en France**

En trente ans, la consommation française d'énergie primaire a progressé de plus de 50 %. Dans le même temps, la structure de cette consommation a fortement évolué : la part du gaz naturel a été multiplié par deux (passant de 7 % à 15 %), tandis que celles du pétrole et du charbon diminuaient fortement (division par 2 pour le pétrole, et par 3 pour la charbon). La part de l'électricité a été multipliée par 10 (source : MEEDDAT).

## **Les énergies et leur avenir**

Sous le double effet de la croissance économique et de la hausse de la population mondiale, la demande mondiale en énergie devrait croître de 52 % à l'horizon 2030 selon les prévisions de l'Agence internationale de l'énergie, voire de 71 % selon les estimations du Département américain de l'énergie. Si les énergies renouvelables et le nucléaire sont appelés à se développer, les énergies primaires traditionnelles (charbon, pétrole et gaz naturel) produiront toujours, dans 25 ans, la majorité de l'énergie mondiale. Dans cet article, nous faisons le point sur l'état des ressources de ces énergies primaires, traditionnelles et renouvelables, et sur le potentiel de développement de ces dernières.

## **Energie primaire ou secondaire ?**

- Les énergies primaires sont des produits qui existent à l'état naturel. Le bois, le charbon, le gaz naturel, le pétrole, l'uranium, le vent, le rayonnement solaire, l'énergie hydraulique ou la géothermie sont des énergies primaires. La combustion ou l'utilisation de la force motrice de ces produits permet de générer de l'énergie au sens de la science physique.

- L'énergie issue de la transformation d'une énergie primaire est appelée énergie secondaire. C'est le cas de l'électricité qui peut être produite par la combustion du charbon ou du gaz naturel (centrale thermique), par la fission nucléaire. Ces modes de production conduisent à devoir considérer le rendement de production d'électricité pour évaluer l'épuisement des ressources. D'autre part, l'électricité peut également être générée par la transformation de la force éolienne ou hydraulique ou du rayonnement solaire... L'énergie secondaire est elle-même convertie en énergie finale au stade de l'utilisation.

## **Les énergies primaires traditionnelles**

### **Quelles sont-elles ?**

Les énergies primaires traditionnelles intègrent le pétrole, le charbon et le gaz naturel. Ce sont des énergies disponibles, faciles à transporter, à stocker et à utiliser. Leur maîtrise a permis le développement industriel et économique. Mais l'inégale répartition de ressources à la surface de la Terre, la fluctuation des coûts et leur épuisement prévisible posent aujourd'hui la question de leur préservation.

### **Quelles sont les réserves mondiales ?**

Quand on parle de réserves, il s'agit de réserves prouvées et exploitables avec les technologies actuelles. Autrement dit, de quantités dont l'existence est certaine et que l'on pourra extraire. Cela ne désigne donc pas la totalité des quantités existantes dans le sous-sol.

En réalité, les estimations des réserves mondiales varient en fonction des découvertes, de l'évolution des techniques et de l'économie qui rend plus ou moins rentable l'exploitation des gisements.

### **Le pétrole**

Les réserves de pétrole sont difficiles à estimer et font l'objet de nombreuses controverses. On dénombre environ 30 000 gisements rentables, de quelques dizaines à quelques centaines de km<sup>2</sup>. Parmi eux, l'on distingue 450 à 500 gisements dits "géants" (avec des réserves supérieures à 70 millions de tonnes), dont une soixantaine de "super-géants" (avec des réserves supérieures à 700 millions de tonnes). 60 % des "super-géants" sont au Moyen-Orient.

Le Moyen-Orient restera la principale zone de production, mais d'autres régions ont un fort potentiel : la Russie, l'Afrique de l'Ouest, le Brésil et le Golfe du Mexique. L'Asie centrale (Kazakhstan, Turkménistan) l'est également, mais des problèmes d'acheminement vers la mer entravent son développement.

### **Le gaz naturel**

Selon l'Union Internationale de l'Industrie du Gaz, les réserves conventionnelles de gaz naturel correspondent à 65 années de production au rythme actuel. Environ 40 % des réserves sont concentrées dans les quelque 25 gisements géants de la planète, dont deux se trouvent en Europe (Groningue aux Pays-Bas et Troll en mer du Nord norvégienne). L'amélioration des techniques d'exploration devrait permettre d'augmenter les réserves accessibles.

Les réserves connues de gaz naturel se trouvent principalement au Moyen-Orient (40,1%) et en Russie (32,4%).

### **Le charbon**

Les réserves de charbon, abondantes et géographiquement bien réparties, sont évaluées à 471 milliards de tep.

Le charbon est, en général, majoritairement consommé dans le pays producteur.

### **L'uranium**

Les réserves de minerai d'uranium exploitées actuellement sont dispersées dans de nombreux pays (26 % dans l'ex-Union soviétique, 27 % en Australie, 17 % en Amérique du Nord et 20 % en

Afrique). Les ressources raisonnablement assurées, récupérables à moins de 80\$/kg U, s'élèvent à environ 2,5 millions de tonnes pour le monde (hors Chili et Chine). La consommation d'uranium par une centrale nucléaire est variable selon sa technique, notamment du fait de l'usage ou non de combustibles retraités. Au rythme actuel de consommation (environ 450 réacteurs sont en service dans le monde) et sans tenir compte de stockages abondants, les réserves d'uranium devraient couvrir au moins les 50 années à venir. Il est probable que de nombreux gisements restent à découvrir.

## Les énergies renouvelables

### Les tendances mondiales

En 2005, les énergies renouvelables ont totalisé une puissance de 190 GW, soit 4 % de la puissance énergétique dans le monde. (source : le rapport "Renewables 2005 - Global status report" financé par le *Renewable Energy and Policy Network for the 21st Century*)

D'après un rapport du Programme pour l'environnement des Nations Unies – 2007, elles représentent environ 18 % de l'investissement mondial dans la production énergétique, avec en tête l'énergie éolienne qui attire les plus gros investissements, puis le solaire et les biocarburants. Les pays de l'OCDE figurent en tête (les États-Unis et l'UE ayant représenté à eux deux plus de 70 % de cette activité en 2006), mais la part des pays en développement est en hausse notable : 21 % du total mondial en 2006, contre 15 % en 2004. La Chine a investi à hauteur de 9 % du total (éolien et biomasse), suivie par l'Inde, l'Amérique latine (5%, principalement dans des usines de bioéthanol brésiliennes). L'Afrique sub-saharienne est restée en retrait des autres régions.

**Le solaire thermique** récupère l'énergie du rayonnement solaire sous forme de chaleur. Cette énergie est utilisée notamment pour le chauffage des locaux et l'eau chaude sanitaire.

La puissance reçue par une surface perpendiculaire exposée aux rayons du soleil est fonction de la localisation et des conditions météorologiques. Elle est au maximum de 1000 W/m<sup>2</sup>. En Europe, le solaire thermique peut être utilisé à toutes les latitudes, avec des variations allant de 2,4 kWh/m<sup>2</sup>/jour dans l'Europe du nord, jusqu'à 5,4 kWh/m<sup>2</sup>/jour dans le sud de l'Europe.

Pour la France, le potentiel est estimé à 5,4 Mtep (100 fois plus que la consommation actuelle), à partir de l'hypothèse de 3 m<sup>2</sup> de capteurs par habitant. A ce jour, le solaire thermique ne représente qu'une fraction très faible dans le bilan énergétique national (de l'ordre de 46 ktep en 2006), soit moins de 0,02 % de la consommation en énergie primaire française. Le marché français est cependant en forte croissance (taux de croissance moyen annuel de 50 % par an depuis 2000).

**La géothermie** consiste à valoriser la chaleur stockée dans le sous-sol sous forme d'eau chaude ou de vapeur. L'énergie récupérable par géothermie est potentiellement considérable : 1 km<sup>2</sup> de roche sur une profondeur de 10 km renferme en moyenne une quantité d'énergie de 15 Mtep. Un potentiel qui varie selon les points du globe.

- La géothermie très basse température (ou de surface) concerne les applications dans la source géothermale est inférieure à 30 °C. Elle est exploitée par les pompes à chaleur.
- La géothermie basse température exploite les nappes d'eau géothermales dont la température est comprise entre 30 °C et 90 °C (profondeurs comprises entre 1 500 et 2 500 m). Ce sont ces sources d'énergie qui alimentent les réseaux de chaleur pour le chauffage des habitations et certaines applications industrielles.
- La géothermie moyenne température exploite des réservoirs dont la température se situe entre 90 °C et 150 °C, qui se trouve à des profondeurs de 1 500 à 3000 m. Elle permet la production de vapeur et d'électricité.
- La géothermie haute température (ou profonde) concerne les roches chaudes situées entre 3000 et 5000 m. La température de l'eau est supérieure à 150 °C. Elle peut être utilisée pour produire de l'électricité.
- Une technique expérimentale, la géothermie profonde des roches fracturées, consiste à

injecter de l'eau sous pression dans les roches chaudes entre 3 et 5 km de profondeur puis à récupérer l'eau chaude pour la production d'électricité.

La géothermie représente une fraction relativement faible du bilan énergétique français. Pourtant, la France est l'un des pionniers dans le développement de cette énergie pour l'alimentation des réseaux de chaleur pour l'habitat collectif (production annuelle de 130 ktep en 2006). Le projet de programmation pluriannuelle des investissements de chaleur prévoit que la production de chaleur atteigne 500 ktep d'ici à 2010.

La production d'électricité géothermique reste expérimentale (deux centrales en Guadeloupe, d'une puissance de 5 et 10 MWe qui ont permis de produire 78 GWhe en 2006). En Alsace, le projet de géothermie profonde pourrait aboutir à la construction d'un prototype industriel de 25 Mwe.

**L'éolien** utilise la force du vent pour produire l'électricité. L'aérogénérateur (ou éolienne) exploite l'énergie cinétique du vent, dont la force actionne les pales d'un rotor. L'énergie mécanique produite par la rotation des pales est transformée en énergie électrique.

Une éolienne d'une puissance de 1 MW produit annuellement l'équivalent de la consommation électrique de 1000 à 1500 foyers. Les parcs éoliens terrestres, comprenant plusieurs turbines d'une puissance unitaire comprise entre 500 kW et 3 MW constituent la principale application. Un petit nombre de parcs off-shore existent déjà en Europe. Le premier parc français devrait voir le jour en 2009 sur la côte d'Albâtre, un autre pourrait voir le jour en 2011, au large du Calvados.

Le potentiel de l'énergie éolienne en France est estimé à 5 Mtep par an, ce qui représente plus de 10 % de la consommation intérieure brute d'électricité (France 2004), sachant que l'éolien est, après l'hydraulique, l'énergie renouvelable qui permet d'obtenir les coûts de production d'électricité les plus bas. Toutefois, l'équipement de la France reste peu développé (2190 GWh de production primaire en 2006)

**Le bois – biomasse**, appelé également bois-énergie, est constitué de cellulose, hémicellulose, et lignine. Il provient de produits et déchets de l'exploitation forestière (écorces, branches) des déchets des industries du bois (sciures, copeaux, palettes, taillis à courte rotation,...) et de sous produits (paille).

Avec 15 millions d'hectares, la France dispose de la troisième surface boisée d'Europe.

L'accroissement naturel des forêts représente à lui seul un gisement très important non exploité de 7 à 12 Mtep selon les estimations, qui s'ajoutent aux 9 Mtep exploités aujourd'hui. Le bois biomasse constitue la première énergie renouvelable en France : il représente 51 % de la production d'énergie primaire renouvelable, et 3,5 % de la consommation d'énergie primaire.

Les principales barrières au développement du bois énergie sont aujourd'hui d'ordre économique ; pour la production de chaleur au sein des chaufferies, le coût d'investissement est 3 à 4 fois plus élevé pour une chaudière au bois que pour une chaudière gaz naturel, en raison des coûts de génie civil (stockage, voirie) et des équipements de traitement des fumées.

**Le solaire photovoltaïque** convertit l'énergie lumineuse du rayonnement solaire en électricité.

Cette conversion est assurée par les cellules photovoltaïques.

Un système photovoltaïque comprend un générateur et selon les applications, un onduleur qui transforme le courant continu en courant alternatif, un dispositif de raccordement au réseau électrique, des accumulateurs qui assurent le stockage électrochimique. Un système photovoltaïque de 10 m<sup>2</sup> de panneaux en silicium cristallin (technologie de première génération) installé en France représente une puissance d'1 kWc (kilowatt Crête) environ, et permet de produire en moyenne 1000 kWh par an.

En France, le potentiel de développement du photovoltaïque varie selon les régions (différences d'éclairement), mais il est utilisable partout. Les principaux freins au développement de cette source d'énergie résident dans les coûts d'investissement élevés et les difficultés d'approvisionnement en silicium, matière première des cellules cristallines mais aussi d'autres industries. Le parc français

comptait 41 MWe de puissance installée à fin 2006, et a assuré une production électrique de l'ordre de 54 GWe en 2006. C'est une ressource qui se place sur le moyen terme.

## **Les vecteurs énergétiques ou énergies de transformation : le cas particulier de l'électricité**

La quasi-totalité de l'électricité commercialisée dans le monde est produite par des centrales thermiques « classiques » (fonctionnant au charbon, au fioul, au gaz naturel ou aux gaz de hauts-fourneaux) ou des centrales nucléaires (faisant appel à la fission d'uranium) ainsi qu'aux centrales hydroélectriques ([barrages](#)). Les autres énergies renouvelables n'interviennent que pour une faible part dans le bilan mondial, et restent peu compétitives (unités de production plus coûteuses à produire et faible productivité).

Résultant de la transformation d'énergies primaires, les impacts de l'électricité en termes d'émissions de [CO2](#) se situent en amont de la chaîne, lors de sa production. Ses caractéristiques environnementales, et notamment son contenu en [CO2](#) ou la gestion des déchets, dépendent donc totalement de la manière dont l'électricité est produite. Si en France\*, la production d'électricité est à 78 % d'origine nucléaire, ce mode de production ne représente que 15 % de l'électricité mondiale.

En outre, le rendement énergétique de la production électrique, variable selon le mode de production, reste globalement faible :

- 35 % pour une centrale thermique classique à flamme ;
  - 45 % pour une centrale thermique au charbon à cycle vapeur supercritique ;
- le rendement le plus élevé étant obtenu avec la centrale à cycle combiné gaz naturel : 58 %

\* En 2006, la production totale nette d'électricité a atteint 548,8 TWh, qui se répartissent en 78,1% de nucléaire, 10,4% de thermique classique, 11,1% d'hydraulique et 0,4% d'éolien et photovoltaïque. (source : DGEMP – observatoire de l'énergie 2007 : [www.industrie.gouv.fr/energie](http://www.industrie.gouv.fr/energie))