Production électrique : la place de l'énergie éolienne

I – Production électrique : principes de base

L'énergie électrique n'est pas un fluide que l'on pourrait « mettre en conserve », l'énergie électrique ne se stocke pas ou tout au moins facilement et en grande quantité. Il faut la produire au fur et à mesure des besoins.

Pour cela il faut journellement adapter la production à la consommation. C'est ce que fait RTE (réseau de transport électrique). La France est divisée en 7 régions. Pour chaque région et par tranche horaire de 30 minutes, RTE prévoie pour le lendemain la puissance électrique nécessaire.

Celle-ci dépend de nombreux facteurs, en particulier :

- l'activité humaine qui varie fortement en fonction du jour de l'année, du jour de la semaine et de l'heure de la journée (Figures 1 à 3),
- de la température, ainsi une variation de ± 1°C en hiver se traduit par une variation de puissance nécessaire de 2100 MW (mais seulement de 450 MW en été),
- de la nébulosité ; celle-ci variant de 0 à 8 (octa), du ciel pur (0) à un ciel très couvert (8), avec une augmentation de 250 MW par octa...

Ces variations de consommation nécessitent de disposer d'un parc de production varié, capable de faire face à la demande et surtout à des hausses de consommation extrêmes.

On estime que pour éviter tout effondrement du réseau, les capacités de production doivent excéder de 10% la demande la plus importante.

On classe les moyens de production en 3 catégories :

- la production de base, en fonctionnement permanent et qui en France est obtenue par les réacteurs nucléaires (58 réacteurs pour une puissance brute de 65 MW),
- la production de semi-base qui permet de faire face aux variations prévisibles de consommation et qui en France utilise les réacteurs nucléaires, des centrales hydrauliques et des centrales thermiques au charbon,

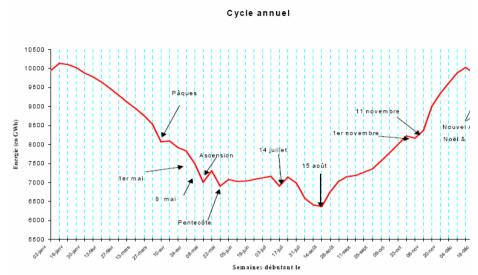
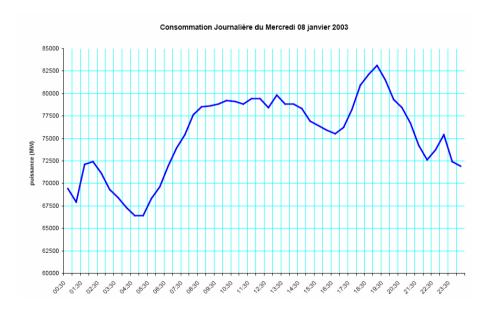


Figure 1 – Variation de la consommation électrique annuelle



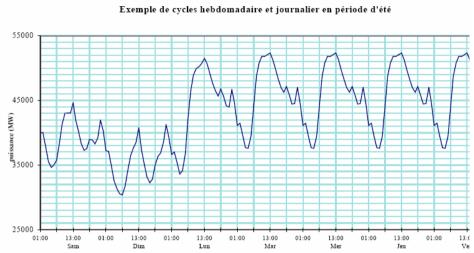


Figure 2 - Variation de la consommation électrique hebdomadaire

Figure 3 - Variation de la consommation électrique journalière

Enfin la production de pointe qui doit faire face très rapidement à des hausses importantes et relativement imprévisibles. Pour cela on utilise des moyens de production pouvant être mis en service instantanément, tels que les centrales hydrauliques à double bassin (STEP, Station de Transfert d'Energie par Pompage) et des turbines à gaz (TAC). Dans les cas extrêmes, on importe de l'électricité, principalement d'Allemagne qui possède un très grand parc de production thermique, charbon et lignite. Il faut noter qu'en moyenne nous exportons 360 jours par an et n'importons que pendant 5 jours!

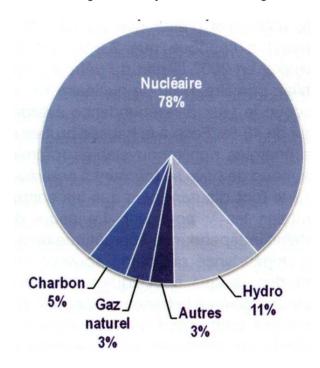


Figure 4 Moyens de production électrique en France

La conclusion est que la France dispose très largement de moyens de production de base grâce aux centrales nucléaires dont on peut moduler la production, suffisamment en semi-base (même si les capacités en énergie hydraulique sont quasiment totalement utilisées) mais doit investir dans des moyens de production de pointe : centrales thermiques classiques de nouvelle génération (à cycle ultra-supercritique, à « lit fluidisé circulant ») et des centrales à cycle combiné.

II – Place et utilité de l'énergie éolienne

Une éolienne produit de l'énergie électrique à l'aide du vent... Elle appartient avec l'énergie hydraulique, l'énergie solaire, la géothermie... aux énergies « renouvelables ».

Quand on parle dans les média des énergies renouvelables, on emploie généralement les expressions d'« énergie propre » et d'« énergie gratuite ». Ce sont des idées reçues totalement fausses ! Il n'y a pas et ne pourra jamais y avoir d'énergie gratuite ni d'énergie propre, c'est-à-dire sans aucune émission polluante, ni déchets !

a) Sur la « gratuité » des énergies.

Il faut d'abord distinguer les « énergies primaires », telles que le vent, le rayonnement solaire, le charbon, le pétrole, l'uranium... inutilisables directement, et les énergies finales, directement utilisables par l'homme, telles que l'énergie mécanique, thermique, radiative... Ces dernières sont obtenues à partir des premières à l'aide de « vecteurs énergétiques », comme l'électricité par exemple.

Mais pour passer de l'énergie primaire à l'énergie finale il faut des moyens de conversion (éolienne, panneaux solaires, centrales thermique ou nucléaire...) qui demande de lourds investissement, des frais d'entretien et pour certains de la matière première, charbon, pétrole, gaz...). Tout cela a un coût et entre dans le prix de l'énergie!

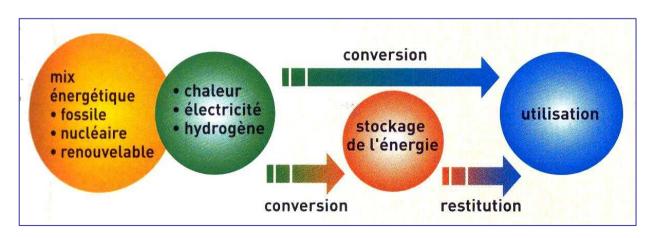


Figure 5 – Schéma énergétique

Une étude de l'Université finlandaise de Lampeenranta en 2004 donne le coût total du kWh pour différentes formes de production d'énergie électrique en tenant compte de l'investissement, de l'entretien et du combustible (il est à noter que l'énergie solaire photovoltaïque n'y figure pas, son coût est trop élevé, plus de 15 cts€/kWh).

Concernant l'énergie éolienne, il s'agit d'éoliennes terrestres et non off-shore dont le coût est considérablement plus élevé. Il ne tient pas compte également du prix de rachat de cette énergie par EDF, en raison du décret Cochet et qui impose un prix de rachat de 8,2 cts€/kWh pour l'éolen terrestre et 13 cts€/kWh pour l'off-shore.

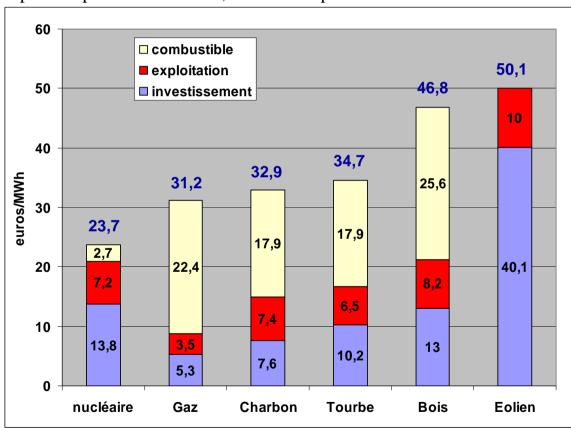


Fig 6 – Coût de l'électricité en euros par MWh, selon une étude de l'université finlandaise de Lampeenranta (2004).

Le coût est en euros par MWh, pour obtenir la valeur en cts€ par kWh, il suffit de diviser par 10 :

1€/MWh = 0,1 cts€/kWh

b) Sur la « propreté » des énergies.

750 t

Une énergie propre, sans émission polluante, ça n'existe pas! Certes, le vent ou le solaire ne pollue pas directement mais comme le montre la figure 5 pour les utiliser il faut des éoliennes ou des panneaux photovoltaïques... qui nécessitent béton, acier, silicium... très couteux en énergie et donc indirectement facteur de pollution. La prise en compte de cette « énergie grise » (c'est-à-dire l'énergie nécessaire à la fabrication et au démantèlement de ces installations), c'est « l'éco-bilan ».

Pylône* Nacelle* rotor – moyeu – pales* Béton – ferraillage* 300 t 220 t 4 100 t Elements d'une aérogénératrice off-shore de 5 MW

(a)



Eolienne terrestre de 2,5 MW

Hauteur du mat : 120 m Diamètre des pales : 90 m Poids total : 250 tonnes Nacelle : 72 tonnes Pale : 7 tonnes

Socle en béton: 1500 tonnes

(b)

Figure 7 - Caractéristique d'une éolienne : (a) « off-shore » de 5 MW, (b) d'une éolienne terrestre (2,5 MW)

*Source doc REpower systems AG

Coût d'une éolienne : 2 à 3 millions d'euros :

70% machine

13% électrification

8% génie civil et levage

6% ingénierie

On peut constater (figure 8) que traduite en terme de gramme de CO₂ produit par kWh, le bilan n'est pas très favorable pour l'énergie éolienne comme pour l'énergie solaire photovoltaïque. D'autant plus que ces éoliennes sont généralement fabriquées en Allemagne ou en Espagne, pays où l'électricité est en majorité d'origine thermique classique (charbon, lignite).

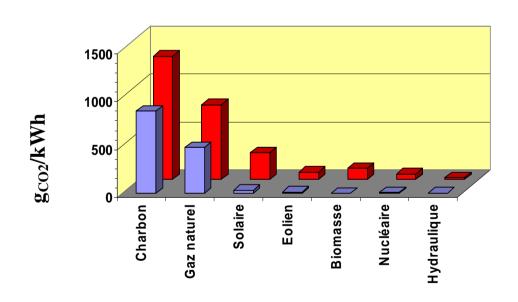


Figure 8 – Emissions de CO₂ en gramme par kWh en fonction du mode de production électrique.

Les valeurs minimales (en bleu) et maximales (en rouge) dépendent des conditions de transport (charbon, gaz) ou de fabrication :

Par exemple, pour l'éolien, le mode de production électrique intervient directement et peut varier de 11g/kWh à 75 g/kWh pour une éolienne construite en Allemagne ou en Espagne comme c'est généralement le cas!

Charbon: 860 à 1300 g/kWh
Gaz: 480 à 780 g/kWh
Solaire: 30 à 280 g/kWh
Eolien: 11 à 75 g/kWh
Biomasse: 0 à 116 g/kWh
Nucléaire: 8 à 59 g/kWh
Hydraulique: 4 à 18 g/kWh

d) Sur l'efficacité de production

La production d'énergie éolienne comme d'énergie solaire est essentiellement aléatoire et irrégulière. Pour l'éolien terrestre, le facteur (ou « taux ») de charge, c'est-à-dire le rapport entre la puissance réellement disponible (cumulée) et la puissance théorique est de l'ordre de 20 à 25% (En France en 2006, dernière année où l'ADEME a rendu public ce chiffre, il était de 23%). Ce qui revient à dire de manière simpliste qu'une éolienne fonctionne un jour sur cinq! Les partisans de l'éolien contestent ce chiffre en disant qu'elle tourne 80 à 90% du temps... Certes, mais pas à puissance maximale!

En effet, une éolienne commence à produire de l'énergie électrique dès que les vents atteignent 5m/s (« force 3 » pour les marins); elle n'atteindra sa puissance nominale qu'à partir de 13m/s (force 6) mais devra être arrêtée sous peine d'emballement et de destruction lorsque les vents atteignent 25m/s (figure 9). Ainsi, en Bourgogne, le taux de charge est inférieur à 17% (figure 10). De ce fait une éolienne qui tourne, cela ne signifie pas qu'elle produit à plein régime (et encore il arrive souvent qu'en l'absence de vent, pour stabiliser le réseau ou pour des raisons plus « commerciales », on les fasse tourner en les alimentant directement !).

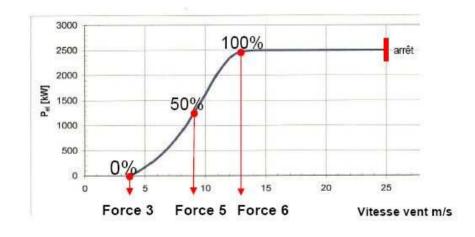


Figure 9 – Courbe de puissance d'une éolienne de 2,5 MW en fonction de la vitesse du vent.

A Bœurs la vitesse moyenne des vents est de 6,1 m/s... d'où une puissance moyenne réelle d'environ 400 MW, d'où un taux de charge de 16%.

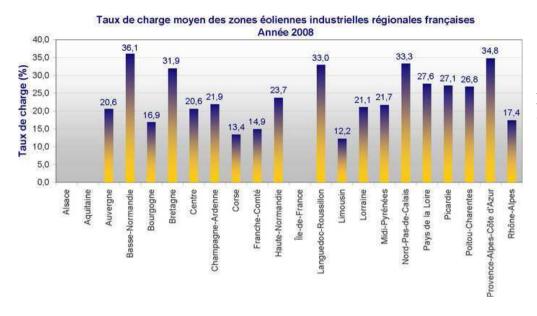


Figure 10 – Facteur de charge selon les régions françaises (données 2008).

En Bourgogne le taux de charge est de l'ordre de 17%, soit moins que la moyenne nationale.

De plus dans nos régions, il n'y a pas de vents dominants, la « rose des vents » est très symétrique. L'éolienne doit donc très souvent changer d'orientation pour avoir une plus grande efficacité. Or il faut savoir que ces changement d'orientation ne peuvent se faire qu'à l'arrêt (donc pas de production électrique) mais qu'en plus il faut beaucoup d'énergie électrique pour faire pivoter une nacelle de 70 tonnes (sans compter les pales !).

Enfin des ruptures brutales d'éoliennes ont été observées aux Pays bas, en Allemagne, en France avec chute de pales (figure 11). On a même observé à plusieurs reprises des incendies au niveau de la nacelle (figure 12).

Conclusions

En Allemagne, où la production électrique est majoritairement d'origine thermique (2007 : Thermique classique : 64%, nucléaire 25%), la production éolienne avec ses 22000 MW (l'équivalent d'un tiers de notre parc nucléaire)(figure 13) ne produit que 7,2% ! L'Allemagne est l'un des plus forts pollueurs européens (10 tonnes CO₂/habitant, 630 g_{CO2}/kWh) beaucoup plus que la France, l'un des moins pollueurs avec la Suède (6 tonnes CO₂/habitant, 66 g_{CO2}/kWh). Non seulement

l'éolien ne leur permet pas de faire face à l'arrêt programmé du nucléaire (dont la production a légèrement baissée) mais on observe un accroissement de la production thermique et donc de la production de gaz à effet de serre (sans compter un déficit de production qui va croître dans les prochaines années si cette politique est maintenue). L'Allemagne doit donc augmenter ses capacités de production au charbon (en misant sur les centrales propres et sur une future capture et séquestration du CO2) et acheter de l'électricité nucléaire chez ses voisins ! (Ou investir dans des centrales nucléaires mais hors d'Allemagne... A moins qu'elle ne revienne sur sa décision de fermeture). Comte tenu des vastes projets en Europe de redémarrage ou de mise en place de nouveaux programmes nucléaires, et le revirement de nombreux écologistes dans plusieurs pays, elle se retrouvera bien seule!









Figure 11 – Rupture et chute d'éoliennes





Figure 12 – Incendie d'une éolienne au Portugal

Ceci illustre bien le côté à la fois aberrant démentiel et stupide du programme français éolien de 25 à 35000 MW qui non seulement ne réduira en rien nos émissions de CO2, déjà les plus faibles d'Europe, mais les augmentera! (car ce programme ne se fera qu'au détriment du nucléaire et comme il faut assurer une production de base constante, il faudra bien compléter avec des moyens rapides à mettre en œuvre en cas d'absence de vent, donc des centrales au charbon ou au gaz... Quant au coût! des milliards d'euros qui pourraient être mieux utilisés ailleurs. Actuellement, l'éolien coûte aux contribuables français plus de 30 millions d'euros par mois, en subvention et en rachat par EDF à des tarifs exagérés d'une électricité inutile.

Notons pour finir que selon de nombreux « experts » la France doit rattraper son « retard » en énergie renouvelable! Quel retard? Nous sommes le plus important producteur d'électricité renouvelable en Europe! Et ceci grâce à l'hydraulique qui reste la plus propre des énergies...

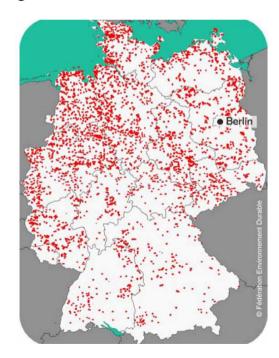


Figure 13 – Carte de répartition des éoliennes en Allemagne.

EOLIEN POINT DE LA SITUATION EUROPE

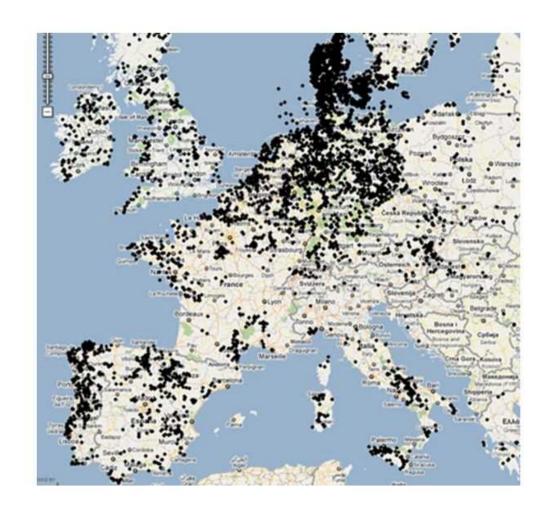


Figure 14
Les éoliennes en Europe