

# **L'énergie électronucléaire, et alors ?**

**Claude Cavailler**

Ingénieur de formation ayant travaillé plus de 30 ans dans les domaines du nucléaire militaire et médical, mais jamais dans le domaine de l'énergie, j'ai voulu faire une analyse la plus objective possible sur la production de l'énergie électrique et évaluer si les énergies renouvelables pouvaient se substituer à l'énergie nucléaire.

## **1) L'énergie primaire**

Différents types d'énergies sont utilisés dans le monde :

Pétrole 33%, Charbon 27%, Gaz naturel 21%, Nucléaire 6%, Hydraulique 2%, Biomasse et Energies Renouvelables 11%; 87% de la production mondiale d'énergie repose sur 4 combustibles fossiles si on compte l'Uranium. En ce qui concerne les réserves il y a débat sur le nombre d'années d'exploitation à venir si l'on se base sur les consommations actuelles (2011): plus de 150 ans pour le charbon, 50 à 60 ans pour le pétrole et le gaz naturel (hors gaz de schiste), 100 à 200 ans pour l'Uranium si on n'utilise pas de Surgénérateurs. En ce qui concerne les prévisions d'évolution de la demande énergétique mondiale les experts tablent sur une croissance moyenne annuelle de 1,7 % ce qui signifierait un doublement de la demande mondiale d'ici 2050 (population mondiale estimée entre 9 et 10 milliards en 2050).

## **2) Energie et environnement**

L'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> (33 milliards de tonnes par an) dans l'atmosphère due essentiellement à la production d'énergie produit l'Effet de Serre. L'utilisation du charbon contribue pour 44 %, celle du pétrole pour 36 % et le gaz pour 20 % : 1/3 de cette consommation est destinée à la production électrique. La figure 1 présente les émissions de gaz à effet de serre des différentes filières énergétiques : le charbon, le pétrole et le gaz naturel sont de loin les principaux contributeurs.

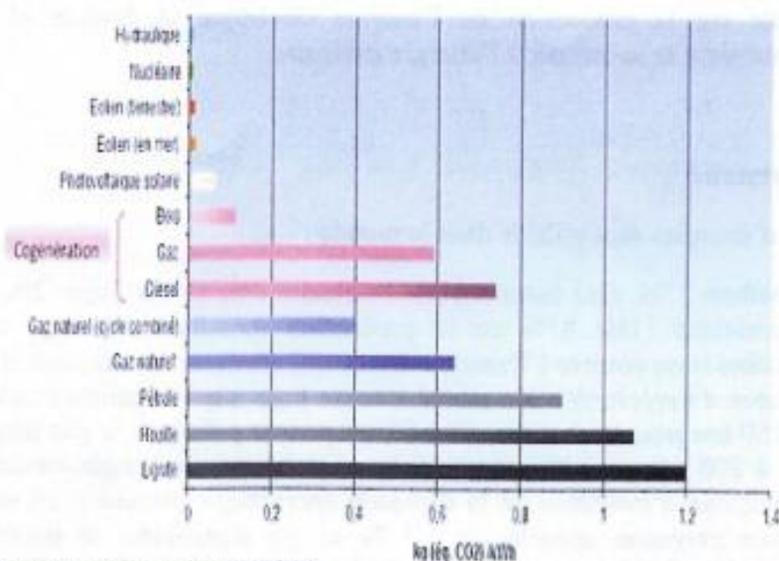
Sans rentrer sur la polémique des conséquences, il est maintenant reconnu que cette augmentation de l'effet de serre entraîne une élévation de la température moyenne du globe (+1 à +5 degrés Celsius en 2100) ce qui, quelque soit l'hypothèse choisie aura des conséquences dramatiques pour la planète : accélération de la fonte des glaces polaires, élévation du niveau des mers, modification des courants marins, augmentation du niveau et du nombre de précipitations, de cyclones et tornades.

La réduction des gaz à effet de serre est donc, aujourd'hui, un enjeu planétaire souligné par les accords de KYOTO. Dans le cadre de la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique (loi POPE du 13 Juillet 2005) la France s'est fixé comme objectif de diviser par 4 ses émissions de gaz à effet de serre à l'horizon de 2050. Cet objectif a depuis été réaffirmé dans le cadre de la loi Grenelle 1.

Nous voyons qu'il va falloir réduire les émissions de gaz à effet de serre alors que les besoins en énergie vont croître sur les 50 ans à venir.

## Fig 1 : Emissions de gaz à effet de serre de certaines filières énergétiques

Emissions de gaz à effet de serre de certaines filières énergétiques



### 3) Production mondiale d'électricité par source

La figure 2 présente la production mondiale d'électricité en 2010 répartie par source de production ; les données sont exprimées en TWh ou milliards de kilowatt heure (kWh). Il faut noter que 64 % de l'électricité est produite dans des centrales thermiques classiques à partir des énergies fossiles : Charbon (4800 TWh soit 39 %), Gaz (15%), Pétrole (10%) ; l'hydroélectricité représente 17% et les énergies renouvelables 2% avec 375 TWh simplement.

Le nucléaire produit 3000 TWh soit 16% de la production électrique mondiale ; comme souligné plus haut les demandes en énergie électrique sont sans cesse croissantes : la production mondiale est ainsi passée de 12300 TWh en 2005 à 18550 TWh en 2010.

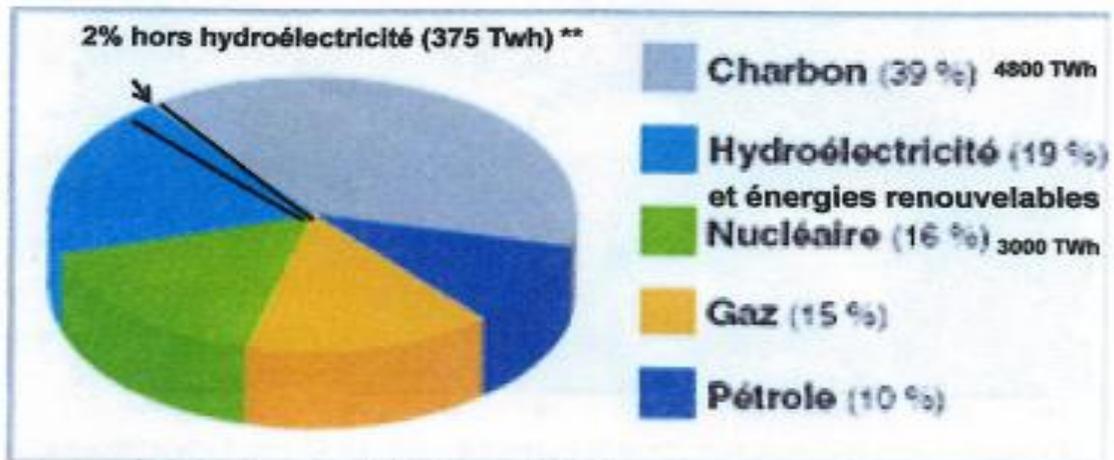
La figure 3 présente la part du nucléaire dans la production électrique des différents pays :

La Lituanie, la France et la Belgique produisent plus de 50 % de leur électricité avec du nucléaire, le Japon, l'Allemagne et la Corée du Sud sont à 30 %, les USA et la Russie entre 15 et 20 % et l'Inde et la Chine ne sont qu'à quelques pour cent.

Nous pouvons remarquer ici que la problématique de sortie du nucléaire est complètement différente pour la France (production de 74 % d'électricité avec du nucléaire) et l'Allemagne (30 %).

La figure 4 présente, quant à elle, l'implantation des 472 réacteurs nucléaires déjà utilisés dans le monde (30 pays) : plus de la moitié est positionnée en Europe, une centaine en Amérique du Nord et une cinquantaine en Extrême Orient; 67 réacteurs sont en construction dont les ¼ en Chine et Inde.

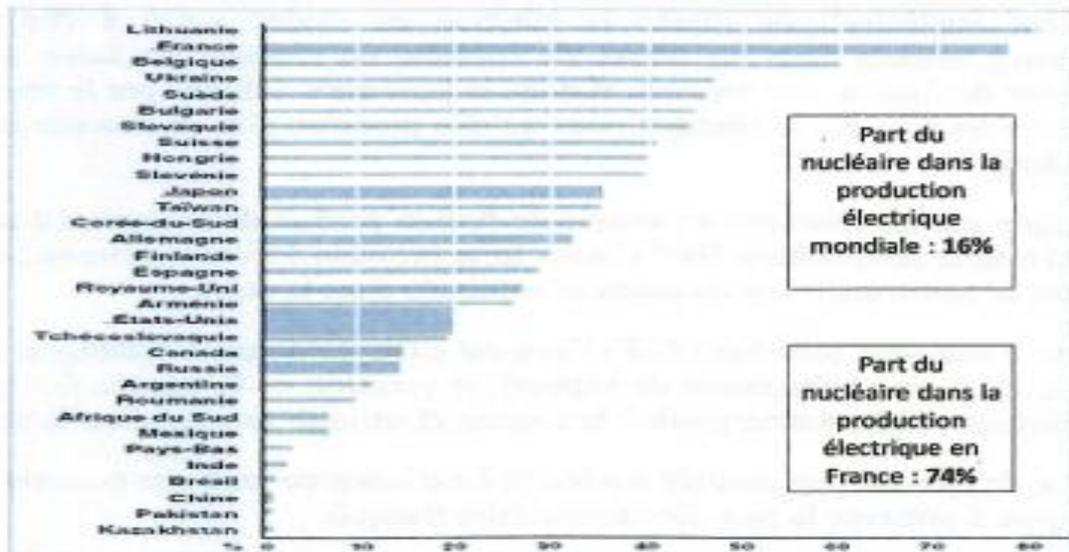
**Fig 2 : Production mondiale d'électricité par source \***  
 (64 % de l'électricité est produite à partir des énergies fossiles – charbon – gaz - pétrole)



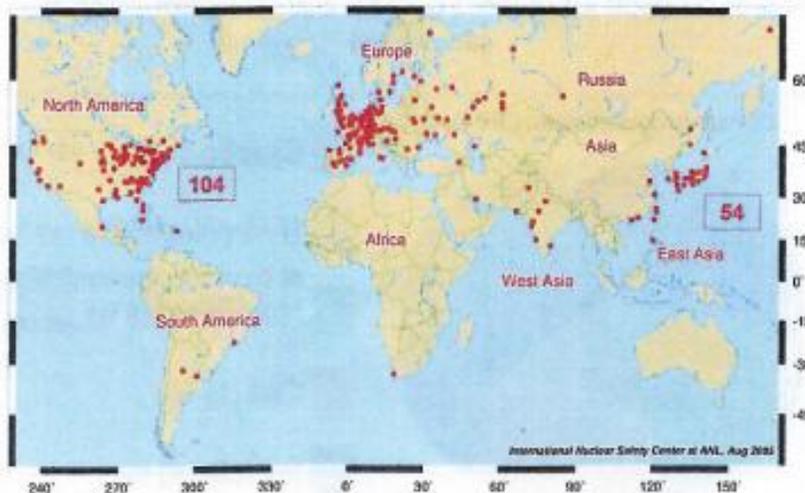
Production mondiale 2005 = 12.300 Twh / en 2010 = 18.550 TWh

\* Valeurs 2010 - \*\* Twh = 10<sup>9</sup> KWh

**Fig 3 : Part du nucléaire dans la production d'électricité**



**Fig 4 : Les réacteurs nucléaires dans le monde : 472 réacteurs (dont 58 en France répartis dans 30 pays)**



67 réacteurs en construction dans le monde dont 7/10 en Chine, Inde et Russie

#### 4) La production d'énergie électrique dans un réacteur nucléaire

Nous ne reviendrons pas ici sur les données de Physique sur la Fission et la Fusion déjà présentés dans l'article « l'énergie c'est la vie » de Monsieur Emile Labrousse (revue AVSANE n°82) et sur la radioactivité abordée lors de la visite du CEA de Cadarache (revue n°81).

Un réacteur nucléaire exploite la réaction de Fission de l'uranium équipant les barres de combustible: division en 2 d'un noyau sous l'impact d'un neutron et multiplication du nombre de neutrons émis à une très forte vitesse : c'est la réaction en chaîne.

Dans un réacteur nucléaire<sup>1</sup>, on régule la réaction en chaîne grâce à des absorbants neutroniques (bore) stockés dans les barres de contrôle du réacteur de façon à maintenir constant le nombre de fissions par seconde et donc la puissance délivrée par le réacteur (dans une arme nucléaire on accélère la réaction pour qu'elle produise plus de fissions et d'énergie jusqu'à l'explosion).

La chaleur dégagée par les réactions en chaîne de fission produit de la vapeur d'eau (eau du circuit primaire) à forte température 300° C sous forte pression 155 bars environ ; une double enceinte contient la partie nucléaire du réacteur enfermée dans la cuve.

Dans un réacteur à eau sous pression (REP) l'eau est envoyée dans un échangeur de chaleur pour produire de la vapeur (générateur de vapeur); la pression de la vapeur fait tourner très rapidement la turbine ; l'alternateur produit le courant électrique envoyé dans le réseau EDF.

Hormis la source de chaleur une centrale nucléaire fonctionne comme une centrale thermique classique. La figure 5 présente le parc électronucléaire français :

Le choix initial de la France s'est porté sur la filière UNGG (uranium graphite gaz) pour préserver notre indépendance énergétique en utilisant de l'uranium naturel comme combustible (et non de l'uranium enrichi) et pour produire le plutonium indispensable pour nos armes nucléaires et nos futurs réacteurs à neutrons rapides.

<sup>1</sup> Parlons nucléaire en 30 questions Paul Reuss. La documentation Française

A la fin des années 1960 la France abandonna la filière UNGG pour la filière américaine PWR (Pressured Water Reactor) francisée en REP.

Les 19 centrales françaises sont équipées de 58 tranches nucléaires de ce type. Elles sont implantées pour la plupart sur nos grands fleuves pour des raisons de refroidissement (contrairement aux centrales japonaises situées en bord de mer)

De FESSENHEIM 1 connectée au réseau en 1977 à CIVAUX 2 (1999) le parc nucléaire a été mis en service par tranches successives: 34 de 900 MW (les premières) 20 de 1300 MW et 4 tranches de 1450 MW (les dernières). C'est la centrale de Gravelines, dans le Nord, qui est la plus importante avec 6 tranches de 900MW.

Les recherches du CEA ont abouti à la mise en service de 2 surgénérateurs à neutrons rapides :

PHENIX à Marcoule de 1974 à 2010 et SUPERPHENIX à Creys-Malville de 1985 à 1998.

La construction de chaque réacteur REP a coûté environ 2 milliards d'euros et a duré 7 ans (1 ou 2 années de travaux d'aménagement du site, 3 années de génie civil, 2 années pour l'installation du matériel et 1 an d'essais); le coût d'un MWh électrique en France était de 113 euros en 2010 pour 244 euros en Allemagne et 271 euros au Danemark. Le coût du combustible nucléaire pèse pour 15% dans le coût du kWh alors que celui du gaz pèse pour 60 % : le kWh nucléaire est donc très peu sensible aux augmentations du coût de l'uranium contrairement au gaz. Un réacteur fournit de l'électricité pour un million d'habitants environ.

En ce qui concerne le démantèlement de ces centrales les seuls retours d'expérience dont nous disposons sont les déconstructions des réacteurs G1, G2 et G3 de Marcoule complètement réalisées et celle de Brennilis qui devrait être achevée en 2018. En 2002, 220 millions d'euros avaient été dépensés et 280 millions étaient encore nécessaires. Le coût de ce démantèlement avait été sous-estimé par EDF. Pour les REP à démanteler dans l'avenir EDF provisionne 500 millions d'euros pour chaque réacteur (300 millions d'euros pour chaque réacteur américain).

La décision de démanteler à partir de 2017 la centrale de Fessenheim à peine âgée de 35 ans en 2012 s'explique difficilement du point de vue technique (le parc nucléaire Anglais a une moyenne de vétusté de 47 ans !); cependant cette décision politique permettra de disposer d'un retour d'expérience complet sur le vrai coût de déconstruction d'un réacteur de type REP.

