

ÉOLIENNE TERRESTRE, OFFSHORE ET RÉACTEUR NUCLÉAIRE, QUELQUES CHIFFRES :



Les coûts de production et d'installation de l'éolien offshore sont supérieurs à ceux des éoliennes terrestres classiques, mais son rendement est plus élevé car l'offshore bénéficie d'un vent plus fort et plus régulier.

Une éolienne de type « 5 MW offshore » produit environ 15 GWh d'électricité par an, soit à titre d'exemple de quoi permettre à 10 000 voitures électriques standards de parcourir chacune 10 000 kilomètres par an.

Une éolienne offshore de 5 MW (de puissance maximale) est en fait une éolienne de 1,7 MW (de puissance moyenne): $5 \text{ MW} * \text{facteur de charge offshore (34 \%)} = 1,7 \text{ MW}$. La production annuelle d'électricité est l'énergie produite par la puissance moyenne de l'éolienne, soit : $1,7 \text{ MW} * 8760 \text{ heures} = 15 \text{ GWh}$.

Ces éoliennes sont généralement hautes et tournent très lentement (moins de 10 tours par minute pour les grandes éoliennes offshore).

L'un des plus grands parcs éoliens extraterritoriaux se trouve au Danemark (parcs éoliens de Horns Rev construits en 2002 et 2009 et totalisant 369 MW de puissance).

Horns Rev est un ensemble de 171 éoliennes situées à 30 km de la côte ouest du Danemark, dans les Blavandshuk, au large du port d'Esbjerg. Il est constitué de deux parcs éoliens, Horns Rev 1 et Horns Rev 2. La capacité électrique (exploitée par VATTENFALL et DONG ENERGY) est de 370 MW et la production annuelle estimée est de 522 GWh (pour équivalent pleine charge de 2 500 heures/an).

La longueur des pâles des turbines est de 40 m (diamètre 80 m) ou 46,5 m (diamètre 93 m), la distance entre chaque turbine (constructeurs VESTAS et SIEMENS) est de 560 m. Ainsi le parc s'étale sur une superficie de 55 Km².

Source (1)

Mais, combien faut-il d'éoliennes pour remplacer un réacteur nucléaire ?

Note : Nous n'allons parler que d'éoliennes classiques dans des fermes d'éoliennes, et pas d'éoliennes urbaines ou de proximité qui pour certaines ont un rendement bien supérieur. Basons nous sur des chiffres moyens (on pourra toujours avancer d'autres chiffres ..., ce qu'il faut retenir, c'est l'ordre de grandeur).

Prenons un réacteur nucléaire de 1 200 MW (mégawatts). En France, les tranches nucléaires vont de 900 à 1450 MW avec un facteur de charge de l'ordre de 75 %. On divise la quantité d'électricité produite en un an par la quantité d'électricité qui pourrait être théoriquement produite s'il n'y avait pas d'arrêts pour travaux, pour rechargement du combustible, ... (Énergie théorique = Puissance installée * 8 760 heures).

Ainsi, **la puissance moyenne produite par une centrale nucléaire de 1200 MW est de 900 MW** ($1\ 200 * 75\% = 900 \text{ MW}$)

Prenons une éolienne de dernière génération (mars 2012. éolienne offshore : 5 MW (Areva,...) ou 6 MW (REpower, Siemens, ...), éolienne terrestre: 7,58 MW (Enercon), avec un facteur de charge pour l'éolien terrestre = entre 20% et 25% et pour l'éolien offshore = entre 30% et 35% (pour l'énergie théorique on ne tient pas compte des vents nuls, trop faibles ou trop forts, des pertes par sillage, de la maintenance, ...).

La puissance moyenne éolienne terrestre sera 1,875 MW ($7,5 \text{ MW} : 7,5 * 25\% = 1,875 \text{ MW}$) **et celle l'éolienne offshore de 1,8 MW** ($6 \text{ MW} : 6 * 30\% = 1,8 \text{ MW}$).

Conclusions : Il faut environ 500 éoliennes pour remplacer un réacteur nucléaire (900 MW / 1,8 MW), ce qui fait un carré d'environ 22 éoliennes de côté, ce qui ne paraîtrait pas si démesuré si elles n'occupaient pas 160 Km² de surface. En effet, il convient de respecter entre chaque turbine les intervalles nécessaires liés à la surface d'occupation au sol utilisée par le pied du mât qui est d'une trentaine de m² avec un volume de béton enterré d'environ 200 m³ et le fait que chaque éolienne doit être espacée de 6 fois le diamètre de son rotor pour produire un maximum d'énergie.

Sachant que les grandes éoliennes possèdent des diamètres de 125m, beaucoup de place est nécessaire à leur installation (8 éoliennes par kilomètre soit environ 3 000 km² ou 300 000 hectares ou encore 1/200ème de la France = 13 fois Marseille = 30 fois Paris).

Source (2)

Le potentiel éolien offshore de la France est très élevé. C'est même le second en Europe (selon le cabinet d'études Espace Éolien Développement, filiale de Powéo) avec un potentiel de 40 GW offshore pour une production de 150 TWh par an.

Le Parc nucléaire français existant est constitué de 58 tranches REP (Réacteur à Eau Pressurisé) dont la puissance installée est de 63 GW avec une production de 430 TWh et assure 88% de la production d'électricité en France.

Comparaison estimative du coût du watt installé et du Kwh produit entre éolien offshore, terrestre et réacteur nucléaire de troisième génération (EPR)

Le coût du Watt installé et du KWh nucléaire EPR : Le réacteur EPR de Flamanville 3 sera dimensionné pour une puissance thermique de 4 500 MW destinée à la production d'électricité (1 650 MW). Son coût, initialement estimé à 3,4 milliards d'euros, est successivement réévalué par EDF à 4 milliards en décembre 2008, à 5 milliards d'euros en juillet 2010, à 6 milliards d'euros en juillet 2011. Le coût de l'EPR finlandais de même puissance, qui en est à une phase plus avancée des travaux et qui devrait fonctionner en 2013 (contre 2016 pour Flamanville 3), est désormais estimé à 6,6 milliards d'euros. **Soit un coût de 4 millions d'euros le MW (ou 4 euros le watt installé).** Un tel glissement supplémentaire des coûts de 10% porte le prix du mégawattheure produit à 72 euros). *Source (1) et (3)*

Le coût de l'éolien offshore par watt installé :

L'un des plus grands projets américains, au large de Rhode Island (4) prévoit une puissance installée de 1000 MW avec 200 machines. Le coût estimé est de 4 à 5 milliards de dollars ; en prenant la fourchette haute, le prix du watt installé est de 5 dollars le watt, ce qui fait 3,65 (le jour de l'écriture de cet article), soit un coût quasi-identique à celui annoncé par Nicolas Sarkozy, sachant que nous sommes ici dans des ordres de grandeur.

Un autre projet géant, en Corée celui-là (5), coûtera de l'ordre de 8,5 milliards de dollars pour 2 500 mégawatt installés et 500 éoliennes, ce qui fait un coût de 3,4 dollars le watt, soit 2,4 euros le watt, 30% moins cher que le prix annoncé en France, une différence qui peut s'expliquer. Le Centre de recherche sur l'énergie du Royaume-UNI (*United Kingdom Energy Research Centre, UKERC*) avance le chiffre de 3 millions de livre par mégawatt, ce qui fait encore 3,5 euros le watt.

Le président de la république Nicolas Sarkozy avait annoncé un investissement de 10 milliards d'euros. Ce qui correspond à 3000 MW éolien pour 3,3 euros le watt installé.

Le coût de production du kWh de l'éolien

Le coût de production du MWh est d'une telle importance pour la définition des politiques publiques de l'énergie et pour les lobbies industriels, les partis politiques ou les associations de défense de l'environnement qu'ils sont souvent sujets à controverses. L'une des études les plus sérieuses qu'il nous a été donné de parcourir sur le sujet provient du *cabinet de conseil Matt Mc Donald*.

L'étude calcul un coût actualisé du MWh, à une date de construction donnée et pour les différentes technologies de production. Ce coût est obtenu en divisant l'ensemble des investissements et des coûts de production sur la durée de vie à venir de chaque type de centrale. L'étude tient compte de la nouveauté ou de l'ancienneté des technologies pour évaluer des potentiels d'amélioration de ces coûts et calcul un prix de MWh selon différents scénarios d'évolutions du prix des combustibles et des émissions de CO2.

L'étude est complexe et fait état d'incertitudes. Les ordres de grandeur des chiffres sont surprenants parce qu'ils anticipent le coût de production, ramenés en euros d'aujourd'hui, sur les 25 à 50 années de durée de vie des équipements et sur l'ensemble de leur cycle de vie. (*voir UK Electricity Generation Costs Update*).

Conclusions en terme de coût (6):

L'éolien terrestre est la source d'énergie zéro carbone la moins chère avec un prix de production de 109 euros par MWh, 6 euros de moins que le nucléaire sur la base du parc existant et du coût de sa maintenance et du prix de tête de série EPR. L'éolien en mer est lui beaucoup plus cher avec des coûts de production s'échelonnant entre 182 et 213 euros par MWh (les chiffres de l'étude sont déduit d'un calcul en livres).

Même si on peut s'attendre à une amélioration des coûts de l'éolien en mer plus importante que pour l'éolien terrestre, en 2020, le prix restera autour de 127 à 145 euros par MWh.

Pour des projets qui démarreront en 2023, en considérant cette fois que les technologies sont abouties, tant pour le nucléaire de troisième génération, que pour l'éolien en mer, l'étude parvient au résultat suivant : L'éolien sur terre reste la source d'énergie "zéro carbone" la moins chère 98 €/MWh, suivi de très près par le nucléaire (109 €/MWh), et l'éolien en mer (130 €/MWh).

Source et références

(1) : Wikipédia - (2) : Oképédia - (3) : edf Énergie.com - (4) : [Largest Offshore Wind Farm In U.S. Proposed For Rhode Island Coast](#) (Source Huufington Post, août 2010) - (5) : [S.Korea to build 8.2 billion-dollar offshore wind farm](#) (Source AFP) - (6) : [3000 MW d'éolien offshore : la France bout au vent](#)
Écrit par : [Yves Heuillard](#) dans [éolien, collectivités, chiffres clés](#) le 25 janvier 2011.