



Résumé de l'exposé de Philippe Enaud et Armand Giordano
 (Direction des nouvelles énergies renouvelables de la CNR)
du 27 mars 2008

« Les éoliennes de la CNR »

-O-O-O-O-O-O-O-O-O-O-O-

Le parc éolien en France :

Le parc éolien français s'élève à 2 700 MW à la fin de l'année 2007. En 2007, 3 316 MW de permis de construction ont été accordés soit 1,2 fois plus que la capacité actuellement installée.

La France a prévu de porter cette capacité à 25 000 MW en 2020, dont 6 000 en mer.

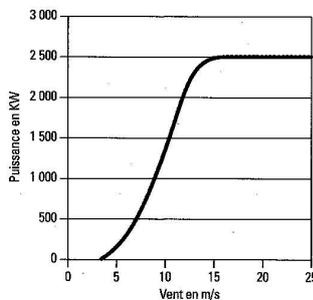
Le parc éolien de la CNR :

Il comporte 3 sites : Fos, Beaucaire et Maisnière (près d'Abbeville), au total 15 machines. Un nouveau parc est actuellement en construction et un second est prévu en fin d'année.

Principe d'une éolienne :

Une éolienne capte l'énergie du vent et la convertit en un couple qui fait tourner les pales du rotor. Trois facteurs déterminent le rapport entre l'énergie du vent et l'énergie mécanique récupérée par le rotor : la densité de l'air, la surface balayée par le rotor et la vitesse du vent.

Courbe caractéristique de puissance



La puissance du vent traversant perpendiculairement une surface circulaire est égale à :

$$P = 0.5 * \rho * \pi * r^2 * v^3$$

Où **P**= la puissance du vent mesurée en W, **ρ** = la densité de l'air sec en Kg/m³, **V** = La vitesse du vent mesurée en m/s, **R** = Le rayon du rotor mesurée en m.

La loi de Betz affirme que la puissance maximale récupérable par une éolienne est égale à 16/27 (59%) de la puissance incidente du vent qui traverse l'éolienne. Cette limite est atteinte lorsque l'éolienne freine le vent à 1/3 de sa vitesse originale.

← **La courbe ci-contre** exprime la puissance fournie par l'éolienne en fonction de la vitesse du vent.

- Avec un vent de 4m/sec, on commence à produire. A partir de 15 m/sec, la puissance maximale est atteinte et l'éolienne peut continuer à tourner jusqu'à un vent de 25 m/sec. Au delà, l'éolienne s'arrête de tourner pour des raisons de sécurité.

- La vitesse du rotor varie entre 10.9 et 19.1 tours/minutes et entraîne un engrenage planétaire à deux étages attaquant la génératrice asynchrone qui tourne de 740 à 1310 tour/min.

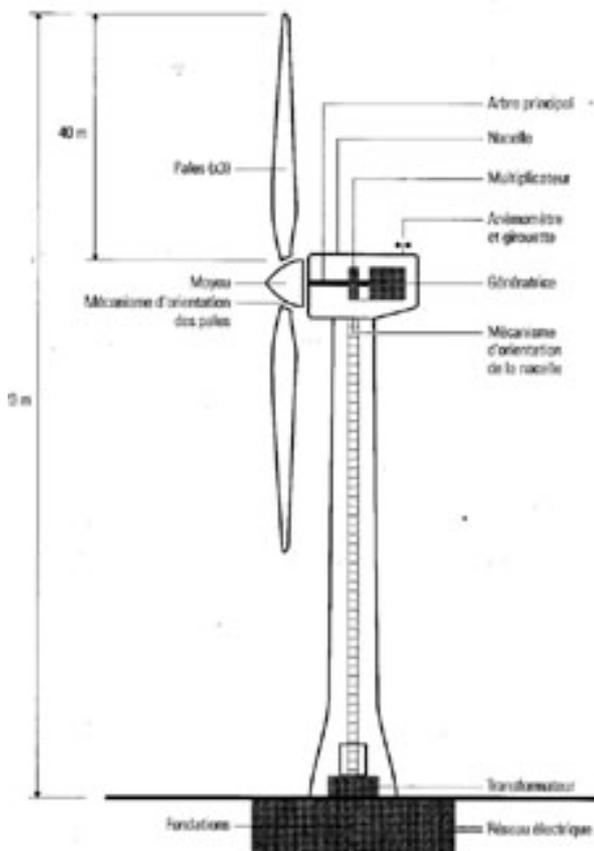
- Les éoliennes n'ont pas de « fonction système » pour le réseau. Elles pourraient cependant fournir du réactif sous certaines conditions.

- Pour une bonne utilisation, il faut un site favorable : vents réguliers et assez forts. Le coefficient d'utilisation d'une éolienne est d'environ 0,20 . Il faut environ 400 MW installé en éolien pour assurer la même production que 100 MW thermique

Constitution d'une machine :

← **Schéma ci-contre**

- Les plus courantes, comme celles de Fos, sont constituées d'un mat de 80 m supportant une nacelle de 160 tonnes. Celle-ci supporte un rotor à 3 pales de 80 m de diamètre, la boîte de vitesse et le générateur



Nota : les 2 schémas sont extraits du document de la CNR (Compagnie Nationale du Rhône) consacré aux éoliennes et remis en séance aux auditeurs

d'électricité. Les pales doivent être résistantes (la vitesse en bout de pale est de 300km/h).

- Système de freinage : Trois pâles indépendantes, dont le dispositif de commande est double, se calent obliquement à la direction du vent par le système de freinage aérodynamique. De plus, le frein hydraulique à disque assiste le processus de freinage en cas d'arrêt d'urgence
- Orientation : La direction du vent est en permanence mesurée par deux girouettes à hauteur du moyeu. La nacelle est orientée par l'intermédiaire de deux moteurs en fonction de la direction du vent
- Les fondations contiennent 400 m³ de béton et un transformateur installé au pied permet le raccordement au réseau électrique le plus souvent en 20 kV.

Implantation :

- A cause des turbulences induites par leur fonctionnement, chaque machine doit être distante d'au moins 5 à 7 fois le diamètre de l'hélice dans le sens du vent et de 3 à 4 fois le diamètre en perpendiculaire au vent. L'implantation de 5 à 8 éoliennes par km² est un grand maximum.
- Un site nécessite ainsi, outre des vents réguliers, un grand espace libre, la possibilité d'amener le matériel lourd, l'existence d'un réseau électrique proche et l'absence d'opposition locale.
- Il faut environ 5 ans pour « sortir » un site. De nombreuses prospections ont été effectuées sur le territoire français par des sociétés ayant travaillé en Espagne ou Allemagne.

Maintenance :

- Chaque machine demande annuellement 130 heures de maintenance. Actuellement la disponibilité dépasse 90 %.
- La CNR a un contrat de maintenance avec NORDEX pour les parcs de Fos sur Mer et Beaucaire et avec ENERCON pour le parc des Maisnières avec une garantie de disponibilité de 95% et de délais d'intervention. Le pilotage à distance de toutes les machines se fait depuis Rostock en Allemagne. La CNR reste responsable de l'exploitation.

Economie du parc :

- Outre les frais d'entretien, chaque site paie une taxe professionnelle, et une redevance de location (un bail ou convention d'occupation de terrain) qui peut s'élever à 4000 €/an et par machine (2500 €/an/MW installé).
- L'achat de l'énergie à un prix garanti par la loi pour une durée de 15 ans, (~83€ par MWh) doit permettre un retour sur investissement ne dépassant pas 7 ans.
- La différence entre prix de vente de l'énergie éolienne et prix du marché de l'énergie électrique se retrouve dans la taxe dite CSPE (Contribution au Service Public de l'Electricité) ajoutées aux factures des clients.

Réponses à des questions posées :

- La foudre est un problème permanent.
- Le bruit, il s'agit surtout d'un chuintement lorsque la pale passe devant le pylône. S'entend si le bruit ambiant est faible.
- Le balisage lumineux : le clignotement des balises placées sur chaque machine est difficile à synchroniser et peut s'avérer être désagréable.
- En cas de givrage, (comme les lignes), les machines sont à l'arrêt pour éviter les risques de projection de glace.
- Raccordement électrique : il est minimaliste. D'une manière générale tout est réalisé de façon économique.
- Les hélices bipales ont des inconvénients dès que la machine est importante en particulier les vibrations. Le choix de 3 pales s'avère le meilleur compromis.
- Le mode de raccordement au réseau et les aléas de la production dus au régime variable des vents ne risquent pas encore de déséquilibrer le réseau français ! (Le RTE travaille d'ailleurs sur le sujet)

-o-o-o-o-o-

Hors exposé :

Il n'est pas possible d'enterrer les éoliennes afin d'éviter les atteintes au paysage ; ce serait d'ailleurs encore beaucoup plus difficile que pour les lignes à très haute tension ! ☺ ☺