

WIND ENERGY AND HABITAT

The article refers first to basic data on wind energy — mainly the formula which states the maximum theoretical power obtainable from wind. French experiments in this field have emphasized the part really available of this theoretical energy : power of 2 000 kWh/year/m² is common in France, but the average estimate is 500 kWh/year/m².

The different types of aerogenerators which have until now been in use are discussed. Technical problems are emphasized : if these are technologically easy to solve, more complicated questions present themselves when choosing the site for building aerogenerators : distance from obstacles, effect of ground relief on wind, etc.

A few economic points are raised, to show the possibilities of agricultural and domestic uses and — more seldom — industrial ones (forest exploitation, light-houses, signals, etc.).

Wind energy can be stored, traditionally, by accumulation of pneumatic, hydraulic, electrical, calorific, frigorific energies, all of more or less easy use; the conversion into chemical energy, under the form of gas, is being researched.

The incorporation of aerogenerators in buildings is dealt with at the end of the article. A list of French institutions able to give information is given in the appendix.

Toute idée, tout projet d'utilisation de la force du vent doit d'abord se soumettre aux impératifs de la mécanique des fluides, à savoir :

a) que l'énergie éolienne que l'on peut transformer en énergie mécanique à partir d'un aérogénérateur est proportionnelle à la 3^e puissance de la vitesse V du vent, suivant la formule de Betz :

$$P (W/m^2) = 0,37 V^3 (m/s)$$

donnant la puissance P disponible par unité de surface du capteur face au vent, b) les meilleurs capteurs éoliens, hélice à axe horizontal ou panéme à axe vertical, n'ont par rapport à cette limite théorique qu'un rendement maximal de l'ordre de 0,5 et ceci pour une plage réduite de la vitesse du vent.

La conséquence est qu'il faut adapter les caractéristiques de l'aérogénérateur à la variabilité du vent, et qu'il peut être intéressant de construire des aérogénérateurs prévus pour fonctionner pour les vents relativement faibles de 5 à 7 m/s, quitte à ce qu'ils n'utilisent pas l'énergie des vents forts mais moins fréquents. C'est dans cette voie que se sont orientés certains constructeurs français, pour l'équipement des phares.

L'exploration systématique du territoire français pendant les années 50, par des anémomètres conçus pour totaliser l'énergie éolienne annuelle disponible sur un site, a mis en relief le fait que seules les zones en bordure de mer sont intéressantes du point de vue énergie éolienne. Les résultats valables pour les zones tempérées montrent qu'il est possible d'obtenir une énergie éolienne de 2 000 kWh par an et m² de surface de l'éolienne,

mais qu'il est plus sage de tabler sur 500 kWh par an et par m². Cette dernière valeur permet d'estimer l'importance, c'est-à-dire par exemple le diamètre de l'hélice de l'éolienne à installer selon l'utilisation énergétique envisagée : éclairage, chauffage, pompage, etc...

Les constructeurs français ont développé la technique des éoliennes dans 3 directions :

1^o Les petites machines à pales multiples pour le pompage de l'eau.

Ce sont des éoliennes multiples d'un prix relativement bas entraînant par liaison mécanique des pompes d'un débit de 0,5 à 2 m³/s sous une hauteur de 10 à 30 m.

2^o Les petites machines à 2 ou 3 pales pour la fourniture d'énergie électrique

d'une puissance de 100 W à 4 000 W, stockée grâce à une batterie d'accumulateurs (2^o) Les petites machines à deux ou trois pales pour la fourniture d'énergie électrique D'une puissance de 100 W à 4 000 W, stockée grâce à une batterie d'accumulateur, spécialement conçues pour l'alimentation des phares en mer, l'éclairage des stations isolées, etc., ces machines sont robustes et simples ; certaines utilisent le principe du « décrochage aérodynamique » pour leur protection lors des vents de tempête. Elles entraînent une génératrice électrique largement dimensionnée. Un exemple d'utilisation de ces aérogénérateurs est fourni par l'alimentation du phare des Sept-Iles en Manche : une éolienne Aërowatt bipale de diamètre 5,73 m, puissance nominale 4800 W, vitesse de rotation nominale 300 tours/mn, charge une batterie d'accumulateur au plomb de 500 Ah qui alimente une lampe de 1500 W. Depuis 1960, l'aérogénérateur fournit en moyenne 80 % de l'énergie nécessaire au fonctionnement du phare ; l'économie

de combustible et d'entretien est considérable ; il suffit d'un seul groupe diesel électrogène de secours, mais la capacité de la batterie est accrue (500 Ah au lieu de 300 Ah) ; l'énergie électrique annuelle fournie par l'éolienne est de l'ordre de 5000 kWh contre 1500 fournis par le groupe électrogène. Le type d'éolienne utilisé est construit spécialement pour entraîner une génératrice électrique chargeant une batterie d'accumulateur : il s'agit d'une hélice à calage fixe, donc une machine simple, définie de façon à ce que son rendement soit bon pour les faibles vitesses de vent (5 à 7 m/s) et mauvais pour les forts vents, de telle façon que compte tenu de l'augmentation du couple résultant électrique avec les vitesses de rotation, cette vitesse se maintienne automatiquement presque constante.

3^o) La troisième voie a consisté en l'expérimentation par Electricité de France de grandes machines couplées au réseau de distribution d'énergie électrique : trois aérogénérateurs ont fonctionné, de puissance 132, 800 et 1000 kW ; ils ont apporté de précieux renseignements sur les matériels à utiliser, les vitesses de rotation à adopter et les écueils à éviter. Toutes ces expériences, dont les résultats sont disponibles, sont évidemment intéressantes pour aider à la solution de problèmes énergétiques de moindre envergure. Le résultat fondamental de ces expériences françaises est qu'il n'y a pas de graves problèmes du côté aérogénérateur pour les puissances de l'ordre de 100 kW (l'éolienne de 132 kW d'Electricité de France a fonctionné pendant quatre ans et a produit 700 000 kWh). Les problèmes se situent au niveau des multiplicateurs de vitesse entre l'hélice et la génératrice électrique. Il y a donc un effort à fournir du côté électro-technique ; cet effort sera d'autant plus facile que l'utilisation de l'énergie électrique dans l'habitat revêtira

Eolienne de 2 000 kW à St Rémy-des-Landes



René BONNEVILLE

L'ENERGIE EOLIENNE



Eolienne de 800 kW à Nogent-le-Roi

un caractère original (par exemple l'utilisation du courant continu).

Le seul vrai problème en relation avec l'utilisation de l'énergie éolienne est son stockage dans la mesure où il ne s'agit pas d'aérogénérateur débitant sur un réseau de distribution électrique interconnecté (le prix de revient du kWh dans ces conditions, environ 1 F, condamne d'ailleurs cette éventualité). A l'échelle d'une petite communauté, une île par exemple, l'énergie éolienne peut être considérée comme une énergie d'appoint à la source d'énergie classique déjà existante (groupe électrogène par exemple) ; elle peut aussi être stockée sous forme hydraulique, dans un barrage en haut de falaise sur une île.

Une telle installation a certainement un rendement très faible, mais elle permet de faire bénéficier des avantages de l'énergie hydroélectrique des zones qui en sont dépourvues, ceci en s'affranchissant des soucis de l'hydraulicité, car il n'y a pas d'années peu venteuses. De tels systèmes posent quelques problèmes techniques pour la transmission de l'énergie entre l'éolienne et la station de pompage : il ne semble d'ailleurs pas que cette solution soit envisageable à l'échelle de la maison individuelle en terrain plat, vue l'importance des réservoirs à édifier : 100 m³ d'eau à 10 m au-dessus du sol ne représente qu'une énergie potentielle de 2,7 kWh. Cependant pour alimenter une petite communauté dont la puissance de pointe est 20 kWh, il suffit d'un aérogénérateur de 50 kW et d'un réservoir d'accumulation de 18 ha sur 2 m de profondeur à 50 m au-dessus de la mer.

Le grand intérêt de l'énergie éolienne dans le domaine de l'utilisation domestique se situe à deux niveaux :

1°) En zone tempérée ou froide, le domaine où l'énergie éolienne peut essayer de prétendre être une solution de remplacement, est le chauffage, quitte à ce que l'appoint en cas de grands froids soit fourni par le fuel-oil, lequel est dans ce cas la solution la plus économique du point de vue national. En effet sauf cas exceptionnel la fourniture de l'éclairage ne suffit pas à amortir une installation de faible puissance ; en revanche l'économie d'énergie sur le chauffage permet de mettre en jeu la

somme non négligeable de plusieurs milliers de Francs par an. Le problème à résoudre (1) est le choix du mode de stockage : il est trop tôt pour se tourner vers le stockage de l'hydrogène obtenu par électrolyse ou même du méthane, d'utilisation plus classique (y compris les moteurs à explosion). La solution actuelle réside dans la production d'effet-joule, stocké dans un matériau bon marché — la fonte, les briques réfractaires — redistribuant cette énergie sous forme d'eau chaude dans une installation de chauffage central classique ou sous forme d'air pulsé, et assurant de plus le service d'eau chaude. Un accumulateur enterré de quelques dizaines de tonnes suffit à assurer le stockage de quelques milliers de kWh nécessaires pour pallier les périodes sans vent. Une installation expérimentale de ce type est en cours d'installation en France.

2°) En revanche en zone chaude où les réseaux de distribution sont plus rares, mais où l'énergie éolienne est abondante près des rivages, il est un devoir humanitaire de développer :

— la production d'électricité pour alimenter les installations frigorifiques des hôpitaux,

— le dessalement de l'eau de mer.

Dans le dernier de ces cas le stockage onéreux par batteries d'accumulateur peut être avantageusement remplacé par l'utilisation d'une réserve d'air comprimé ; de plus certaines méthodes de distillation permettent de bénéficier de l'apport de l'énergie solaire. L'installation de petites unités de dessalement d'eau de mer produisant quelques mètres cubes d'eau douce par jour n'est pas à négliger. Dans ce cas la solution classique du « cracking » de l'eau après chauffage par effet joule et solaire ne semble pas économique ; une hélice balayant 100 m² pourrait dans de très bonnes conditions fournir l'énergie nécessaire pour évaporer 2 à 3 m³ d'eau par jour en moyenne. Il vaut mieux rechercher du côté des évaporateurs à dépression, encore peu développés. Ce domaine est un champ libre pour l'imagination des inventeurs.

Pour toutes ces utilisations domestiques ou communautaires, le souci primordial ne doit être ni la recherche du rendement, ni même de l'économie sur l'installation (à ce propos il faut réviser notre conception et prendre un taux d'actualisation très bas dans le cas où les décisions sont dictées par les résultats des modèles économiques actuels) ; le point important est d'avoir des machines rustiques (c'est-à-dire non sophistiquées, capables de fonctionner loin des villes et des techniciens en blouse blanche et cravate). Il s'agit de retrouver la technique machine agricole du début de ce siècle ; il faut demander aux ingénieurs de réviser leur idéal : la maîtrise d'une énergie concentrée et sophistiquée. Cela paraît facile au niveau des systèmes de stockage car ils sont encore peu développés. Du côté électrique, il faut reprendre les générateurs capables de fonctionner à vitesse très variable, du type de ceux qui équipent les automobiles. En matière d'aérogénérateurs, la France a une solide tradition dans la construction des machines à axe horizontal mais il n'est pas évident que les machines à axe vertical, mécaniquement plus solides, ne soient pas la solution, dans la mesure où l'on a su

(1) Une société française : « Le Chauffage Eolien » s'attache à montrer la crédibilité du système.

s'affranchir du mythe du profit par le rendement.

Comment l'architecture et l'habitat doivent-ils évoluer dans un ensemble éolien ? Les aérogénérateurs doivent être éloignés des obstacles qui dispersent l'énergie éolienne, ou tout au moins être placés à leur amont. Il faut donc soit placer les éoliennes en terrain dégagé dont les rugosités du sol (arbres, arbustes, haies) sont réduites, soit placer les éoliennes à quelques dizaines de mètres au-dessus du sol et des obstacles, songer à les installer sur les châteaux d'eau par exemple ; tout ceci peut orienter l'architecture vers la résurgence des tours, ou plutôt des donjons.

L'énergie éolienne ne s'accommode pas de la concentration urbaine ou même des villes ou villages de moyenne importance. En revanche elle devient crédible à l'échelle des hameaux. Quelques foyers groupés, chauffés avec de l'énergie de base éolienne peuvent être une solution d'avenir, sur les plateaux de faible altitude de la vallée du Rhône par exemple ; le mariage des énergies éolienne et solaire est envisageable dans ce cas.

En définitive, l'énergie éolienne ne verra son accomplissement que dans le cadre d'un habitat à très faible concentration et isolé.

René BONNEFILLE

Docteur ès-Sciences
Centre de Recherches EDF
de Chatou

ENERGIE EOLIENNE

PRINCIPAUX CONSTRUCTEURS

AEROWAT - 37, rue de Chanzy - 75011 (Tél. : 355.72.98)

HUMBLOT - 8, rue d'Alger - Coussey - 88300 NEUFCHATEAU (Tél. : (29) 94.09.09)

Etablissements PONCELET - BP n° 1 - 10380 PLANCY L'ABBAYE (Tél. : 25.37.40.15)

CEMA (Constructions Electro-Mécaniques et Agricoles)

37, rue du Maréchal Foch - 69220 BELLEVILLE/SAONE Tél. : 74.66.14.24

Constructions Electro-Mécaniques (ENAG) - Route de Pont-l'Abbé - 29000 QUIMPER (Tél. : 98.95.44.25)

Etablissements GENDRIER, rue du Maréchal Leclerc - 41130, GIEVRES (Tél. : 39.76.02.39)

PRINCIPAUX ORGANISMES FRANÇAIS S'OCCUPANT DE L'ENERGIE EOLIENNE

SERVICE TECHNIQUE DES PHARES ET BALISES

43, avenue du Président Wilson
75016 PARIS

ELECTRICITE DE FRANCE - Direction des Etudes et Recherches

6, quai Watier
78400 CHATOU

La Société LE CHAUFFAGE EOLIEN, René Montenay
22, avenue de Lamballe
75016 PARIS

EOLIENNES HUMBLOT

Spécialiste depuis trente-cinq années dans la construction des éoliennes de pompage avec possibilité de régler le débit pompé. Il propose aussi une éolienne tripale, diamètre 3,5 m entraînant un générateur 24 W, fournissant 100 W pour un vent de 2,5 m/s et 600 W pour 10 m/s.

Un nouveau modèle d'aérogénérateur « Ideolec » a été mis au point par ce constructeur en vue de la production d'électricité.

8, rue d'Alger à COUSSEY

88300 NEUFCHATEAU, France - Tél. (29) 94.09.09.