

# L'énergie électrique d'origine éolienne

## Point de vue

vendredi 26 novembre 2004, par [André Ducluzaux](#)

- **Source du document :**  
**Auteur :** André Ducluzaux

Ce texte est extrait de conférences sur l'énergie faites à Grenoble en 2004. Son auteur, André Ducluzaux, est ancien ingénieur dans la construction électrique et enseignant à l'ENS-IEG : "Conception et fonctionnement des réseaux électriques"

L'énergie électrique d'origine éolienne est parfois considérée comme la plus prometteuse des énergies renouvelables à développer pour remplacer le charbon, le pétrole, le gaz et même le nucléaire. Le bilan technico - économique, accessible à tous, présenté dans ce texte permet d'en juger en toute objectivité.

Tout procédé de transformation d'une forme d'énergie en une autre forme plus utilisable est complexe. Il doit intégrer une série d'avantages et d'inconvénients de nature différente, techniques, économiques et environnementaux. Il faut d'abord rappeler les particularités de la structure énergétique française :

Plus d'un tiers de l'énergie est consommée sous forme électrique (38%). Les énergies primaires produisant cette électricité sont environ pour 80% du thermique nucléaire, 15% de l'hydraulique, 5 % du thermique à flamme, charbon ou gaz.

Des comparaisons sont faites avec l'hydraulique, une énergie proche, issue du soleil comme le vent, très exploitée dès le début de l'ère industrielle, devenue l'une des importantes source d'énergie électrique.

A la suite de ce bilan, l'auteur l'interprète par quelques commentaires.

## Définition

Le nom d'éolienne a été donné au moteur transformant l'énergie cinétique acquise par l'air propulsé à une certaine vitesse par le vent, en énergie mécanique utilisable sur un arbre tournant.

Cette énergie mécanique était utilisée par les anciens moulins pour faire tourner la meule à moudre le grain ou autre denrée ou encore à pomper l'eau du sous-sol pour l'irrigation. Actuellement on transforme cette énergie mécanique en énergie électrique destinée à tous usages, l'éolienne électrique est parfois désignée sous le terme d'aérogénérateur.

## AVANTAGES

L'énergie primaire d'origine éolienne est

- ▶ gratuite - le vent,
  - ▶ renouvelable,
  - ▶ sans production de déchets.
  - ▶ En principe sans danger notable pour l'homme.
  - ▶ La fabrication des 3 éléments d'un aérogénérateur ne pose pas de problème technologique particulier : Le moteur, une hélice type aviation fait la transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique de rotation, énergie transformée en électricité dans un générateur asynchrone classique à vitesse assez lente, le tout étant installé sur un haut pylône métallique, fixé sur un lourd socle en béton.
- Le coût de fabrication est comparable à celui de générateurs hydrauliques de puissance équivalente Ces avantages certains sont aussi ceux de l'énergie hydraulique

## INCONVÉNIENTS

Par ordre d'importance décroissante.

## *DISPONIBILITÉ*

1) Faible : le vent n'est exploitable que 20 % du temps en moyenne. Les sources nombreuses situent ce chiffre entre 18% et 23% en France, 18.3 aux USA, 20,6 à 23 % au Danemark et 20% en Allemagne. En prenant une valeur optimiste de 25%, une éolienne produit donc son énergie nominale pendant 2200 heures par an ( sur 8760 h ). L'ADEME annonce 28%. L'énergie produite par une machine de puissance 1000 kW (kilowatt), soit 1 MW (méga ou million de watt), est de 2200 milliers de kWh, soit 2200 MWh.

L'éolienne est conçue pour produire sa puissance maximale pour une vitesse de vent de 50 km/h environ. Par vent faible, moins de 15 km/h et de plus de 90 km/h elle est stoppée.

2)- Très intermittente

Le vent souffle pendant des durées très variables.

3) Pratiquement imprévisible,

Le vent souffle n'importe quand : heure, jour, saison ; les prévisions météo de vent sont approximatives même à court terme.

Ces inconvénients, surtout cumulés, réduisent fortement l'intérêt de l'énergie électrique d'origine éolienne. Ceci explique que son exploitation, sous forme d'énergie mécanique depuis longtemps, n'ait été envisagée que récemment pour produire de l'électricité.

## *STOCKAGE*

Pour tout type d'énergie, surtout pour celles converties en électricité, le stockage est indispensable (sous forme primaire) pour répondre rapidement à la demande, naturellement très fluctuante. La disponibilité faible, intermittente et peu prévisible de l'énergie éolienne, pourrait être compensée par un stockage, même partiel.

1) Stockage direct d'énergie primaire

Le stockage du vent est impossible, contrairement à la plupart des autres formes d'énergies, même l'hydraulique se stocke partiellement.

2) Stockage indirect de l'énergie mécanique

L'énergie mécanique de l'éolienne peut actionner un compresseur. L'air comprimé produit se stocke facilement, se transporte à courte distance pour ensuite, soit faire tourner diverses machines, soit pour remplacer le compresseur d'air d'une turbine à gaz, accouplée à un générateur électrique. Ce stockage d'air comprimé est réalisé en Allemagne, dans une mine de sel.

Un stockage d'énergie analogue consiste à utiliser l'éolienne pour pomper de l'eau dans un réservoir supérieur, pour ensuite la récupérer avec une turbine hydraulique.

3) Stockage indirect de l'énergie électrique

L'énergie électrique n'étant pas stockable, on peut cependant la transformer en énergie électrochimique dans des accumulateurs, pour la retransformer ensuite en électricité. Ce stockage coûteux, n'est envisageable que pour des puissances faibles. On propose aussi de la stocker sous forme d'hydrogène, obtenu par électrolyse, utilisée ensuite, avec un faible rendement, dans des piles à combustible ou des moteurs thermiques

## **UTILISATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE D'ORIGINE ÉOLIENNE**

La disponibilité aléatoire de cette énergie est peu compatible avec la disponibilité permanente que tout utilisateur d'électricité exige.

1) utilisateur ou réseau indépendant - exemple une île.

L'éolienne ne produisant de l'électricité que 25% du temps au mieux, elle ne peut être qu'un complément d'une autre source principale fonctionnant les 3/4 du temps.

2) L'énergie de l'éolienne est transmise à un réseau puissant

On pense souvent qu'un réseau électrique, c'est comme un grand réservoir d'eau, qui se remplirait d'un côté par l'apport des centrales en service, se viderait de l'autre côté en envoyant l'énergie par lignes et câbles aux utilisateurs.

Cette image est malheureusement trop simpliste : à chaque instant (fraction de seconde) l'énergie électrique fournie au réseau par les dizaines de générateurs des centrales en service doit être strictement égale à l'énergie, fluctuante en permanence, consommée par des centaines de millions d'appareils, lampes, moteurs etc. L'électricité ne peut pas être stockée.

L'énergie électrique consommée en France varie dans le rapport 1 à 2 entre les moyennes d'été et d'hiver, dans le rapport 1 à 4 entre minuit au mois d'août et 6h du soir d'un mercredi de décembre.

Cet ajustement instantané

production/consommation se fait à la fois automatiquement et volontairement au dispatching central. Il implique la possibilité d'augmenter/diminuer le débit d'énergie des générateurs en service et de démarrer/stopper les générateurs disponibles, en réserve dans les centrales thermiques et hydrauliques. Or la disponibilité de l'éolienne est imprévisible ; lorsqu'elle va tourner l'été ou la nuit, cela réduira simplement la production des centrales en service, d'où économie de combustible. Mais au moment des pointes de consommation, lorsque l'on fait appel à toutes les disponibilités, on ne peut compter sur l'éolienne que par hasard.

Ce grave inconvénient pratique se répercute économiquement :

le kWh éolien ne vaut que le coût du combustible économisé, qui aurait été consommé par le générateur qu'il remplace temporairement.

A noter qu'une autre énergie à production intermittente, le solaire, présente cet inconvénient, mais bien plus atténué. La durée nuit/jour est prévisible, la couverture nuageuse d'une région l'est aussi, à court terme, par la météo.

## **RENTABILITÉ**

Pour tout générateur d'électricité, il doit y avoir équilibre entre le total des charges fixes et charges variables de fonctionnement, le revenu de la vente des kWh d'autre part.

Les charges fixes d'un générateur d'énergie sont :

- ▶ L'amortissement du capital investi et l'intérêt des emprunts contractés. Il dépend de la durée d'amortissement envisagée, 15, 20 ou 30 ans.
- ▶ Les frais d'exploitation : maintenance, réparations, charges et impôts.

Les charges variables, le combustible - nul pour l'éolienne, comme l'hydraulique.

Les données connues sur l'investissement sont rares :

- ▶ 1,3 à 1,5 M\$ par MW en Californie. En France, 1,3M€MW pour 5 éolienne (3 MW) à Donzère en 1999 - 1M€MW pour 10 MW, estimé par ADEME et EDF.

De même pour les frais d'exploitation. Seul chiffre trouvé : 1,5 à 2% de l'investissement par an d'après l'Ademe.

Beaucoup d'éoliennes sont installées par des sociétés qui prennent tout en charge, avec un contrat de 15 ans : l'investissement (avec les subventions afférentes), les frais d'exploitation, elles encaissent les revenus de la vente des kWh.

Le revenu est constitué de la vente du kWh. Il est difficile de connaître le coût réel (hors subventions) du kWh éolien. La fourchette 0,06 à 0,07 € en serait l'ordre de grandeur. C'est un coût de production, au point de raccordement avec le réseau. Il est à comparer avec le coût "moyen" de production du kWh thermique (en France) soit 0,032 € pour le nucléaire - 0,04 € pour le charbon - 0,05 ou plus pour le fioul, le consommateur ordinaire le payant 0,105 € T.T.C.

A noter qu'il s'agit d'un coût très "moyen", variable suivant que la centrale tourne 2000, 4000, 6000 h ou plus par an. En effet, plus la part du combustible est faible dans le coût du kWh, avec des frais d'amortissement élevés, plus ce coût va croître lorsque la centrale tourne peu, les frais fixes constants étant répartis sur moins de kWh.

La part du combustible dans le coût du kWh est d'environ 60 % pour le fioul, 35% pour le charbon, 10 à 15 % pour le nucléaire (moins cher à l'étranger où il n'est pas retraité, mais avec surcoût de déchets plus importants) Le seul acheteur possible est le réseau national EDF, l'Etat lui impose le rachat du kWh éolien à 0,084 € pendant 5 ans puis dégressif, avec une moyenne de 0,073 € pendant 15 ans. Ces conditions sont variables.

On peut comparer ce prix au coût du kWh nucléaire, 0,032€ soit plus du double. Mais en réalité, il a été montré ci dessus que le kWh éolien devrait être racheté au prix du seul combustible économisé dans la centrale qu'il remplace partiellement, soit 0 si c'est de l'hydraulique, environ 0,005 € si c'est du nucléaire, 0,014€ si c'est du charbon, plus si c'est du fuel. Avec les chiffres précédents, ce surcoût de rachat se monte à 14,6 fois le prix réel pour le nucléaire, à 5 fois pour le charbon. L'opérateur du réseau de distribution, EDF en France, répercute alors ce surcoût de l'éolien sur le prix du kWh facturé aux consommateurs.

## **ENVIRONNEMENT**

Les éoliennes font un peu de bruit, gênant pour des habitations trop proches, mais on critique surtout leur aspect inesthétique, s'intégrant mal dans le paysage. Il faut reconnaître qu'une éolienne de 1 MW est aussi "polluante" visuellement qu'un pylône haute tension transitant 1000 MW.

Certains estiment qu'une éolienne c'est beau, deux ou trois encore, mais 10 ou plus, non !

Impossible de les cacher, il faut qu'elles soient au contraire sur des sommets ou des couloirs ventés. Ce problème est accentué par la nature trop diffuse de l'énergie éolienne.

## **ÉNERGIE DIFFUSE**

Sur les plans pratique et coût, on sait qu'on a toujours intérêt à concentrer la fabrication d'un produit dans une usine d'une taille suffisante, plutôt que dans de multiples petites unités dispersées. Ce qu'on appelle le "facteur d'échelle". La puissance unitaire des éoliennes s'accroît favorablement, actuellement 1 MW est atteint et 1,5 MW prochainement.

\_ Une éolienne de 3 MW tourne à Hawaii

Pour l'énergie éolienne, le vent est naturellement diffus ; la nature l'a un peu concentré dans certains sites (effet Venturi) tels que la vallée du Rhône, les pointes Nord et Sud de la Corse. D'où de nombreuses unités dispersées sur de larges espaces, entraînant des coûts plus élevés d'entretien et de lignes MT, elles mêmes sensibles aux tempêtes. La mise sous câbles enterrés en double le prix.

Ces machines doivent être espacées d'environ 200 m, aussi la surface utilisée par le MW éolien est donc très importante par rapport à celle occupée pour toutes les autres énergies, sauf le solaire. Par comparaison, la nature a beaucoup favorisé l'hydraulique, énergie proche de l'éolien. En effet, recueillir la pluie, aussi diffuse que le vent, serait difficile si les ruisseaux, rivières et fleuves ne se chargeaient de concentrer cette énergie. L'homme n'a plus qu'à y placer judicieusement ses turbines. En 1890, Dupré, un précurseur oublié, envisageait d'énormes entonnoirs, concentrateurs de vent, pour actionner des moulins à vent électriques dans la vallée de l'Isère.

## **LOCALISATION**

Comme pour l'hydraulique, les sites exploitables pour l'éolien ne sont pas répartis uniformément sur le territoire, d'où des coûts d'installation des lignes de transport plus leurs pertes d'énergie. L'optimum économique serait que chaque région soit à peu près autonome en production/consommation d'électricité.

Les sites éoliens intéressants sont d'abord la façade ouest des côtes de la Manche et de l'Atlantique soumises aux vents d'Ouest forts et dominants. De même la vallée du Rhône avec le Mistral et le Sud Ouest soumis à la Tramontane.

Il en résulterait des concentrations de milliers d'éoliennes dans des zones restreintes, d'où des difficultés ou impossibilités si ces zones ont une forte densité de population. L'installation en mer peut être envisagée si le plateau littoral est peu profond, cas peu fréquent sur nos côtes, sinon en baie de Seine.

## **RECHERCHES d'améliorations**

Souvent on suggère que l'on développe des recherches dans les énergies dites nouvelles ou renouvelables, dont fait partie l'éolienne.

Sur la partie moteur, c'est à dire le transformateur d'énergie cinétique du vent en énergie mécanique de rotation, la solution de l'hélice d'avion ou d'hélico à axe horizontal, avec 2 ou 3 pales, reste la solution générale. Des recherches ont été engagées par le CENG (Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble) vers 1990 sur des moteurs à axe vertical du genre Darrieus. Ce type a l'avantage de ne pas avoir besoin d'être orienté automatiquement dans le sens du vent, mais l'inconvénient de ne pas démarrer seul.

La vitesse de rotation constante est augmentée par une boîte de vitesse pour entraîner le générateur électrique asynchrone en général, piloté en fréquence par le réseau s'il est puissant.

Le pylone métallique, qui doit être très solide pour résister aux tempêtes, est classique.

Les automatismes de contrôle et protections de l'énergie électrique : démarrage, arrêt, connexion au réseau sont traités en électronique classique.

Il n'y a donc pas d'amélioration des performances ou de réduction de coût sensibles à attendre de recherches.

Ce genre de fabrication ne pouvant être automatisée, on ne peut pas espérer une diminution de prix notable par augmentation des séries. Aucune recherche ne peut malheureusement améliorer le principal handicap de l'éolienne, sa disponibilité faible, intermittente, imprévisible, cumulée avec l'impossibilité de stocker son énergie primaire, le vent.

## COMMENTAIRES SUR L'INTÉRÊT DE L'ÉOLIENNE

A partir des données ci-dessus, on peut tirer des conclusions globales sur l'intérêt de cette énergie, dans le cas français en particulier.

1) La principale question soulevée est :

Peut-on remplacer totalement ou en partie les centrales thermiques existantes, nucléaires en France, charbon ou fioul en Allemagne et autres pays ?

La réponse est claire, c'est quasi impossible, même partiellement, ces centrales restent indispensables pour fournir l'électricité les 4/5 du temps où le vent ne souffle pas.

Il faudrait théoriquement 4000 éoliennes (disponibilité 0,2) de 1 MW pour remplacer en puissance un groupe de 1000 MVA de centrale thermique, à flamme ou nucléaire (disponibilité 0,8 à 0,85), mais encore à condition qu'elles soient sur des sites éloignés, pour qu'au moins 1/4 d'entre elles soient ventées. Lorsque la France est sous un vaste anticyclone d'été ou d'hiver, il n'y a de vent nulle part. Le réseau électrique européen étant interconnecté, il faudrait que si le vent ne souffle pas en Mer du Nord, les éoliennes espagnoles ou du midi de la France envoient leur énergie en Allemagne, moyennant des pertes de transport.

La démonstration de cette impossibilité est faite en Allemagne, premier pays pour le nombre d'éoliennes : les 12 000 MW installés en 2003, 15 000 MW fin 2004, n'ont pas encore permis de supprimer une seule centrale de 1000 MW, soit au charbon, polluant, soit l'une des 19 centrales nucléaires à démolir avant 2020 pour raison politique ; il ne reste plus que 15 ans pour trouver une autre solution.

Les Suédois avaient eux aussi décidé, par référendum en 1986 après le traumatisme de Tchernobyl, la fermeture de leurs 12 centrales nucléaires d'ici 20 ans. L'énergie hydraulique abondante dans le grand Nord, transportée sous très haute tension, résoud partiellement le problème. L'éolienne n'a pas été envisagée. Seuls les deux anciens réacteurs de Barsebäck d'une puissance moyenne (600 MW), peu rentables, ont été arrêtés.

“...Ces évaluations montrent que l'énergie éolienne, même développée au maximum indépendamment de considérations économiques, ne peut remplacer l'énergie nucléaire installée actuellement en France”, ainsi se termine le livre de B. et R. Belbéoc'h - Sortir du nucléaire ... avant la catastrophe p.147- ed. L'esprit frappeur .

Ce groupe propose alors le remplacement des centrales nucléaires par des centrales à charbon.

2) Une deuxième question est la possibilité, lorsque le vent souffle, de remplacer partiellement les KWh produits par une centrale thermique à flamme ou nucléaire, réalisant ainsi une économie de combustible et surtout une réduction de pollution.

C'est un avantage dans les pays charbonniers comme l'Allemagne, Danemark, GB ou utilisant le fioul comme l'Italie et l'Espagne, car le combustible est cher et polluant (effet de serre du CO<sub>2</sub>, soufre etc.).

Dans les pays utilisant en majorité le nucléaire associé à l'hydraulique (France, Suisse, Canada, Suède), la production d'électricité produit très peu de CO<sub>2</sub>.

La part du coût du combustible nucléaire dans le coût total du kWh étant faible (10 à 15%), l'intérêt économique est très réduit. Financièrement, cela revient même à une augmentation du coût moyen pour le kWh nucléaire : si la centrale en produit moins, le coût moyen du kWh croît, les charges fixes d'amortissement étant élevées

Économiser du combustible nucléaire a néanmoins l'intérêt de réduire faiblement le volume de déchets. En supposant que l'éolien fournisse 1% de l'énergie nucléaire française avec 15000 MW d'éoliennes, cela ferait environ 2,7 m3/an en moins de déchets à vie longue, à enterrer. En France, EDF est obligé par son unique actionnaire l'Etat, pour l'instant, de racheter le kWh éolien à un prix très élevé, 14 fois plus cher que l'économie de combustible qu'il réalise. En plus, cette énergie lui est envoyée d'une façon aléatoire, soit à des moments où cela ne l'intéresse pas, l'été, alors qu'une bonne partie des centrales sont arrêtées faute de consommation, soit au hasard quand c'est rentable, au moment des pointes de consommation.

Ce déficit, EDF le fait payer au consommateur par une taxe " de service public " signalée au dos de la facture de chacun ; elle s'ajoute au prix du kWh, 4 % depuis 2003, portée à 5,8% en 2004. Cette taxe compense essentiellement le déficit de 1 milliard d'€ du rachat à perte des kWh éoliens, encore faibles. Les Danois et les Allemands, ayant beaucoup plus d'éoliennes, ont une augmentation plus forte, mais ils l'acceptent contre une pollution moindre en CO2 et une suppression espérée de leurs centrales nucléaires. Le kWh public de 0,105 € + 5,8% pour le Français est déjà à 0,17 € pour l'Allemand et 0,19 € pour le Danois.

3) La localisation des sites favorables n'est pas uniforme sur le territoire, les côtes ouest et le sud-ouest sont bien ventées. D'où des concentrations locales mal acceptées.

L'optimum au point de vue de la diminution des longueurs de lignes et de leur pertes est que chaque région ait un bilan production/consommation équilibré. Il serait équitable que les régions ayant un tel bilan paient moins cher leur kWh. Les gouvernements ne l'ont pas accepté, pour l'instant.

Un cas typique est celui de la Bretagne, sous équipée en production électrique. Elle a refusé l'installation d'une centrale nucléaire à Plogoff, acceptera-t-elle d'installer une éolienne tous les 200 m sur 4 rangées en profondeur, le long de ses 500 km de côtes bien ventées ? Ces quelques 10 000 éoliennes seraient, l'équivalent approximatif de cette centrale qui aurait occupé 2 km de côte.

4) Forte rentabilité artificielle

Il a été précisé que pour être rentable, le kWh éolien devrait être vendu au double du kWh nucléaire. Or il l'est 2,6 fois plus, la rentabilité est donc bien assurée.

Mais à cette subvention, payée par le consommateur, s'ajoutent les subventions de l'Etat, de l'Europe, des collectivités territoriales pour aider l'investissement jusqu'à 30%. Le raccordement des lignes souvent longues peut être aussi subventionné sur le budget d'électrification rurale

La C.R.E. (Commission indépendante de régulation de l'Electricité) considère cette situation comme une rente injustifiée.

On assiste alors depuis quelques années à un véritable rush de sociétés spécialisées pour installer et gérer les éoliennes, en alléchant les maires avec des taxes professionnelles et les propriétaires de terrains avec des loyers somptueux par rapport au maigre rendement de la terre.

Un gros céréalier de Champagne a installé une éolienne, ayant découvert que c'était plus rentable que le blé, parce que mieux subventionné (Libération 4/09/02).

5) La position de l'EDF

Elle s'affiche favorable à ce mouvement, qui ne la gêne pas dans la mesure où cela ne dégrade pas sa propre rentabilité. L'entreprise sait bien qu'il est difficile de faire entendre raison aux lobbies qui promettent de sauver la planète avec du vent, bien relayés par certains médias cultivant le catastrophisme ambiant.

Pourtant EDF ne s'y engage pas directement, elle le fait par sociétés interposées dont elle prend une participation. Ainsi pour la CIIF Energies dont elle possède 35% du capital, bientôt peut être 50 %. L'éolienne étant, pour quelques temps (?), une activité artificiellement très bénéficiaire grâce à l'argent public, il est normal que cet argent revienne partiellement à une société d'état. Nota : Ces appréciations sont personnelles, l'auteur n'ayant pas d'information particulière d'EDF

## 6) Projets français

Un premier projet de 1997, soutenu par l'Etat et les régions, EOLE 2005, consistait à installer 250 à 500 MW d'éoliennes d'ici 2005. L'objectif sera tenu, environ 300 MW seront installés fin 2004. Avec cette puissance assez modeste, la finalité était beaucoup plus "d'être dans le vent" que d'utilité réelle.

En interprétant le protocole de Kyoto pour une réduction de la production de CO<sub>2</sub>, une directive européenne recommande de porter de 13,9 à 22,1% la part des énergies renouvelables dans la production électrique totale de l'union européenne entre 2001 et 2010. Chaque pays participe indépendamment à cet effort.

Ayant installé peu d'éoliennes, la France est souvent présentée à la traîne dans l'Europe.

Il ne faut pas confondre objectif, moyen et finalité : Elle est déjà à 15% avec l'hydraulique ; l'Allemagne, tête du peloton en éolien, n'est encore qu'à 7% en 2003, le Danemark à 10%.

Mais la finalité de cette directive est la réduction de l'émission de CO<sub>2</sub>. Sur ce point, le nucléaire nous permet d'être presque tête du peloton, juste après la Suède, avec 74g par watt produit, l'Allemagne étant à 490 g/W et le Danemark à 336 g/W (AIE 2000)

Certains estiment qu'on devrait aussi compter dans les énergies renouvelables et sans effet de serre, le surgénérateur nucléaire, lequel utilise de l'énergie plus que renouvelable, puisqu'il produit plus de combustible qu'il n'en consomme. Le prototype à échelle industrielle Superphénix, 600 MW à mi-régime, a été arrêté pour raison électorale ; mais le prototype précédent à l'échelle 1/5, Phénix à Marcoule a fêté son 30<sup>ème</sup> anniversaire et produit encore 150 MW, soit environ l'équivalent de 600 éoliennes de 1 MW.

Les choix énergétiques français s'avèrent, 30 ans plus tard, finalement meilleurs que prévus en 1974, époque où l'effet de serre et la pollution atmosphérique étaient totalement ignorés.

### **En conclusion**

Malgré de bons atouts, l'énergie électrique d'origine éolienne subit un très lourd handicap avec sa disponibilité trop réduite et aléatoire de 20%, qui lui interdit de devenir une énergie de base, même marginale en volume. Ceci se répercute sur sa rentabilité, critique hors subventions.

Elle ne peut remplacer une quelconque centrale actuelle.

Réduite au rôle d'appoint, elle ne peut ainsi qu'économiser par intermittence le combustible des énergies traditionnelles de base, sans pouvoir s'y substituer durablement.

Pour les trois énergies primaires, charbon, pétrole et gaz cette économie de combustible est financière, mais surtout un avantage notable par la réduction de pollution atmosphérique, surtout le CO<sub>2</sub> à effet de serre (Allemagne, GB, Italie, Espagne, Danemark)

Pour le nucléaire, l'économie financière est très faible, de plus l'effet de serre est nul, comme pour l'hydraulique dont le coût du combustible est nul. (France, Suède, Suisse, Canada)

Ainsi l'énergie électrique d'origine éolienne n'a pas d'intérêt comme appoint au réseau général français. Elle est par contre judicieuse dans des cas particuliers tels les îles : Corse, Dom - Tom, alimentées par des centrales à diesel.

Son développement basé sur des subventions, pouvait se justifier au départ, mais il entraîne ensuite des effets pervers, déjà perceptibles ; de plus il détourne des capitaux croissants qui, pour le cas français, seraient beaucoup plus efficacement utilisés pour d'autres développements énergétiques à moyen terme : pile à combustible ("réservoir d'électricité" pour auto), solaire photoélectrique etc.

Dans les années 2020/2030, le début de la fin du pétrole, l'énergie éolienne retrouvera nombre d'utilisations dans son point fort, la production d'énergie mécanique, avec stockage sous forme d'air comprimé, un bon vecteur d'énergie oublié. Sous forme électrique, c'est une solution dans les cas particuliers de petits réseaux isolés, ou pour son stockage sous forme d'hydrogène.

Nota

- ▶ Pour mettre ce document à la portée de tous, les aspects techniques ont été simplifiés. Les données chiffrées sont des ordres de grandeur, compte tenu des différences entre sources.
- ▶ La puissance d'un groupe de centrale thermique a été pris à 1000 MW, alors qu'en nucléaire français les 34 premiers étaient de 900 MW, les 20 suivants de 1300 MW et les 4 récents de 1450 MW. De même, la puissance des éoliennes a été prise à 1 MW, les premières étaient à 300 kW, puis 600 kW, maintenant 1,5 MW.
- ▶ Des erreurs sont possibles, merci d'en informer l'auteur.
- ▶ Pour en savoir plus : nombreux sites internet - mot clé : éolienne, ademe, edf.

### **Post scriptum**

L'auteur a bien conscience que ces conclusions, pourtant basées sur des faits et chiffres peu contestables, sont difficiles à admettre par nombre de personnes, groupes et médias emportés par l'enthousiasme naïf d'avoir enfin découvert avec l'éolienne, une solution d'avenir pour produire de l'électricité dite "propre", une alternative aux énergies fossiles ou nucléaire.

Ceci résulte peut-être d'une dégradation progressive de la qualité de l'information technique avec l'augmentation du nombre des médias soucieux de la propager, trop souvent sans grande compétence, l'internet y contribuant pour une part. L'informateur consciencieux, évitant le copier - coller, cherchant à vérifier ses sources, est alors influencé par le nombre élevé de sources répétant malheureusement la même erreur : si tout le monde le dit, cela doit être vrai !

La plus grave pollution de notre monde ne serait pas le CO2, mais alors celle des esprits par l'information ? Les écologistes devraient s'en préoccuper aussi.