

CONTRE DES ÉOLIENNES INDUSTRIELLES SUR NOS MONTAGNES
POUR UNE POLITIQUE DÉMOCRATIQUE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

DOSSIER DES QUATRE-VIOS n°1

LE VENT, LES ÉOLIENNES ET L'ÉLECTRICITÉ : LIMITES ET CONTRADICTIONS

(Analyse technique et critique en réponse à Polénergie, à l'A.D.E.M.E . et à quelques autres)

I – Une source miraculeuse d'énergie ?

II – L'éolienne et le vent : un couple mal assorti.

A/ Sur le "rendement de 90%".

B/ Sur la distinction temps de fonctionnement/rendement.

III – Tendances et contradictions de la technologie éolienne.

A/ La puissance du vent est proportionnelle au cube de sa vitesse.

B/ Le vent est une énergie extensive.

C/ Retour sur l'intermittence du vent.

IV – Contradictions des politiques éoliennes.

A/ Le cas de la France.

B/ Le cas du Danemark.

V – Dix conclusions.

I - UNE SOURCE MIRACULEUSE D'ÉNERGIE ?

On trouve dans le supplément à *la Feuille de Polénergie*, n°16 (septembre 2003), un éloge vibrant de l'efficacité technique de la production éolienne d'électricité. Elle n'est, lit-on, pas seulement propre (sans gaz à effet de serre ni déchets) et de moins en moins coûteuse grâce aux progrès technologiques (à terme elle pourra devenir bon marché comme l'énergie nucléaire). Elle est aussi une énergie techniquement en pointe : son rendement énergétique de 90 % est bien supérieur au médiocre rendement du nucléaire (35%). Et, en conséquence, une éolienne "rembourse" beaucoup plus vite qu'un réacteur nucléaire l'énergie nécessaire à sa construction et à sa maintenance, constituant en définitive "le système de production électrique le plus performant".

Cet éloge *technique* de l'électricité éolienne est formulé par Polénergie au moment même où cette Association engage une révision sans doute déchirante de son orientation en matière éolienne ; contre les parcs d'éoliennes industrielles qu'elle promouvait il y a encore peu (et qu'elle s'est engagée à promouvoir dans des réunions déjà programmées !) elle prône maintenant l'éolien "à taille humaine" : une éolienne par village. Virage que nous analysons ailleurs pour lui-même (voir notre historique de Polénergie).

Restreindre l'éloge des éoliennes à leur supposée supériorité technique clarifie déjà grandement le débat : fini l'éloge des parcs d'éoliennes qui concourent à l'humanisation des paysages ; fini l'aveuglement ou le silence sur le fait que pour longtemps encore l'éolien industriel ne peut vivre que de subventions directes ou indirectes qui profitent pour l'essentiel ... aux actionnaires des entreprises "porteuses de projet".

Mais comment concilier le si fort *rendement* énergétique affiché (90%) avec une si faible *rentabilité* économique, c'est-à-dire avec un si fort prix de revient du KWh, celui qui "nécessite" les subventions ?

C'est qu'en moyenne les éoliennes ne fonctionnent qu'environ 1/3 du temps, ce qui multiplie le prix de revient du KWh par 3. Mais, explique Hubert ROUSSEL dans une note, il ne faut pas confondre rendement et durée de fonctionnement : un réacteur nucléaire fonctionne 90% du temps mais avec un rendement de 35 % ; tandis qu'une éolienne ne fonctionne que 33% du temps [en réalité moins que cela nous y reviendrons] mais avec un rendement de 90%. Égalité globale des produits temps x rendement : $90\% \times 35\% \neq 33\% \times 90\%$. Et de cette égalité l'éolien sort vainqueur parce qu'il est, lui et lui seul, propre, sans danger, économe en consommation d'énergie et indéfiniment renouvelable (comme le vent lui-même), tandis que le nucléaire est polluant, dangereux, gaspilleur d'énergie et dépendant des ressources (finies) en uranium. De sorte qu'avant de devenir, plus tard, l'énergie la moins chère, l'énergie éolienne est bien *déjà* "la plus performante".

Cet éloge technique général de l'éolien était déjà formulé par l'A.D.E.M.E. qui, dans ses fiches techniques "Éoliennes et aspects économiques" et "Éoliennes et contexte énergétique", concluait de ses vertus générales à l'éloge des parcs éoliens industriels. H. Roussel conclut, lui, de l'éloge général à l'éloge ... des éoliennes de village d'environ 250 KW de puissance. Car cette production décentralisée proche des lieux de consommation rompt, dit-il, avec "la centralisation archaïque qui concentre d'énormes risques sur certains sites et entraîne un système de distribution complexe, fragile, générateur de nuisances et de pertes". Et il appuie son propos sur un petit calcul comptable : moyennant un endettement raisonnable, même une petite commune de 450 habitants peut se fournir en électricité (du moins hors chauffage).

Faut-il comprendre qu'ainsi et enfin l'éolien aurait trouvé sa véritable voie d'avenir, une fois libéré de ceux qui jusqu'ici ont masqué sa vertu technique (les lobbies pétrolier et /ou nucléaire) ou l'ont accaparée dans une attitude prédatrice (les "groupes financiers internationaux" porteurs de projet, à l'affût des subventions et risquant d'engendrer une "colonisation de notre espace de vie") ?

A vrai dire les promoteurs de l'éolien industriel pourraient répondre, en s'appuyant sur les arguments de l'A.D.E.M.E., que les subventions actuellement nécessaires ne le seront bientôt plus et qu'à terme la supériorité technique de *tout* éolien (petit ou gros) s'imposera.

Le citoyen critique, lui, veut d'abord être sûr de comprendre. Comment expliquer cette rupture d'alliance ? Et qu'en est-il, d'abord, de cette valeur technique (hors questions environnementales et économiques) de la production éolienne d'électricité ?

II - L'ÉOLIENNE ET LE VENT : UN COUPLE MAL ASSORTI

D'un côté un rendement de 90% et une matière première inépuisable (le vent). De l'autre un rendement de 35% et une matière première limitée (l'uranium). L'avantage technique de l'éolienne sur le réacteur nucléaire paraît sans appel. Et il semble rendre légitime le projet de sortir du nucléaire grâce, en particulier, à l'éolien.

Mais, en réalité, la "comparaison" nucléaire – éolien est deux fois confuse.

A/ Sur le "rendement de 90%"

Le rendement d'une machine est défini par le rapport $\frac{\text{énergie qu'elle produit}}{\text{énergie qu'elle consomme}}$. Mais il y a machine et ma-

chine. Comme toute machine thermodynamique (machine à vapeur, moteur à explosion...) un réacteur nucléaire produit d'abord (ou suscite d'abord) une énergie qu'ensuite il transforme (en la consommant) en une autre énergie. Selon le schéma : réaction nucléaire – chaleur – vapeur – mouvement des turbines génératrices d'électricité. Tandis que, comme la bicyclette ou la machine à coudre, l'éolienne ne fait que transformer une énergie qui lui vient de l'extérieur : effort musculaire du cycliste, effort musculaire de la couturière ou énergie électrique du secteur ; ici la force extérieure est celle du vent. D'un côté donc des machines *automotrices* et *transformatrices*, de l'autre des machines seulement *transformatrices*, ou *captatrices*.

Dans le cas du réacteur nucléaire (comme dans le cas de toute machine thermodynamique) les deux termes du rapport qui définit le rendement sont clairs : l'énergie consommée est celle de la réaction nucléaire, l'énergie produite est l'énergie engendrée par les turbines ; et ces deux éléments sont *internes* à la "machine" ou au système que constitue la centrale nucléaire. Dans le cas de l'éolienne l'énergie produite est elle aussi engendrée par la turbine. Mais quelle est l'énergie consommée ? A la lettre il s'agit de l'énergie *captée* sur le vent, c'est-à-dire celle qui correspond à la rotation des pales : en mécanique une force est définie par ses effets, et ici l'effet de la force du vent est la rotation des pales.

Ainsi considérée la machine éolienne comporte peu de déperditions : seulement celles qui sont liées à l'entraînement de la turbine par les pales. Quant au vent lui-même, il est, dans cette analyse, extérieur au système et il ne "coûte" rien, ni économiquement ni techniquement (il n'y a rien à faire pour susciter ou déclencher le vent : on le *trouve*, il est *donné*).

Mais le vent n'agit pas sur les pales comme le pied d'un cycliste sur la pédale du vélo. Le vent est un *fluide* qui ici agit sur un solide (la pale), ce qui a au moins trois conséquences. 1/ Dans cette mise en mouvement se produisent des tourbillons qui *dévient* des particules du fluide et les font *revenir* freiner celles qui les suivent, ce qui réduit deux fois l'action du fluide sur le solide : caractéristique commune aux moulins à vent et aux moulins à eau. 2/ En outre l'air est un fluide plus fluide que l'eau, de sorte que l'entraînement du solide y est moins aisé que dans l'eau : c'est ce qui explique les recherches actuelles en Angleterre – embouchure de la Severn - sur des turbines marémotrices à pales, ou hydroliennes, de rendement cinq fois supérieur aux éoliennes. 3/ Enfin l'éolienne transforme par l'intermédiaire des pales le mouvement linéaire du vent en un mouvement de rotation dans un plan perpendiculaire à l'axe de ce mouvement linéaire : c'est le principe de l'hélice (par différence avec la roue à aubes du moulin à eau).

Ces spécificités du captage éolien ont comme effet qu'une partie seulement de la force du vent passe dans le mouvement des pales. Il faut donc distinguer l'énergie captée (celle de la rotation des pales) et l'énergie captable (celle du vent moteur). Et l'équivalent correct d'une machine thermodynamique *automotrice* est pour une machine seulement *transformatrice* l'ensemble machine + moteur extérieur ; ici éolienne + vent. Le rendement de l'éolienne en elle-même $\frac{\text{énergie électrique produite}}{\text{énergie captée}}$ doit donc être combiné avec le rapport $\frac{\text{énergie captée}}{\text{énergie captable}}$ pour définir le

rendement électrique de l'ensemble, soit $\frac{\text{énergie électrique produite}}{\text{énergie captable}}$. Le physicien allemand Albert BETZ a montré

en 1926 (dans son petit traité *Wind-Energie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen*, rééd. Ökobuch Verlag) que ce rapport ne peut dépasser en moyenne 59%. En moyenne car le taux de déperdition s'accroît avec la vitesse du vent et des pales. Et, dans la réalité, on est loin de cette valeur optimale. Comme le disent l'A.D.E.M.E. et l'Observ'ER eux-mêmes, dans *les Eoliennes en 50 questions et réponses (50 QR)*, Q11, ce sont environ 30% de l'énergie du vent qui sont transformés en électricité. De sorte que le rendement éolien est en réalité inférieur au rendement nucléaire (35%). Et il faut noter que les futures générations de réacteurs nucléaires auront des rendements améliorés (55% prévus pour l'E.P.R., sans parler de la "quatrième génération" ou "surgénérateur").

On peut alors y voir clair en outre dans les affirmations confuses de l'A.D.E.M.E. et surtout de Polénergie. Dire qu'une éolienne "rembourse" en quelques mois l'énergie nécessaire à sa fabrication, sa maintenance et son démantèlement accumule les ambiguïtés : s'il s'agit d'un "bilan énergétique" il ne concerne pas la dépense du vent ni l'importance de la quantité d'énergie produite ; s'il s'agit d'un bilan économique, il est tout à fait faux aujourd'hui vu le coût de production élevé de l'électricité éolienne. Dans tous les cas donc les comparaisons en défaveur du nucléaire par exemple sont fausses.

B/ Sur la distinction temps de fonctionnement/rendement.

Revenons sur la comparaison proposée par H. ROUSSEL : une centrale nucléaire peut fonctionner 90% du temps mais avec un rendement de 35%. Tandis qu'une éolienne ne produit qu'un tiers (ou un quart ? voir plus bas) du temps mais avec un rendement de 90%, rendement qui lorsque l'éolienne fonctionne compense en quelque sorte

l'intermittence du temps ; tandis qu'à l'inverse le rendement du réacteur amoindrit la quasi continuité de son fonctionnement.

Mais ce calcul suggéré joue sur les mots. Soit on parle de rendement, et, comme nous l'avons montré, celui de l'éolien n'est pas plus fort que celui du nucléaire. Soit on parle de puissance, et celle du nucléaire est bien plus forte que celle de l'éolien. Soit on parle de la production énergétique (puissance x temps de fonctionnement) et celle du nucléaire, qui fonctionne en continu, en outre, est beaucoup plus forte que celle de l'éolien, intermittent en outre.

Et parler de performance, en multipliant le rendement par le temps, comme le propose H. ROUSSEL, est inutile, voire confus.

Si maintenant cessant de jouer sur les mots et les calculs on considère ensemble les deux mises au point A et B ci-dessus il apparaît que le couple éolienne – vent est un couple mal assorti où chacun des deux termes limite les effets de l'autre. L'éolienne limite considérablement (par son faible rendement énergétique) les effets du vent, et le vent limite considérablement (par son intermittence) la production électrique dont est capable l'éolienne. Ce qui va nous permettre maintenant de bien cerner l'incapacité de l'éolien à devenir une source d'énergie majeure.

On souligne souvent, à juste titre, que la puissance des éoliennes s'est considérablement accrue depuis vingt ou vingt-cinq ans. De 25 KW environ en 1980 on est passé aujourd'hui à une puissance de 1 à 2 MW (1 MW = 1000 KW). Et des recherches sont conduites au Danemark pour atteindre une puissance de 8 à 12 MW.

Mais cette amélioration spectaculaire doit être ramenée à sa juste proportion. La puissance moyenne d'un réacteur nucléaire (il y en a 58 en France, sur 20 sites) est de 1000 MW. De sorte que même sans tenir compte de l'intermittence du vent il faudrait 1000 éoliennes de 1 MW pour remplacer un réacteur nucléaire et 58 000 éoliennes (soit environ 580 par département en moyenne !) pour remplacer le parc nucléaire. Si maintenant on tient compte de l'intermittence du vent (1/4 seulement du temps utile selon l'A.D.E.M.E., fiche "Éoliennes et aspects économiques") ce serait $580 \times 4 = 2320$ éoliennes d'1 MW qui seraient nécessaires par département ! Vision d'enfer qui ne serait que tempérée par le passage à des méga-éoliennes de 12 MW (200 m de haut – la tour Montparnasse ! – et pales de plus de 50 m) : il faudrait encore 20 000 de ces monstres sur le territoire, soit 200 par département.

Sortir du nucléaire par l'éolien n'est donc qu'une rêverie ou une plaisanterie. L'éolien ne peut être qu'une énergie d'appoint. L'A.D.E.M.E. elle-même, citant le modèle danois (sur lequel nous reviendrons) évoque 20% d'électricité éolienne, soit plus de trois fois l'objectif de 6% aujourd'hui fixé pour 2010 : il faudrait déjà alors environ 400 éoliennes d'1 MW par département !

Mais dans quelle mesure l'éolien peut-il même assurer cette éventuelle fonction d'appoint ? C'est ce qu'il faut examiner maintenant.

III - TENDANCES ET CONTRADICTIONS DE LA TECHNOLOGIE ÉOLIENNE.

Comment améliorer le rendement des éoliennes ? Et comment compenser l'intermittence du temps ? Comme à celle-ci on ne peut rien, la voie du progrès se situe du côté de l'amélioration des éoliennes. Mais pour cerner les tendances de cette amélioration il faut prendre en compte deux autres caractères du vent qui pour la technologie sont de nouveaux obstacles ou des points d'appui ou les deux à la fois : la force du vent est proportionnelle au cube de sa vitesse ; et le vent est une force extensive (au sens où l'on parle d'élevage extensif ou de culture extensive).

A/ La puissance du vent est proportionnelle au cube de sa vitesse.

Pour fixer les idées :

- quand le vent passe de 6 m/s (21 km/h) à 10 m/s (36 km/h) sa puissance est multipliée à peu près par 5 ;
- quand le vent passe de 6 m/s (21 km/h) à 25 m/s (90 km/h) sa puissance est multipliée à peu près par 72.

Certes les déperditions qui s'accroissent avec la vitesse (voir II,A ci-dessus) réduisent cet effet amplificateur. Mais celui-ci reste considérable. Comme le dit l'A.D.E.M.E. dans son vade-mecum de 1998, quand la vitesse du vent passe de 6m/s à 8m/s, soit une augmentation de 33%, l'énergie électrique récupérable, elle, s'accroît de 80%.

Il découle de cette propriété fondamentale trois limites essentielles : l'une est géographique, deux sont techniques :

- Limite géographique : une différence assez faible dans le régime des vents entre deux régions a comme effet une grande différence (qui peut devenir "énorme", dit l'A.D.E.M.E. dans le vade-mecum de 1998) dans leur adéquation pour la production éolienne. De bon sens le plan Éole 2005 privilégiait les zones à vent favorable. Le

décret COCHET a voulu transgresser cette limite. Avec le pari de compenser la perte de puissance par le grand nombre. Pari techniquement risqué : on y reviendra.

- Première limite technique. En dessous de 5 ou 6 m/s la puissance du vent devient vite négligeable : quand le vent passe de 6 m/s (21 km/h) à 4 m/s (14,4 km/h) sa puissance est divisée par plus de 3. En revanche à partir de 25 m/s (90 km/h) environ, sa puissance est telle que les éoliennes risquent l'explosion ou la rupture (d'où les divers systèmes de mise en panne du rotor). De sorte que ce n'est pas "le" vent que captent les éoliennes mais les vents moyens et eux seulement : la technique humaine ne sait exploiter ni un zéphyr ni une tempête (pas plus que la puissance de la foudre). Bonne leçon pour ceux qui voient en Éole un dieu protecteur.

- Deuxième limite technique : la vitesse du vent est, d'une manière générale, nettement plus élevée en altitude qu'au sol. De sorte que c'est une tendance naturelle de la technologie de fabriquer des éoliennes de plus en plus hautes, et donc de plus en plus visibles. L'éolien "à taille humaine", lui, a toutes les chances de s'interdire toute puissance importante.

B/ Le vent est une énergie extensive : le capter ici c'est le manquer là, même tout près d'ici ; car il ne peut être ni canalisé ni stocké. D'où, dans la recherche de la puissance, deux tendances non antagoniques.

- Tendance à la prolifération : là, tout près d'ici, on peut mettre une deuxième machine, puis une autre et ainsi de suite. D'où les parcs à rangées multiples (comme aux Etats-Unis ou dans les projets off-shore) ou l'accaparement des lignes de crêtes sur des kilomètres voire des dizaines de kilomètres (comme en Navarre). D'où aussi le raffinement (dans l'innovation destructrice des paysages) qui consiste à installer entre deux mâts une multitude de mini-éoliennes, suspendues à un câble comme des lumignons de fête, pour se rapprocher de la continuité du captage.

- Tendance au gigantisme : là, tout près de l'extrémité de la pale, il y a de la force captable. D'où l'allongement des pales, intéressant en particulier dans les zones à faible vent, et qui permet aussi de moins multiplier les machines, surtout si des rotors gigantesques sont fixés en haut de mâts eux-mêmes gigantesques (voir les projets danois déjà cités : mât de 200 m et pale supérieure à 50 m, soit une hauteur hors-tout supérieure à 250 m).

C/ Revenons maintenant sur l'intermittence du vent (à laquelle il faut ajouter son irrégularité : quand le vent souffle, sa vitesse est rarement constante). Comme le dit l'A.D.E.M.E. (fiche "Éoliennes et aspects économiques", p.4), le caractère intermittent du vent "constitue plutôt un point négatif pour l'énergie éolienne". Et elle ajoute : " une répartition nationale du parc éolien sur le territoire pourrait permettre à tout moment de disposer, du fait de la diversité des régimes de vent, du quart de la puissance totale installée ".

A en rester même à cette arithmétique, il en découle déjà, comme dit plus haut, que ce n'est pas 1000 éoliennes de 1 MW qu'il faudrait pour remplacer un réacteur nucléaire de 1000 MW mais 4000. Et le parc de 14 000 MW de puissance visé pour la France en 2010 permettrait de remplacer non 14 centrales nucléaires mais seulement 3,5 (voir fiche A.D.E.M.E., "Éoliennes et contexte énergétique").

Mais il faut examiner les choses de plus près.

On ne peut, d'abord, pas dire trop vite que l'éolien a vocation à être l'appoint du nucléaire. Celui-ci a, on le sait, comme limite, qu'il n'est pas aisément adaptable aux variations de la demande ; c'est pourquoi sont maintenues des centrales thermiques qui, elles, sont adaptables à ces variations (et les plus performantes aujourd'hui sont les centrales à gaz). Mais l'éolien n'est pas lui non plus adaptable aux variations de la demande puisque ses propres variations sont dépendantes des caprices des vents : la trop grande régularité du nucléaire ne peut donc être complétée par la trop grande irrégularité de l'éolien.

Mais que faire, maintenant, pour tempérer l'intermittence et l'irrégularité de l'éolien lui-même ? L'électricité ni le vent ne sont stockables. Il n'y a donc que trois solutions.

1. On peut prévoir des centrales thermiques pour suppléer les éoliennes durant les 3/4 du temps où elles ne fonctionnent pas. Centrales thermiques dont le coût de construction et de maintenance doit être ajouté au prix de revient du KWh éolien. Et surtout centrales thermiques productrices de gaz à effet de serre, ce qui dénonce comme largement illusoire le caractère "propre" de l'énergie éolienne. Ni Polénergie ni l'A.D.E.M.E. ne disent mot de ces deux aspects ; heureusement des analystes plus critiques le disent à leur place : rapport parlementaire de 2001 (C.BIRRAUX et J-Y. LE DÉAUT) ; document de P.BONN, président de l'A.D.E.N.L. (Nord Lauragais), intitulé "Pourquoi veut-on inonder le France et en particulier le Lauragais d'éoliennes géantes et quelles en sont les conséquences ? " (28 février 2003) ; récent rapport des trois sages (E.MORIN, P.CASTILLON, Mac LESGGY) sur l'énergie remis à Nicole FONTAINE. Le lobby éolien voit rouge quand on rappelle cette vérité (cf. l'éditorial de *Systèmes solaires* n°157, sept.- oct. 2003). Mais les choses sont ainsi.

2. On peut miser, comme semble le faire l'A.D.E.M.E. dans la formule citée ci-dessus, sur une autorégulation de l'éolien grâce à une répartition sur tout le territoire. Mais une telle autorégulation exige la possibilité de transports d'électricité entre deux points éloignés du territoire. Et ces transports exigent à leur tour forte puissance électrique et réseau haute-tension. Or c'est un thème constant des tenants de l'éolien de critiquer ce

réseau. En outre plus on étend le parc éolien français plus on utilise des zones à vent médiocre ou franchement faible ; de sorte que pour parvenir à des puissances transportables il faut accroître le nombre d'éoliennes par parc (montées en série les éoliennes ajoutent leur puissance), engageant ainsi une fuite en avant qui promet des ravages paysagers.

3. On peut, enfin, revenir à l'esprit d'Éole 2005, c'est-à-dire restreindre l'implantation des éoliennes à des zones de vent à la fois fort et régulier. C'est ce qui conduit aujourd'hui à la faveur pour les parcs off-shore : techniquement les plus performants (force et régularité du vent) ils peuvent aussi réduire les dommages paysagers, voire les supprimer s'ils sont en *haute* mer (sur des plates-formes flottantes...dont la mise au point reste aujourd'hui à l'étude). Sans oublier les inconvénients ou dangers majeurs de ces usines éoliennes maritimes : a/ leur coût de construction, de raccordement au réseau et de maintenance est nettement plus élevé ; b/ comme l'a fait observer en Angleterre la Société Royale de protection des animaux, elles risquent de décimer les oiseaux marins ou migrateurs ; c/ elles peuvent gêner l'activité de la pêche ; d/ elles sont fragilisées par la corrosion marine.

On le voit les limites de l'énergie éolienne entraînent à de multiples difficultés, voire à de franches contradictions. On peut ainsi mieux comprendre les hésitations et les variations dans les politiques de production d'électricité éolienne. On considérera ci-dessous les deux cas, significatifs pour des raisons différentes, de la France et du Danemark (il faudra consacrer d'autres examens aux cas de l'Allemagne, du Royaume-Uni, des Pays-Bas, de l'Espagne, des Etats-Unis).

IV - CONTRADICTIONS DES POLITIQUES ÉOLIENNES

A/ Le cas de la France

La France, dit-on, a été longtemps en retard en matière d'énergies renouvelables. Les choses ne sont de loin pas si simples pour l'énergie solaire durant les 25 dernières années. Mais dans l'identification aujourd'hui dominante entre énergies renouvelables et éolien, la France a été et reste en retard sur ses voisins nordiques, ce qui n'est qu'à moitié étonnant si l'on compare les régimes de vent respectifs : hormis quelques zones qui permettent de le considérer comme le deuxième d'Europe, le gisement éolien français reste médiocre.

Lorsque prend corps l'idée d'un développement éolien en France, le Ministère de l'Industrie propose en 1996 le programme Éole 2005 : il s'agit d'implanter des éoliennes puissantes aux endroits les plus favorables (principalement Languedoc et Basse-Vallée du Rhône, Bretagne et Manche). Le projet est, comme indiqué plus haut, cohérent dès lors qu'on vise une production de masse. Mais il suscite de très fortes réactions des riverains qui contestent à la fois le mal fait aux paysages et l'injustice d'une concentration de ces expériences sur quelques points du territoire.

C'est pour éviter ces critiques qu'est conçue la politique COCHET, inspirée des politiques de subventions menées par les pays du Nord avant nous. Mais le couple moteur de cette politique est le mariage de la carpe et du lapin. Y. COCHET, ministre vert, vise à engager, au moyen de l'éolien, la sortie du nucléaire. A. ANTOLINI, président du Syndicat des Énergies Renouvelables, avec qui Y. COCHET élabore son tarif préférentiel, vise lui, dans l'immédiat un marché capital pour les entreprises de fabrication et d'installation d'éoliennes, et à terme *l'addition* du nucléaire et de l'éolien. C'est ainsi que le discours vert (une production électrique propre décentralisée, "à taille humaine" (déjà)) sert de caution à une course effrénée d'investisseurs...vers des profits spéculatifs. Chacun des termes du couple (le vert, le promoteur) espère sans doute utiliser l'autre. Mais ainsi s'engage une spirale de prolifération des éoliennes industrielles où le massacre (cette fois généralisé) des cadres de vie se trouve lié à une politique énergétique économiquement non rentable pour longtemps *et* (ce document vient de le montrer) à des limites et contradictions techniques multiples.

Comme, Dieu merci, les citoyens ne sont pas restés inertes devant un tel gâchis, s'engage maintenant une troisième phase dans laquelle se situe, pour l'Ardèche, la révision déchirante de Polénergie. D'un côté en effet A.ANTOLINI déplore "la misère de l'éolien terrestre" (expression qui peut signifier soit le regret irrité devant les résistances à la politique COCHET, soit une révision de cette politique à cause des ses limites et contradictions techniques) ; et il propose un effort national massif et rapide en faveur de l'off-shore de haute mer : retour à la cohérence technique d'Éole 2005. De l'autre côté, sensibles aux critiques de l'éolien industriel venues de partisans des énergies renouvelables, les forces comme Polénergie reconsidèrent leur alliance avec les promoteurs. Mais au profit de quoi ?

La "proposition" d'une éolienne par village est à l'évidence forgée à la hâte : comment instaurer en pivot d'une nouvelle politique une forme de production dont il est dit implicitement qu'elle n'a jamais été expérimentée (... "quelle sera la *première* commune fière de son éolienne de proximité ? "). Et la revue *Systèmes solaires*, pourtant fer de lance du lobby éolien, écrit dans son n°157 (sept.- oct. 2003) que "les exemples d'éoliennes de petite ou moyenne puissance raccordées au réseau électrique se comptent à ce jour sur les doigts de la main".

Si, malgré son caractère hâtif, on examine cette proposition elle appelle une quadruple critique : technique, environnementale, économique, politique.

1. Critique technique. L'éolienne proposée a une puissance de 250 KW. Sans doute parce que le 50 QR évoque cette possibilité comme limite supérieure du petit éolien. Mais dans ce 50 QR cette évocation est marginale par rapport à la distinction bien établie entre le petit éolien et le grand éolien. Le petit éolien a sa cohérence : il est à privilégier pour les sites non raccordés au réseau ; on recommande de l'associer à une autre source (le solaire surtout) et on le régule par des batteries ; à moins de le réserver à des usages compatibles avec les irrégularités de sa production électrique (comme le pompage d'eau pour remplir une cuve). L'éolien industriel a lui aussi sa cohérence : ampleur des éoliennes et des parcs, couplage avec des centrales thermiques, organisation en réseau de haute tension. Quant à la puissance basse-moyenne de 250 KW il est sans doute dit dans 50 QR (Q 35) qu'elle permet "une production décentralisée qui alimentera les consommateurs des environs par le réseau électrique de distribution [basse et moyenne tension] ". Formulation générale bien vague surtout si l'on tient compte du fait que pour l'instant les conditions de raccordement de ces éoliennes de moyenne puissance au réseau sont loin d'être claires (voir *Systèmes solaires* n°157, p.74)

Que signifie donc cette éolienne de 250 KW pour un village de 450 habitants ? D'abord, et une fois de plus, on considère la consommation des ménages *hors chauffage* ; et on ne prend en compte ni la consommation agricole ni la consommation industrielle et artisanale (qui à elles toutes sont en moyenne égales à celle des particuliers). Toute une aventure pour une électricité partielle ! Ensuite on se fie à une équivalence arithmétique : production annuelle (concentrée en 1/3 du temps) # consommation annuelle. Mais comment s'effectue la régulation entre périodes avec production et périodes sans production ? On ne peut concevoir l'équivalent pour un village de la batterie d'une installation isolée. On peut en revanche penser au modèle des installations individuelles solaires (ou plus rarement éoliennes) raccordées au réseau : les périodes où le particulier achète de l'électricité à E.D.F. et celles où il lui en vend se compensent ; dans les deux sens la circulation électrique a lieu sur le circuit basse ou moyenne tension. Mais ce modèle est-il transposable au cas de l'éolien de village ? est-il surtout universalisable comme l'exige l'hypothèse de remplacer l'éolien industriel par cet éolien de village ? Deux ou n villages proches (soumis aux mêmes conditions de vent) se trouveront *en même temps* en surproduction ou en sous-production ; de sorte que l'échange local n'est pas possible. Il faut donc élargir le rayon de l'échange ; mais il faut pour cela accroître la puissance de production, et on retombe dans le modèle industriel qu'on prétendait éviter.

2. Critique environnementale. Rien n'est dit sur les dimensions d'une éolienne de 250 KW. Le QR 50, Q20, nous apprend, lui, que son rotor fait 30 m de diamètre.. Si cette information est juste, et avec l'hypothèse d'un mât de 30 m on aboutit à une hauteur hors-tout de 45 m, soit un immeuble de 16 à 18 étages. Et pour alimenter ainsi (hors chauffage) 140 000 personnes, soit environ la moitié de la population ardéchoise (hors villes importantes) on aboutirait à environ 300 ou 400 éoliennes sur tout le département (auxquelles il faudrait ajouter des parcs de grandes tailles pour les villes). L'éolien à taille humaine transformerait l'Ardèche en une forêt d'éoliennes.

3. Critique économique. La simulation comptable postule que l'électricité sera "vendue au tarif en vigueur". Vendue aux consommateurs, soit ; mais vendue au même prix à E.D.F. lors des périodes de surproduction ? E.D.F. accepte d'acheter l'électricité au tarif en vigueur, c'est-à-dire au prix de vente, dans le cas de petites installations (solaires puis aujourd'hui éoliennes). Mais accepterait-elle d'étendre ce système si l'éolien de village devenait massif ? Rappelons que même acheté sensiblement plus cher que son prix de revient et trois fois plus cher que le KWh nucléaire, le KWh éolien industriel est acheté au-dessous du "tarif en vigueur" : sans quoi E.D.F. le revendrait à perte. Et ce tarif privilégié n'est accordé que dans un *numerus clausus* selon le principe premier arrivé – premier servi. Faudra-t-il alors que les communes s'engagent dans une course concurrentielle pour obtenir leur contrat tarifaire avec E.D.F. ?

Quant à l'investissement, la simulation comptable postule que chaque habitant accepte de mettre un apport personnel de 300 euros par personne (ou 600 euros pour un foyer). Que se passera-t-il en cas de refus ou impossibilité de la part de tel ou tel de faire cet effort ?

4. Critique politique. L'argumentation pour l'éolienne de village prend explicitement son parti de la privatisation à venir d'E.D.F., dans un mélange déroutant de défaitisme devant la fatalité ou la loi des puissants et d'affirmation satisfaite du chacun pour soi : "je peux enfin choisir" ; pourquoi pas "c'est mon choix" comme dans l'émission télévisée bien connue ? En réalité le projet de privatisation d'E.D.F. a une source précise (voir nos *Brèves* n°1) : il s'agit pour les mastodontes de la production électrique industrielle (dont E.D.F. même) de conquérir librement des marchés. C'est dans cette concurrence industrielle que vient l'idée de dérégulation, de critique du monopole et de l'étatisme. Et pour un esprit soucieux d'intérêt général la tâche urgente dans ces conflits complexes est de réaffirmer des règles communes aussi bien dans le devoir d'investissement et de réseaux de distribution cohérents que dans l'exigence de prestations de qualité pour tous. Idée d'un tel bon sens qu'elle avance au sein de la Commission Européenne. Rien de plus triste dans ces conditions que l'écololibéralisme des petits qui singe le libéralisme des gros pour mieux baisser la tête.

B/ Le cas du Danemark

Le Danemark est cité en exemple pour deux raisons : 20 % de son énergie électrique seraient issus de l'éolien (alors que ce n'est pas lui mais la France qui dispose du deuxième gisement éolien d'Europe, après le Royaume-Uni). Et on y verrait un modèle de l'appropriation populaire de l'éolien. Fiche A.D.E.M.E. "Éoliennes et aspects économiques", p.5 : "Au Danemark, ce sont près de 100 000 familles qui possèdent des parts dans l'énergie éolienne". Et Polénergie : "Au Danemark, les trois quarts des éoliennes appartiennent à des coopératives regroupant particuliers, agriculteurs et collectivités locales. Pourquoi pas ici ?".

A cela il faut d'abord répondre que le "modèle danois", s'il existe, n'est pas transposable sans précaution à la France. Tout le territoire du Danemark est bien venté (vitesse moyenne du vent égale ou supérieure à 10 m/s). Situation qu'on ne trouve en France que dans les zones restreintes déjà citées (Bretagne, Manche, Languedoc, Basse-Vallée du Rhône). De sorte que s'il est vrai qu'en surfaces absolues les zones françaises favorables sont supérieures aux danoises, il est surtout vrai qu'*en proportion* les choses sont totalement inversées : c'est en France, une toute petite partie du territoire qui est bien ventée. Or la production électrique danoise est environ 34,4 TéraWatts-heures (TWh) par an [1 TWh = 1 000 000 MWh] ; la production française est, elle, de 540 TWh par an, soit presque 16 fois plus. Donner le Danemark en modèle à la France revient donc à faire que la France produise 16 fois plus d'électricité éolienne que le Danemark alors que son gisement éolien favorable est à peine plus grand que le Danemark.

En outre le chiffre de 20 % de production électrique éolienne semble surévalué. Selon les estimations les plus sérieuses le pourcentage effectif pour 2001 a été de 13 % seulement. Le Danemark *visait* 20% pour 2003, mais il faut attendre les résultats réels.

On doit rappeler aussi que le Danemark tire une grande partie de son électricité (encore 81 %) des énergies fossiles, et détenait encore en 2002 le record européen des rejets de CO₂ par habitant (voir *le Point* n°1350 du 31/05/02, cité par P. Bonn). Des efforts sont faits pour remplacer les centrales à charbon par des centrales à gaz moins polluantes. Ce qui montre au moins qu'être en pointe dans l'éolien ne rend pas parfait.

Mais voici l'essentiel : le fameux modèle danois de l'appropriation collective ou coopérative de l'éolien n'est plus aujourd'hui un modèle ... au Danemark qui l'a remis en cause. Il n'était en réalité que l'équivalent, sous une autre forme, de la politique COCHET de subventions et tarifs préférentiels. Le rôle tenu en France par des promoteurs financiers a été, pour une grande part, tenu au Danemark par ces coopératives mais avec la même finalité : le rapport financier bien plus que la production écologique. Plus exactement la longue tradition de l'éolien rural s'est alors infléchie en recherche de placement financier mais sans politique énergétique assez cohérente. Le résultat a été d'abord comme en 2000 des crises de surproduction avec vente à l'étranger à prix bradés d'une électricité achetée à prix subventionnés. On a vu aussi croître une critique des prédateurs de subventions. Et l'opposition s'est accrue après l'installation de grands parcs éoliens terrestres sur la presqu'île du Jutland. En définitive les subventions sont aujourd'hui fortement réduites et le Danemark s'oriente vers une politique industrielle visant la rentabilité sans subventions par des éoliennes de très grande taille (jusqu'à 200m de haut) et les parcs off-shore. Il peut s'appuyer pour suivre cette voie sur ses atouts technologiques incontestables ; dès 1980 c'est le Danemark qui a équipé les grands parcs éoliens californiens ; et aujourd'hui l'industrie danoise des éoliennes détient 50 à 60 % du marché mondial.

Bref, si l'on s'inspire du "modèle danois" on est conduit non à l'éolien de village mais à une critique de l'éolien industriel terrestre subventionné et à une faveur pour des usines éoliennes off-shore.

V - DIX CONCLUSIONS

Il nous semble que des analyses qui précèdent se dégagent quelques conclusions simples et fortes.

1. On peut et on doit cesser une bonne fois, en matière éolienne comme ailleurs, de procéder d'une manière idéologique où pour justifier des conclusions préétablies on mêle de fausses évidences, des chiffres assésés pour faire savant et un ton moralisateur. Seul un examen libre, en raison, de l'éolien peut ou pourra joindre le sérieux industriel et le sérieux écologique.

2. Malgré les affirmations ressassées et indéfiniment colportées sur la "modernité" de l'éolien "voie de l'avenir", la production électrique éolienne reste une technique assez archaïque ; les améliorations, certes réelles, des éoliennes ne peuvent en lever le double handicap : seule une proportion assez faible de la force du vent peut être captée ; et le vent est une force intermittente et irrégulière en même temps que dispersée dans l'espace.

3. De ces limites essentielles il découle une production électrique faible qui n'a ni la puissance et la régularité de la production nucléaire, ni la souplesse d'utilisation de la production thermique ou hydroélectrique. Et

le sérieux industriel ne peut être atteint par l'éolien qu'au prix de bouleversements considérables des paysages et modes de vie.

4. Dans ces conditions sortir du nucléaire par l'éolien industriel est une plaisanterie. Remplacer l'éolien industriel par l'éolien de village en est une autre.

5. L'objectif français de 6%, en 2010, de production électrique par l'éolien a été fixé arbitrairement, sans examen sérieux préalable des gains techniques et des coûts économiques et environnementaux. Des calculs simples montrent que ce seuil, dans un pays de vents surtout moyens et médiocres comme le nôtre, ne pourra être atteint que par une prolifération défigurante des pylônes. Envisager d'aller au-delà de ce seuil sous prétexte d'imiter le Danemark conduirait à un vrai massacre du patrimoine paysager (et du patrimoine tout court).

6. Seule aujourd'hui l'éventualité de parcs off-shore en *haute* mer (sur plates-formes flottantes) semble pouvoir concilier, *peut-être*, le sérieux industriel (par des vents forts et réguliers) et le sérieux écologique. *Peut-être* ; car les difficultés techniques et les risques écologiques subsistent en grand nombre.

7. Malgré la force des arguments ci-dessus le "débat" actuel sur les éoliennes est faussé par trois grands types de forces :

- la toquade verte ou le faisceau de fausses évidences à la mode que nous nous sommes ici efforcés de critiquer ;

- les marchandages électoraux des gouvernements ou de forces politiques pronucléaires qui pour éviter l'affrontement avec les tenants de la sortie du nucléaire par l'éolien leur proposent un peu d'éolien en plus du nucléaire ;

- les prédateurs (de toute taille) de subventions qui, feignant ou non la foi éolienne, suivent le chemin de leurs seuls intérêts : le captage des subventions.

8. C'est la responsabilité et ce serait la grandeur des autorités publiques de résister à ces forces et pressions diverses et de restaurer l'ordre normal du débat. C'est aux tenants de l'éolien d'avancer des arguments recevables. Alors qu'aujourd'hui ce sont les opposants à l'éolien qui passent pour de mauvais esprits.

C'est pour remettre les choses sur leurs pieds que nous avons en octobre lancé notre Appel à un grand débat sur les éoliennes industrielles. Nous savons dès maintenant qu'il commence à être entendu.

9. Faut-il craindre qu'au terme d'un débat libre l'éolien en général et l'éolien subventionné en particulier soient abandonnés ou restreints ? Il n'y aurait là aucune catastrophe, pour deux raisons.

- Si le nucléaire et les énergies fossiles comportent de graves inconvénients ou dangers, ils comportent aussi, outre leurs avantages déjà acquis, des évolutions parfois remarquables (et peut-être bien plus ouvertes et prometteuses que le passage de l'éolien au gigantisme).

- Le choix profondément rationnel des énergies renouvelables doit être libéré de l'identification étouffante Énergies Renouvelables = Éolien. Le photovoltaïque (que certains confondent encore avec le solaire thermique) est une technologie infiniment plus novatrice que l'éolien. Libérer des électrons par un bombardement de photons vaut bien un liftage des moulins à vent. La géothermie peut utiliser cette immense centrale thermique qu'est le noyau terrestre et produire indéfiniment de l'électricité pour des investissements moins onéreux et moins polluants que l'éolien. Les biocarburants permettraient *rapidement* de réduire à la fois la pollution en CO₂ et le coût de la circulation automobile ... Et éolien pour éolien, que de temps perdu et d'argent détourné quand il faudrait *vite* faire des expériences sérieuses de parcs off-shore.

10. La résistance à l'éolien industriel terrestre a été jusqu'ici défensive. Nous pensons possible de la rendre offensive, et victorieuse. Car il ne s'agit pas seulement de dénoncer les effets dévastateurs de l'éolien sur les paysages et modes de vie ; il ne s'agit pas seulement de dénoncer des captages de subventions ; il s'agit aussi et *d'abord* de critiquer une industrie qui n'a pas le sérieux technique qu'elle revendique.