

# LE DEVELOPPEMENT DE L'ENERGIE EOLIENNE EN FRANCE EN 2005

Bernard CHABOT<sup>(1)</sup>, Laurent BUQUET<sup>(2)</sup>

(1) Expert Senior, ADEME, 500 route des lucioles, 06560 Valbonne, France

(2) Directeur, TEXSYS, 109 Avenue de Lespinet, Bât C, 31400 Toulouse, France

## 1) INTRODUCTION

Ce document résume les points forts du développement de l'énergie éolienne en France en 2005. Les données statistiques proviennent de la base de données développée pour l'ADEME par TEXYS et qui est accessible sur le site Internet [www.suivi-eolien.com](http://www.suivi-eolien.com). Un recoupement des données publiées à la fin 2004 a été effectué avec cette base et a consisté à compter en 2005 deux parcs (pour un total de 10,5 MW) mis en service effectifs en début 2005 mais pris en compte auparavant sur fin décembre 2004.

## 2) DIX ANS DE DEVELOPPEMENT EOLIEN EN FRANCE

La figure 1 ci-dessous résume le développement du parc opérationnel en fin 2005 selon l'année d'installation des machines et l'accroissement annuel correspondant. A la fin de 2005 ce sont 757 MW de parcs éoliens qui étaient opérationnels en France (continent, Corse, Départements et Territoires d'outre-Mer), ce qui représente une croissance de 94 % par rapport aux 390 MW installés en fin 2004. Il n'y a pas eu de démantèlements de parcs en 2005. Les 366 MW installés pendant l'année 2004 représentent une croissance de 148 % par rapport aux 147 MW installés pendant l'année 2004.

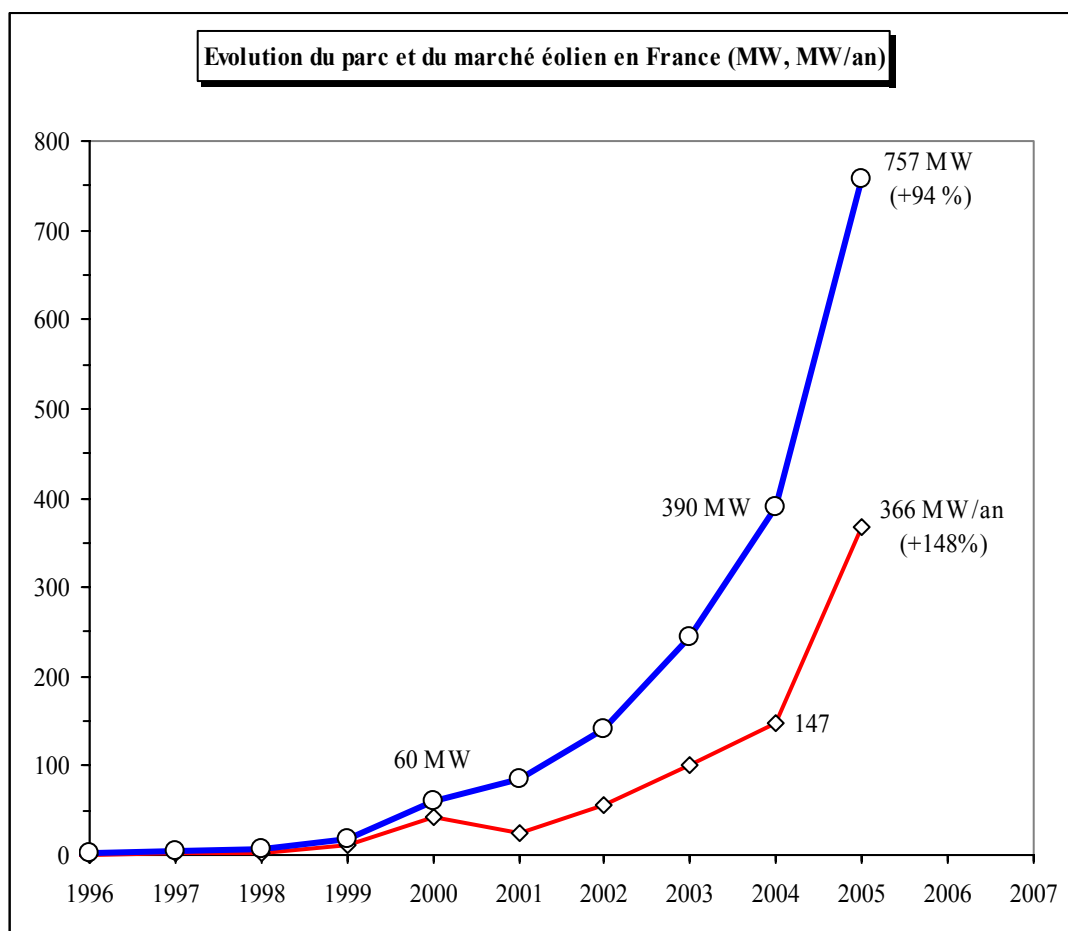


Figure 1: Développement de l'énergie éolienne en France de 1996 à 2005

Sur la période 2000-2005, les taux de croissance annuels moyens ont été de 66 % pour le parc et de 54 % pour le marché.

Quoique impressionnants, ces taux de croissance sont à mettre en rapport avec les niveaux de parc installé et de marché annuel en Europe: le parc Français représentait en fin 2005 1,9 % des 40 504 MW opérationnels en Europe<sup>1</sup> et le marché Français a représenté 5,9 % du marché Européen. Ces différences de pourcentage montrent que la dynamique du marché Français a été plus rapide que dans les autres pays Européens, ce qui était attendu compte tenu du décalage historique avec les autres pays, notamment l'Allemagne (parc fin 2005: 18 428 MW), l'Espagne (parc fin 2005: 10 027 MW) et le Danemark (3 122 MW en fin 2005).

### 3) LE DEVELOPPEMENT PAR REGIONS

La figure 2 résume la répartition régionale des 366 MW installés en 2005. La tendance à l'installation aussi dans les zones moyennement ventées grâce au système tarifaire mis en œuvre depuis 2001 se poursuit, avec notamment les places de premières et deuxième régions en 2005 prises par la Lorraine et la Champagne Ardenne ainsi que l'Auvergne en quatrième position juste après la Bretagne. Ces quatre régions ont représenté plus de la moitié de la puissance installée en 2005 (55 %), les sept suivantes 36 % et les 6 suivantes moins de 9 %.

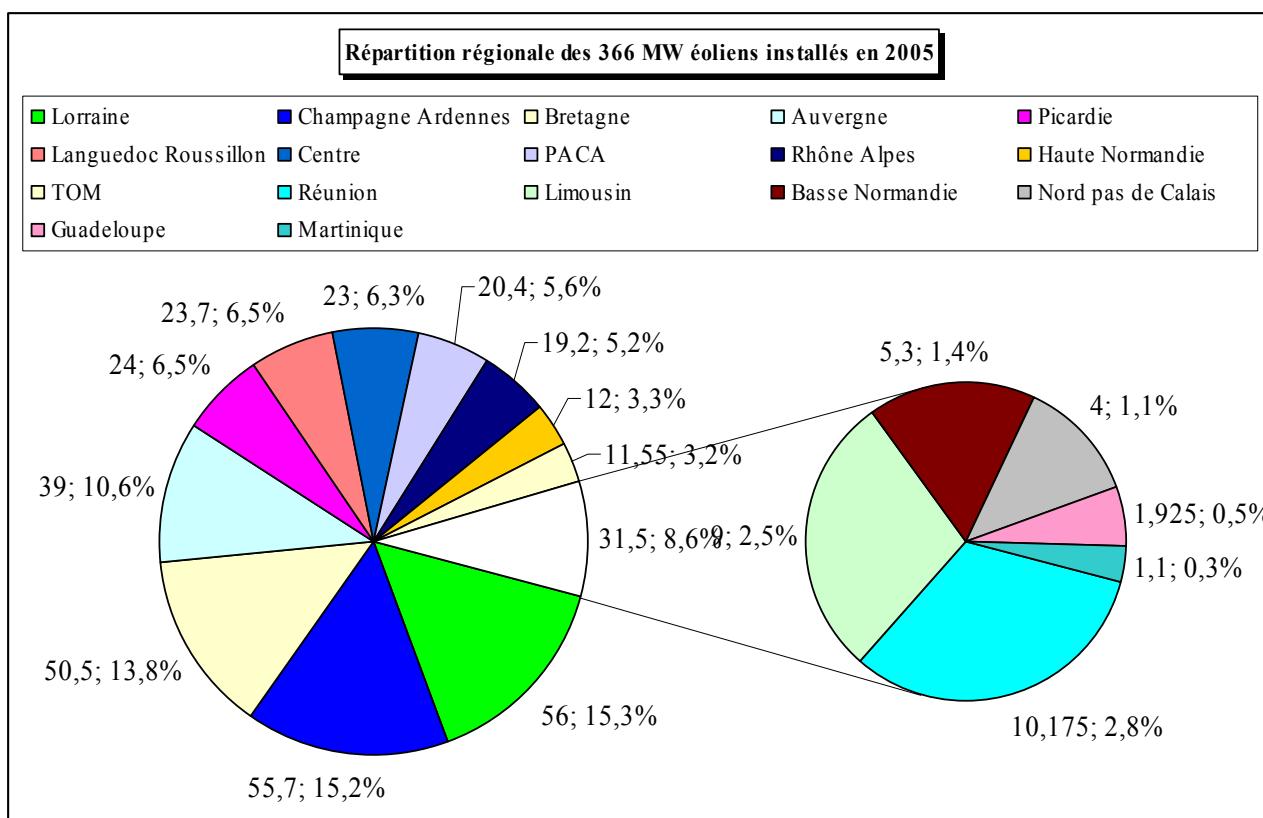


Figure 2: Répartition régionale des 366 MW installés en 2005 (en MW et en %)

La répartition régionale des 757 MW du parc installé en fin 2005 est indiquée en figure 3. Ici aussi, la conséquence évidente du système tarifaire éolien de 2001 est une répartition de plus en plus diversifiée et équitable des installations sur une partie de plus en plus grande du territoire : 22 régions (dont 17 continentales) ont déjà bénéficié du développement de l'énergie éolienne, sur les 26 que compte la France (dont 21 continentales).

<sup>1</sup> Source EWEA, février 2006, [www.ewea.org](http://www.ewea.org)

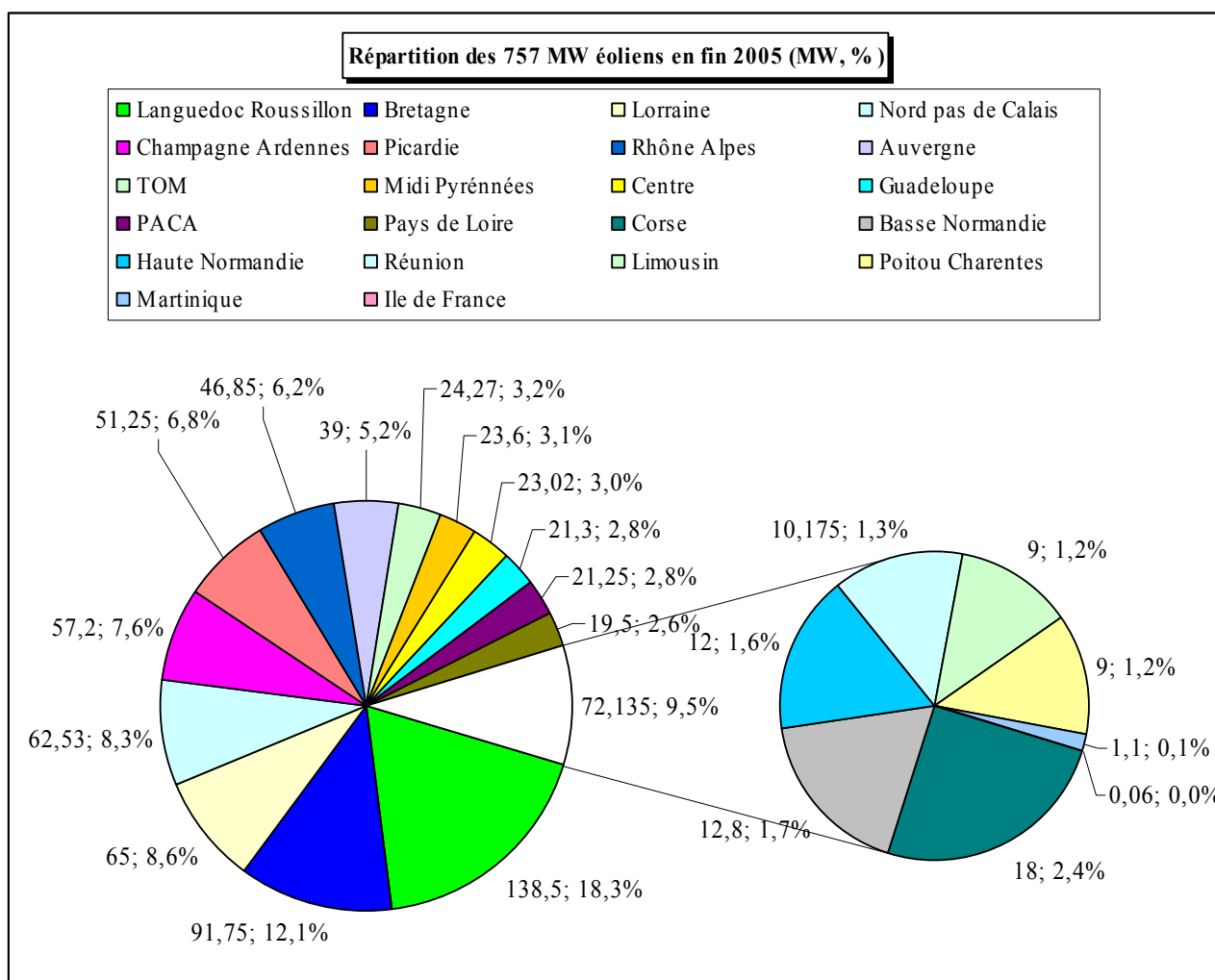


Figure 3: Répartition régionale des 757 MW installés en fin 2005

Le tableau 1 ci-dessous indique l'évolution des puissances installées, du nombre de machines et de leur puissance moyenne pour les installations effectuées en 2005 ainsi que pour le parc installé avant le 31/12/2004 et enfin pour le parc total installé en fin 2005 selon la répartition en France continentale et dans les zones non interconnectées (ZNI: Corse, DOM et TOM).

Tableau 1: évolutions des caractéristiques des parcs selon leur répartition géographique

Période	Paramètres	Continent		ZNI		TOTAL Moyenne
		Valeur	%	Valeur	%	
En 2005	P (MW)	341,8	93%	24,8	7%	<b>366,6</b>
	N éoliennes	233	72%	90	28%	<b>323</b>
	Pu (MW)	1,47	129%	0,28	24%	1,14
2004 et avant	P (MW)	340,6	87%	50,1	13%	<b>390,7</b>
	N éoliennes	332	53%	297	47%	<b>629</b>
	Pu (MW)	1,03	165%	0,17	27%	0,62
Total fin 05	P (MW)	682,4	90%	74,9	10%	<b>757,3</b>
	N éoliennes	565	59%	387	41%	<b>952</b>
	Pu (MW)	1,21	152%	0,19	24%	0,80

La puissance installée en fin 2005 en France continentale représente 90 % du total du parc total opérationnel, alors que le nombre de machines dans cette zone n'est que de 59 %. Ceci s'explique logiquement par la prépondérance dans les DOM et dans les TOM de petites machines (de puissance inférieures à 300 kW) rabattables et donc bien adaptées à ces régions à risques cycloniques.

En France continentale, la puissance moyenne des éoliennes installées en 2005 a été d'environ 1,5 MW, ce qui traduit un alignement du marché dans cette zone sur les standards Européens actuels.

#### 4) PARTS DE MARCHE DES CONSTRUCTEURS

Les quatre fabricants leaders sur le marché Français des installations en 2004 sont toujours dans ce même peloton de tête en 2005 mais dans un ordre différent, comme on peut le voir sur la figure 4 ci-dessous. A eux seuls ils représentent trois quarts du marché 2005.

La part de marché du constructeur Français VERGNET est de 7 %, et pour mémoire le groupe AREVA a pris une participation de 21 % en 2005 dans le capital du constructeur REPOWER qui est nettement leader cette année avec 29 % des 366 MW installés, suivi de GENERAL ELECTRIC WIND ENERGY (18 %), ENERCON (15 %) et VESTAS (14 %) :

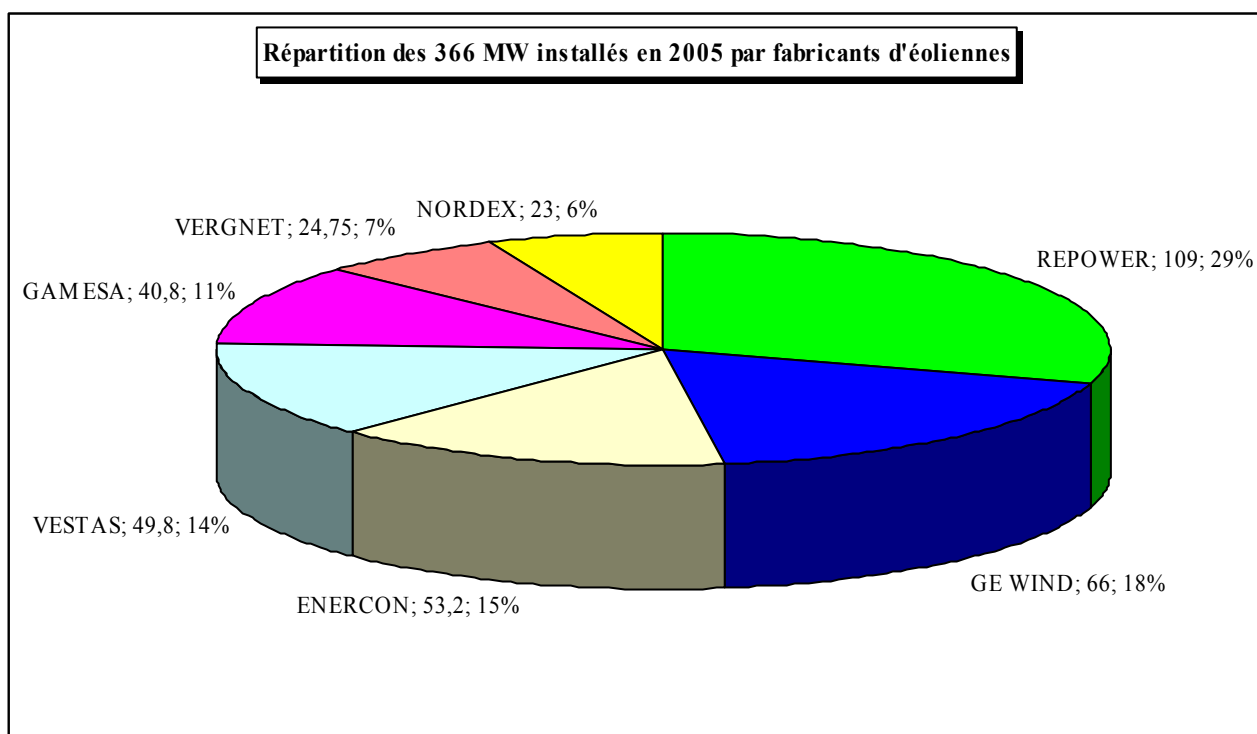


Figure 4: Parts de marché 2005 des constructeurs d'éoliennes (total: 366 MW)

La tendance à la concentration des constructeurs mondiaux d'éoliennes se retrouve donc aussi sur le marché Français. La présence en 2005 des 4 leaders du marché éolien mondial en 2004 (VESTAS, GAMESA, ENERCON, GENERAL ELECTRIC WIND ENERGY) sur ce marché national traduit aussi qu'il est maintenant considéré à juste titre comme un marché incontournable.

Les parts de marché sur les 757 MW installés en fin 2005 ont varié fortement comme on le voit en figure 5 ci-dessous. Elles sont bien échelonnées par ordre décroissant entre REPOWER (17 %), GENERAL ELECTRIC WIND ENERGY (16,3 %), VESTAS (15,4 %), NORDEX (14,6 %) et ENERCON (11,3 %) qui à eux seuls représentent trois quarts des puissances installées. Le total des constructeurs Français VERGNET et JEUMONT (ce dernier ayant arrêté en 2005 la fabrication de ses machines J48) s'élève à 11,8 %.

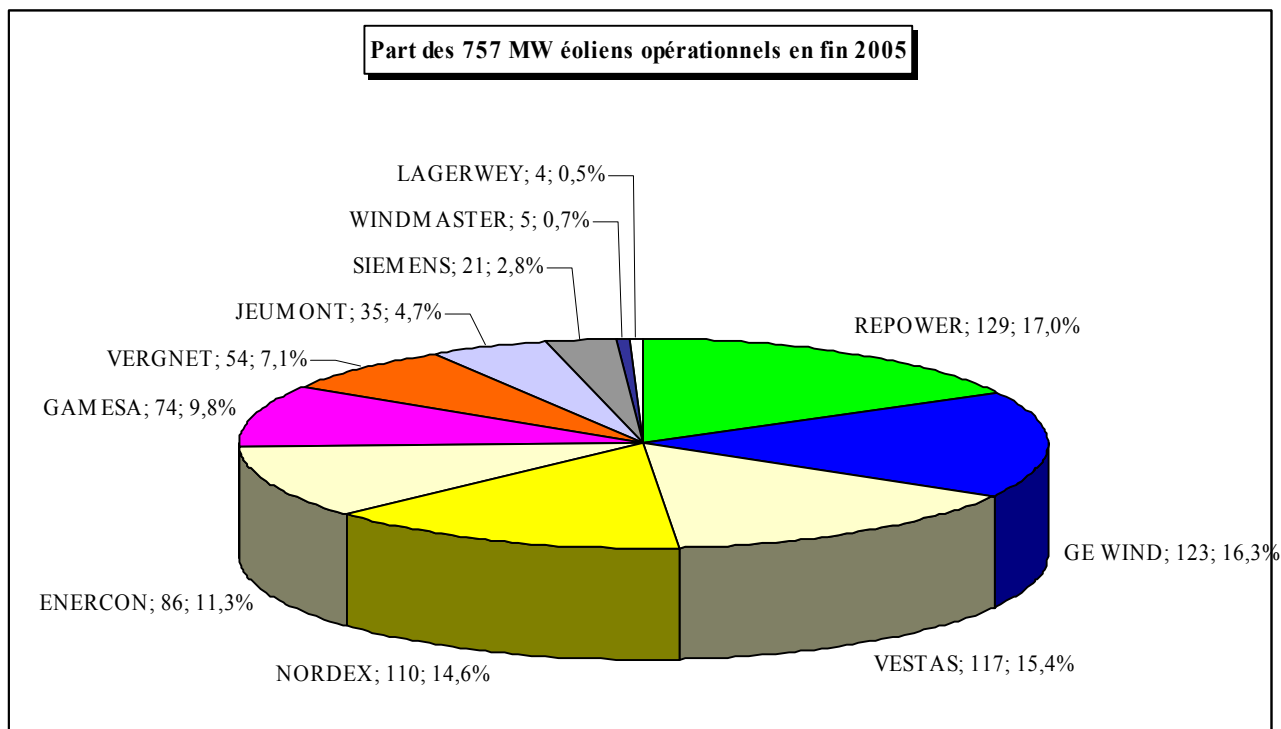


Figure 5: Parts du parc installé par fournisseurs d'éoliennes (total: 757 MW)

## 5) LE PREMIER MILLIARD DE KILOWATTHEURES EOLIENS EN 2005

La barre du TWh de production éolienne (milliard de kWh) a été franchie pour la première fois en 2005. En effet, la production mesurée sur les 470,54 MW sous suivi de production reporté sur le site [www.suivi-eolien.com](http://www.suivi-eolien.com) est de 803 GWh et l'estimation de la production des parcs pas encore sous suivi de production (en tenant compte de leur date de mise en service pour ceux installés en 2005) est de 257 GWh, ce qui mène à un total estimé de 1061 GWh, soit 1,061 TWh.

La croissance par rapport à la production estimée en 2004, soit 600 GWh est donc de 77 % et la production 2005 est plus du double de celle de 2003 qui avait été estimée à 455 GWh. A noter qu'après la production du premier GWh éolien en 1992, l'ADEME avait alors estimé que l'objectif de la multiplier par 1000 pour produire le premier TWh devrait être obtenu en 2005<sup>2</sup>...

Cette production de 1061 GWh représente 0,22 % de la consommation intérieure d'électricité Française qui s'est élevée à 482,4 TWh en 2005<sup>3</sup>. Par rapport à la production d'électricité produite à partir de sources renouvelables elle a représenté 1,9 % de l'hydroélectricité (56 TWh en 2005) et 25 % du total des autres sources renouvelables (4,3 TWh en 2005, y compris l'énergie éolienne).

En considérant comme en 2003 un ratio de 8 000 kWh de consommation annuelle globale d'électricité par habitant, l'éolien a donc couvert en 2005 la consommation totale d'électricité d'une ville de 132 000 habitants (soit au choix par exemple Tours, Nîmes, Limoges, Metz ou Aix en Provence dont les populations intra muros sont comprises entre 123 000 et 134 000 habitants). Avec un ratio de 2 300 kWh/foyer et 2,7 personnes par famille, l'éolien a aussi couvert en 2005 l'équivalent de la consommation d'électricité domestique spécifique de 1,24 millions d'habitants, soit environ le total des habitants intra muros des villes de Marseille et de Lyon (respectivement environ 797 000 et 445 000 habitants).

Le productible en année pleine du parc installé en fin 2005 peut être estimé à environ 1,67 TWh/an en prenant en compte la production mesurée en 2005 des installations ayant fonctionné douze mois pleins et en extrapolant la production des autres sur 12 mois.

Le tableau 2 ci-dessous détaille la répartition géographique de la production 2005 et du productible en année pleine. La région Languedoc Roussillon en représente un tiers à elle seule et avec les quatre suivantes (Nord Pas de

<sup>2</sup> Actes du séminaire de contractants ADEME "Energie Eolienne", Sophia Antipolis, 1 et 2 octobre 1992.

<sup>3</sup> Source des données de ce paragraphe: RTE, "L'énergie électrique en France en 2005", janvier 2006.

Calais, Bretagne, Rhône Alpes et Midi Pyrénées) le score monte à deux tiers. Les douze autres régions de la France continentale ont contribué à un peu plus d'un quart de la production 2005 et enfin les zones non interconnectées (Corse, DOM, TOM) en ont représenté au total 7,5 %.

Le productible en année pleine représente un facteur de charge annuel d'environ 2 200 h/an en équivalent pleine puissance<sup>4</sup> et une productivité spécifique d'environ 740 kWh/m<sup>2</sup>.an.

Tableau 2: caractéristiques et production des parcs éoliens en 2005

REGIONS	P	S	P/S	Eaestimée05	%	%	Eapot06	Nhpot06	Easpot06
	MW	1000m2	kW/m2	GWh	en 2005	cumulé	GWh	h/an	kWh/m2.an
Languedoc Roussillon	139	329	0,421	350	33,0%		397	2 864	1 206
Nord Pas De Calais	63	171	0,366	132	12,5%	45,5%	140	2 241	821
Bretagne	92	216	0,424	93	8,7%	54,2%	181	1 978	839
Rhône Alpes	47	117	0,399	66	6,2%	60,4%	108	2 308	922
Midi Pyrénées	24	54	0,441	61	5,8%	66,2%	61	2 602	1 146
Autres régions continent	319	836	0,382	279	26,3%	92,5%	671	2 102	802
ZNI (Corse+DOM+TOM)	75	201	0,372	80	7,5%	100%	111	1 488	554
<b>TOTAL/moyenne</b>	<b>757</b>	<b>1 924</b>	<b>0,39353</b>	<b>1 061</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>1 670</b>	<b>2 206</b>	<b>739</b>

Comme les éoliennes produisent plus de 25 fois plus d'énergie que ce qu'il a fallu en consommer pour les construire, les installer, les raccorder au réseau et les exploiter "du berceau à la tombe"<sup>5</sup>, on peut considérer que ces productions éoliennes sont bien des productions nettes.

Les surcoûts engendrés par la production éolienne ont représenté dans le passé une faible part de la contribution aux charges de service public de l'électricité (CSPE). En 2004, dernière année dont les résultats définitifs sont connus<sup>6</sup>, l'éolien a représenté 2,2 % des 1 533 M€ de la CSPE dont 74 % sont dus à l'obligation d'achat et 26 % principalement aux surcoûts dans les zones non interconnectées. Dans ces surcoûts dus à l'obligation d'achat, l'éolien a été marginal en 2004 avec 34 M€ (3 %), derrière la cogénération (851 M€, 75 %), l'hydroélectricité (125 M€, 11 %), l'incinération des ordures ménagères (45 M€, 4 %), les autres énergies renouvelables (45 M€, 4 %) et à égalité avec les moyens de production dispatchables (34 M€, 3 %, principalement groupes thermiques utilisant des énergies fossiles).

Ces surcoûts sont calculés par la commission de régulation de l'énergie (CRE) par rapport à un panier de bourses Européennes de l'électricité: 50 % bourse Française POWERNEXT et 50 % bourse Allemande EEX en 2004<sup>7</sup>. Or les prix de l'électricité sur ces bourses sont en augmentation très sensible et constante depuis 2000. Ainsi, sur la bourse POWERNEXT, le prix du MWh était à son ouverture en 2000 d'environ 17 €, pour passer à 31 € en janvier 2005 et pour finir à 73 € en décembre de cette même année. Le prix moyen pondéré pris en compte par la CRE pour 2004 a été de 28,6 €/MWh et ses prévisions en début 2006 sont de 35 €/MWh pour les calculs sur 2005 et de 47,2 €/MWh pour ceux relatifs à 2006<sup>8</sup>, soit une augmentation de 65 % par rapport à la valeur moyenne pondérée de 2004.

Compte tenu de ces éléments, il est probable que les surcoûts dus à l'énergie éolienne n'augmenteront que peu sur 2005-2006, et ce malgré l'augmentation rapide de cette production en 2005 et en 2006. Dans cette hypothèse, leur niveau relatif basé sur celui constaté en 2004 est de moins de 0,6 € par habitant et par an, soit l'équivalent de moins d'un demi litre d'essence ou encore l'économie de consommation d'électricité d'une lampe basse consommation de 20 W remplaçant une lampe à incandescence de 100 W sur moins de deux mois.

Par ailleurs, en période de chocs pétroliers dus à une demande qui sera durablement supérieure à l'offre, la rentabilité de l'éolien avec des tarifs réglementés comme actuellement en France s'améliore rapidement. Ainsi la figure 6 ci-dessous résume la comparaison des tarifs éoliens tels que décidés en 2001 et à l'horizon 2010 (en tenant compte de leur baisse programmée telle que définie dans l'arrêté tarifaire éolien de juin 2001) avec le coût du kWh électrique produit sur 20 ans par la meilleure technologie de centrales à gaz à cycles combinés fonctionnant en base, et ce en fonction du coût du combustible supposé constant sur ces 20 ans et exprimé en US\$ par baril équivalent pétrole en entrée de centrale.

De cette comparaison on peut tirer la conclusion que sur des sites moyennement ventés, les tarifs éoliens en 2010 ne seront pas plus élevés que le prix du kWh issu de ces centrales à gaz optimisées dès lors que le prix du gaz (qui

<sup>4</sup> Ce ratio entre la production annuelle et la puissance du parc ne doit pas être confondu avec le nombre d'heures annuel pendant lesquelles les éoliennes tournent et produisent de l'électricité, ce dernier paramètre étant en général supérieur à 6 000 heures par an.

<sup>5</sup> Cf. par exemple études détaillées téléchargeables à : [www.vestas.com/uk/environment/2005\\_rev/energybalance.asp](http://www.vestas.com/uk/environment/2005_rev/energybalance.asp)

<sup>6</sup> Source données: "Principes et enjeux financiers de l'obligation d'achat: analyse de la CRE", Mme J. Benassayag, CRE, assises EAF 2005, octobre 2005, Aix en Provence

<sup>7</sup> Source: "Charges de service public de l'électricité constatées au titre de 2004", CRE, janvier 2006

<sup>8</sup> Source: "Charges prévisionnelles au titre de l'année 2006", CRE, janvier 2006.

s'aligne rapidement sur les prix du pétrole) s'établit dans la fourchette de 44 à 52 US\$/bep. Si l'on tient compte d'une taxe de 20 €/tCO<sub>2</sub> émis par cette centrale (environ 0,4 tonnes de CO<sub>2</sub> émis par MWh), le prix total correspondant du kWh électrique sorti de ces centrales à gaz deviendrait supérieur aux tarifs éoliens 2010 dès que le prix du gaz à l'entrée centrales serait supérieur à 36 ou 44 US\$/bep.

Ainsi, le surcoût du kWh éolien provenant des tarifs réglementés se révèle correspondre en réalité à une légère "prime d'assurance" dont la probabilité d'être récupérée en cas de chocs pétroliers et gaziers avérés est élevée à court terme.

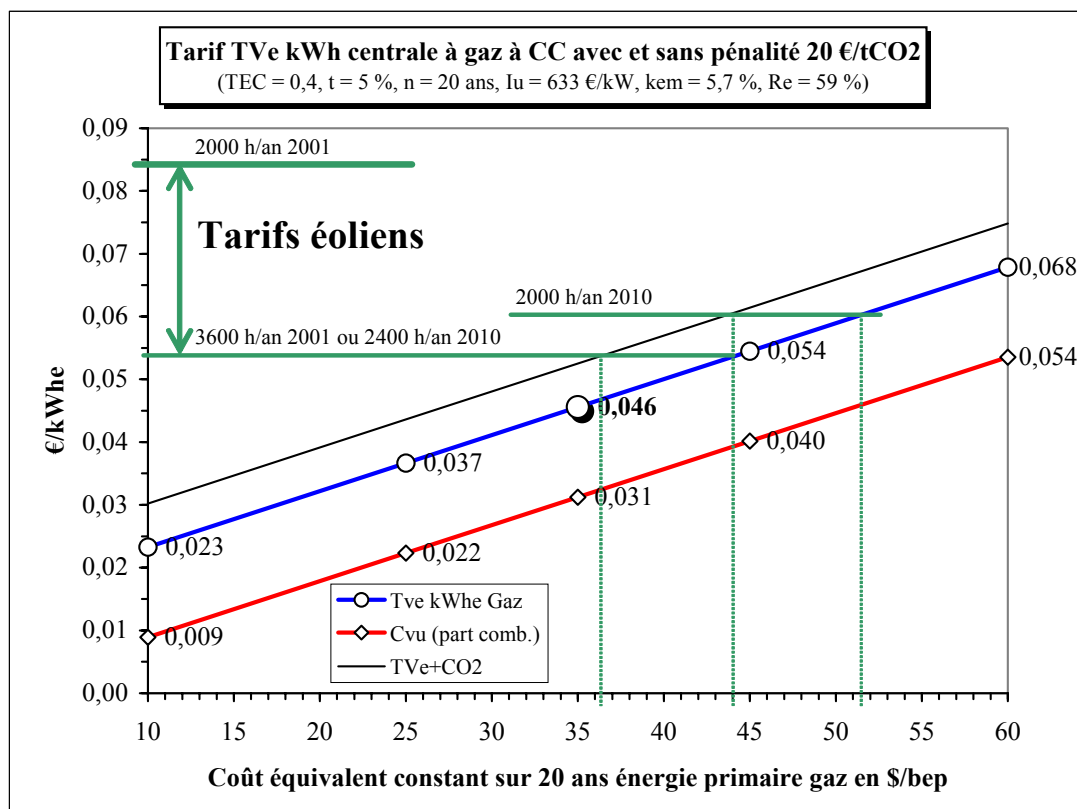


Figure 6: Comparaisons des tarifs éoliens de l'arrêt 2001 extrapolés en 2010 et le prix du kWh ex centrale à gaz à CC

## 5) PERSPECTIVES ET CONCLUSIONS

L'énergie éolienne représente toujours la plus grande partie des nouvelles demandes de production d'électricité par énergies renouvelables en France. Selon les données EDF, sur un total de 3 251 MW de demandes de raccordement au réseau de distribution en cours d'instruction en fin septembre 2005 pour des moyens de production basés sur des sources d'énergie renouvelables (hors incinération des déchets), 96 % (3 121 MW) concernaient des projets éoliens. Le reste concernait des projets de biogaz (51,4 MW, 1,6 %), de petite hydroélectricité (59,1 MW, 1,8 %), de biomasse (13,3 MW, 0,4 %) et de photovoltaïque relié au réseau (6,5 MW, 0,2 %).

La possibilité de continuer les fortes progressions du parc éolien installé et de la production constatées en 2005 est donc évidente. Mais ces taux de progression ne doivent pas cacher l'effort important qu'il reste à accomplir pour atteindre l'objectif minimum de la programmation prévisionnelle des investissements de production d'électricité décidée en 2003, soit au moins 2 000 MW en 2007 et surtout pour atteindre les 21 % d'électricité provenant de sources d'énergies renouvelables en 2010, objectif confirmé lors du vote de la loi de programmation et d'orientation de la politique énergétique le 13 juillet 2005. Et comme cet objectif est en pourcentage de la consommation intérieure, le fait que cette dernière ait progressé selon le RTE de 3,2 TWh en 2005 montre que le premier TWh d'énergie éolienne doit être suivi de beaucoup plus d'autres dans les 4 à 5 ans à venir puisque c'est l'énergie éolienne qui est la source d'électricité qui devra assurer entre les deux tiers et les trois quarts de l'augmentation d'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables requise d'ici 2010.

Sources d'information utiles pour l'énergie éolienne en France:

[www.suivi-eolien.com](http://www.suivi-eolien.com) ; [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr) ; [www.enr.fr](http://www.enr.fr) ; [www.fee.asso.fr](http://www.fee.asso.fr) ; [www.minefi.gouv.fr](http://www.minefi.gouv.fr) ; [www.ecologie.gouv.fr](http://www.ecologie.gouv.fr) ;  
[www.edf.fr](http://www.edf.fr) ; [www.rte-france.com](http://www.rte-france.com) ; [www.cre.fr](http://www.cre.fr)