

POUR EN FINIR AVEC LES CONTRE-VÉRITÉS SUR LE COÛT DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

Réponse à l'exercice anti-éolien de Vincent Le Biez
publié le 21 juillet 2008 par l'*Institut Montaigne*



Dans une étude publiée par l'Institut Montaigne, le 21 juillet 2008, Vincent Le Biez, ingénieur élève à l'école des Mines, s'est exercé à critiquer le développement de l'énergie éolienne en France et en particulier son coût qui serait trop élevé par rapport aux autres modes de production d'électricité.

Les professionnels du SER et de FEE répondent, point par point, aux critiques formulées par Vincent Le Biez. Leur analyse fait apparaître que l'énergie éolienne constitue, dès à présent, une protection contre l'augmentation des prix de marché de l'électricité et représentera un bénéfice considérable pour la collectivité à l'horizon 2020, de l'ordre de 1,2 milliard d'euros par an pour le programme éolien terrestre.

Le Grenelle de l'Environnement a, du reste, pris la mesure des qualités de cette forme de production d'énergie en projetant un parc de 25 000 MW à l'horizon 2020, représentant près du quart de notre objectif de production d'énergie renouvelable à cette échéance.

La croissance de l'énergie éolienne dans le monde, particulièrement soutenue, est la preuve des atouts de cette forme de production d'électricité. Dans les pays où elle croît le plus, les Etats ont mis en place un mécanisme d'obligation d'achat qui se révèle un système très économique et décisif pour une croissance réussie de l'éolien.



Le Syndicat des énergies renouvelables (SER) est l'organisation professionnelle qui regroupe les entreprises de l'ensemble des filières énergies renouvelables : biomasse, bois, biocarburants, éolien, géothermie, hydraulique, solaire thermique et photovoltaïque. Créé en 1993, il compte plus de 350 membres. Il a pour objet de promouvoir les intérêts des industriels et des professionnels français des énergies renouvelables et de défendre ces intérêts au niveau des pouvoirs publics français et européens. A ce titre, il représente le secteur des énergies renouvelables dans différentes instances publiques ou associatives, comme le Conseil Supérieur de l'Energie et l'Union Française de l'Electricité.

L'association France Energie Eolienne (FEE) constitue la branche éolienne du Syndicat des énergies renouvelables et rassemble près de 200 professionnels. Créée en 1996, elle a pour mission d'étudier et de défendre les droits et les intérêts de ses membres et de resserrer les liens qui les unissent.

Pour en savoir plus : www.enr.fr et www.fee.asso.fr

SOMMAIRE

01	ANALYSE CRITIQUE DE L'ÉTUDE PUBLIÉE LE 21 JUILLET 2008 PAR L'INSTITUT MONTAIGNE	6
	1.1. Les biais dans l'exagération du coût de l'éolien	6
	• L'utilisation de l'éolien offshore pour alourdir la facture de l'éolien terrestre	6
	• La non prise en compte de la dégressivité du tarif d'achat	6
	• L'intégration du surcoût réseau pour la seule production d'origine éolienne	7
	1.2. Les biais dans la minimisation du bénéfice de l'éolien	7
	• La comparaison par rapport à des coûts de production qui n'ont pas été réévalués et sans référence au prix de marché de l'électricité	7
	• La non prise en compte de l'économie de CO ₂	8
	• Le calcul du bénéfice que représente l'éolien doit également intégrer l'économie réalisée par la construction évitée de nouvelles centrales thermiques et nucléaires	9
	1.3. La critique sur la rentabilité des parcs éoliens	9
02	L'ESTIMATION DU COÛT DU DÉVELOPPEMENT À 20 000 MW DE LA PRODUCTION ÉOLIENNE TERRESTRE	11
	2.1. La comparaison du coût de l'éolien par rapport au prix du marché	11
	2.2. La comparaison du coût de l'éolien par rapport aux autres moyens de production	12
	2.3. La situation particulière des zones qui ne sont pas raccordées aux « grands » réseaux électriques	14
	2.4. Les bénéfices non directement chiffrables de l'énergie éolienne	14
	2.5. L'impact marginal de l'éolien sur la contribution payée par chaque français au titre du service public de l'électricité	15
03	L'ÉOLIEN : UNE ÉNERGIE INCONTOURNABLE	17
	3.1. Le développement de l'éolien dans le monde	17
	• L'Europe	17
	• Les Etats-unis	18
	• La Chine et l'Inde	19
	• Les pays en voie de développement (Afrique, Asie)	19
	3.2. Les mécanismes d'obligation d'achat procurent le meilleur rapport coût / efficacité	19

01

ANALYSE CRITIQUE DE L'ÉTUDE PUBLIÉE LE 21 JUILLET 2008 PAR L'INSTITUT MONTAIGNE

L'étude intitulée « Eoliennes : nouveau souffle ou vent de folie ? » évalue le surcoût du développement de l'éolien en France à 2,5 milliards d'euros par an à l'horizon 2020. Elle s'appuie pour ce faire sur une argumentation particulièrement complexe qui cache un parti pris anti-éolien : la méthodologie, au demeurant contestable, et les hypothèses choisies conduisent, par construction, à exagérer le coût et à minimiser le bénéfice que représente l'éolien. Certains des biais de cette méthodologie sont relativement faciles à démontrer (à l'instar de l'intégration des coûts de raccordement aux réseaux dans les coûts de production pour la seule énergie éolienne), d'autres nécessitent un certain nombre de développements. Au fur et à mesure du présent chapitre, ce document s'attache à évaluer précisément le surcoût imputable à chacun des biais contenus dans le rapport.

Il est important
de distinguer
les éventuels
coûts de l'éolien
terrestre et
ceux de l'éolien
offshore

1.1. | Les biais dans l'exagération du coût de l'éolien

L'utilisation de l'éolien offshore pour alourdir la facture de l'éolien terrestre

L'éolien offshore est une filière naissante dont les technologies sont en développement, avec un potentiel de progrès important. Ces progrès sont susceptibles de conduire à des baisses sensibles des coûts. Il n'est donc pas possible d'évaluer le surcoût du développement de l'éolien offshore à partir des seuls tarifs d'achat actuels comme le fait l'auteur du rapport. Il est donc important de distinguer les éventuels coûts de l'éolien terrestre et ceux de l'éolien offshore.

Introduire l'éolien offshore, alors que son coût

et son rythme de développement à l'horizon 2020 sont marqués par de nombreuses incertitudes, constitue un biais majeur qui a pour seul objectif d'alourdir le surcoût de la filière. La distinction de ces deux technologies n'est pas clairement mise en évidence alors que, dans le chiffrage du surcoût de l'éolien, l'offshore pèse près de la moitié du surcoût calculé.

En retenant les propres chiffres de l'étude¹, l'éolien offshore représente un surcoût annuel de plus de **1 milliard d'euros**.

La non prise en compte de la dégressivité du tarif d'achat

Le coût de l'éolien terrestre a été divisé par près de 5 en 20 ans. Il a récemment légèrement augmenté en raison de la hausse des prix des métaux rentrant dans la composition d'une

éolienne. Toutefois, la tendance de fond est à la baisse et les tarifs d'achat fixés par le Ministre de l'énergie le 10 juillet 2006 intègrent d'ailleurs une diminution des tarifs corrigés de l'inflation

¹ L'étude chiffre le coût annuel du kW éolien offshore à 275 € pour une économie de 87 €, soit un différentiel de 188 € / kW. Cela représente pour un parc éolien offshore de 6 000 MW un coût total d'environ 1,1 milliard d'euros.

de 2% par an. D'ici 2020, les tarifs de l'éolien terrestre devraient donc baisser passant en euros constants de 82 €/MWh à 63 €/MWh². Dans toutes les simulations de surcoût à horizon 2020, cette dégressivité aurait dû être prise en compte, ce que ne fait pas Vincent Le Biez.

L'intégration du surcoût réseau pour la seule production d'origine éolienne

Le coût de l'éolien intègre, selon la méthodologie choisie par l'auteur, les externalités dues aux « renforcements de réseaux » et évaluées à près de 3 milliards d'euros. Ce chiffre se fonde sur une estimation datant de 2002 alors que RTE, dans une communication très récente, le 1^{er} juillet 2008, évalue ce coût pour le réseau de transport à 1 milliard d'euros.

Cependant, il s'agit moins ici de critiquer le chiffrage exagéré et approximatif des surcoûts liés au développement du « réseau » que l'approche partisane choisie par l'auteur qui n'évalue ces surcoûts que pour la seule filière éolienne. On est en droit de s'étonner devant ce parti pris car la nécessité de renforcer les réseaux s'impose pour les raccordements de tout mode de production, quelle que soit sa nature : centrale thermique, nucléaire ...

Ainsi, si le coût « réseau » est calculé pour l'éolien, il faudrait également l'évaluer pour le

nucléaire, le gaz ou le charbon...
La dégressivité du tarif d'achat conduit à une baisse de 12% du coût d'installation de l'éolien à l'horizon 2020. Le surcoût de la non prise en compte de la dégressivité est de 360 millions d'euros par an³.

nucléaire, le gaz ou le charbon...

Il est intéressant, à cet égard, de se livrer à un exercice de calcul en prenant l'exemple de l'EPR en cours de construction à Flamanville et dont la puissance prévue est de l'ordre de 1600 MW. Cette unité de production nécessite la construction d'une ligne THT sur près de 180 km et dont le coût prévisionnel est de l'ordre de 200 millions d'euros. Ce coût, rapporté à la puissance, représente une charge annuelle de l'ordre de 10 €/kW⁴... finalement très proche de celle évaluée par l'étude pour le cas de l'éolien, à partir d'une hypothèse qui, comme indiqué plus haut, multiplie par près de **trois** l'estimation du coût des raccordements donnée par RTE pour le réseau de transport.

Le surcoût annuel lié au raccordement réseau représente près de **260 millions d'euros**⁵ selon Vincent Le Biez, sans qu'aucun élément ne justifie son intégration dans le coût de l'éolien.

La nécessité
de renforcer
les réseaux
s'impose
pour les
raccordements
de tout mode
de production,
quelle que soit
sa nature

1.2. | Les biais dans la minimisation du bénéfice de l'éolien

La comparaison par rapport à des coûts de production qui n'ont pas été réévalués et sans référence au prix de marché de l'électricité

Le surcoût de l'éolien doit se mesurer par rapport à la référence de prix de marché de Powernext, soit 66,5 € / MWh au second trimestre 2008. Ce prix est significativement supérieur à ceux qu'utilise l'auteur.

Par ailleurs, les coûts de production affichés par l'étude pour le parc nucléaire et le parc thermique ne reflètent pas l'évolution récente du prix des combustibles. Depuis l'avis de la CRE en date du 29 juin 2006 sur lequel se fondent les estimations de Vincent Le Biez, à une époque

où le prix de l'électricité était de 40 € / MWh, la montée du coût des combustibles (le prix du pétrole a presque doublé, celui du gaz a augmenté de près de 50%, celui du charbon de 130%...) a très fortement impacté le coût de production des centrales thermiques au gaz ou au charbon, ce qui explique la hausse de plus de 40% du prix de l'électricité durant cette période.

Ces hausses de prix pourraient s'accroître dans le futur, en raison des tensions géopolitiques que l'on observe dans la plupart des régions ►

² Tous les calculs sont réalisés hors inflation, de même que dans le document préparé par V. Le Biez.

³ Le chiffre de 360 millions d'euros est obtenu en prenant comme hypothèse un parc installé de 3 000 MW fin 2007 et en supposant un rythme d'installation de 1 300 MW par an de 2008 jusqu'en 2020 (soit 20 000 MW installés à cet horizon) et en appliquant le coefficient de baisse du tarif d'achat (-2%) chaque année au coût des installations éoliennes mentionné dans le rapport. On obtient un coût moyen de 132 € / kW au lieu de 150 € / kW soit un écart moyen de 18 € / kW, ce qui représente un écart global de 360 M€ (= 18 € / kW x 20 000 MW).

⁴ Le coût du raccordement réseau, en se basant sur les chiffres de l'EPR est de 125 € / kW (= 200 M€ / 1600 MW), ce qui représente une charge de 10 € / kW et par an en prenant un taux d'actualisation de 8% et une durée d'amortissement infinie.

⁵ Soit 13 € / kW (calculé en page 3 de la publication de Vincent Le Biez) en retenant une hypothèse d'un parc terrestre de 20 000 MW à l'horizon 2020.

Toute
augmentation
du prix des
énergies
fossiles améliore
mécaniquement
la compétitivité
de l'énergie
éolienne

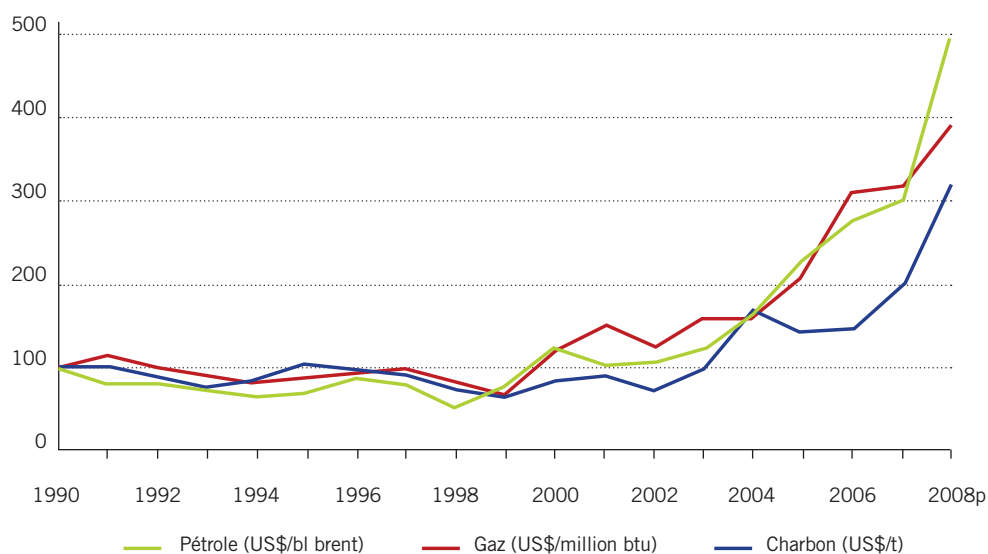
du monde qui concentrent les réserves d'hydrocarbures. Or l'auteur ne réalise aucun scénario prospectif afin d'évaluer l'évolution du coût de ces énergies.

Dans le nucléaire, les coûts ont également évolué nettement à la hausse, en raison notamment de la montée du prix du génie civil, du minerai et de la fabrication du combustible.

En retenant le prix atteint en 2008 par les combustibles fossiles, le bénéfice que représente

la mise en place d'un parc éolien terrestre est nettement plus important : l'économie réalisée par l'éolien est, en effet, égale à 113 € / kW selon ces hypothèses au lieu des 80 € / kW mentionnés dans le rapport⁶. « Oublier » la réévaluation du prix des combustibles conduit à une charge supplémentaire et injustifiée de **660 millions d'euros**. Ce chiffre pourrait encore être réévalué à la hausse, si le prix des hydrocarbures augmente encore d'ici 2020.

EVOLUTION DES PRIX « SPOT » DU PÉTROLE, GAZ ET CHARBON SUR LE MARCHÉ EUROPÉEN
(BASE 100 EN 1990) - (source : British Petroleum)



Dans le contexte énergétique et géopolitique actuel, l'augmentation sur le long terme du coût des énergies fossiles ne fait plus débat et une estimation de cette évolution est indispensable pour tout travail prospectif crédible.

Toute augmentation du prix des énergies fossiles améliore mécaniquement la compétitivité de l'énergie éolienne. Pour cette raison, entre 2004 et 2008, le surcoût de l'éolien a ainsi été divisé par 3. Cette compétitivité sera renforcée à chaque hausse future du prix des énergies.

Compte tenu de la dégressivité des tarifs, aucune hausse du prix de l'électricité n'est nécessaire pour supprimer tout surcoût de l'éolien terrestre d'ici 2020. Quant à la production éolienne offshore, une hausse du prix de l'électricité de seulement 3% par an suffit à supprimer ce surcoût en 2020. Ces sept dernières années, la hausse moyenne annuelle du prix de l'électricité est passée de 21€ / MWh environ en 2002 à près de 65€ / MWh en 2008.

La non prise en compte de l'économie de CO₂

S'agissant des économies de CO₂, l'auteur oublie de prendre en compte le coût des émissions de carbone évitées par la production éolienne. En partant d'hypothèses conservatrices au regard des chiffres couramment avancés, c'est-à-dire un prix de la tonne de CO₂ en 2020 égal à 40 € et

une économie de CO₂ de 0,3 tonne par MWh⁷ éolien, le coût évité et non pris en compte par cette étude est égal à 12 € / MWh.

L'économie de CO₂ réalisée grâce à l'énergie éolienne est de 25,2 € / kW, soit pour l'horizon 2020, avec un parc installé de 20 000 MW, une économie totale de **500 millions d'euros**.

⁶ Les coûts de fonctionnement des centrales nucléaires et des centrales thermiques au gaz sont respectivement de 12 € / MWh et de 75 € / MWh (source : SER à partir des informations de l'étude Emerging Energy Research). Le coût évité moyen, en supposant un mix énergétique composé d'un tiers de nucléaire et de deux tiers de thermique est donc de 54 € / MWh, soit en faisant l'hypothèse qu'1 kW d'éolien produit en moyenne 2 100 kWh une économie de 113 € / kW au lieu de 80 € / kW comme le calcule Vincent Le Biez page 4 de sa publication. En prenant comme hypothèse un parc de 20 000 MW à l'horizon 2020, l'économie totale est de 660 millions d'euros.

⁷ Source : ADEME et MEEDDAT

Le calcul du bénéfice que représente l'éolien doit également intégrer l'économie réalisée par la construction évitée de nouvelles centrales thermiques et nucléaires

L'approche adoptée par l'auteur du rapport a été choisie afin de diminuer le plus possible l'économie que représente l'éolien.

En effet, Vincent Le Biez ne tient pas compte du fait qu'un parc éolien de 20 000 MW permet d'éviter la construction de plusieurs milliers de MW de nouvelles centrales thermiques et nucléaires (pour une production moyenne de 42 TWh composée d'un mix moyen d'un tiers nucléaire et de deux tiers thermiques selon Vincent Le Biez⁸).

Le calcul du bénéfice que représente l'éolien

doit également intégrer l'économie réalisée sur la construction évitée de nouvelles centrales thermiques et nucléaires.

Si l'on part de l'hypothèse, comme le fait le rapport, que l'éolien se substitue pour un tiers au nucléaire et pour deux tiers à de la production thermique et en prenant un coût complet du nucléaire de 56 € / MWh (estimation moyenne entre le coût annoncé par EDF en 2006 et le coût estimé par le cabinet Emerging Energy Research), on aboutit à une économie supplémentaire de **920 millions d'euros**⁹.

En conclusion, en reprenant chacun des postes sur lesquels s'appuie Vincent Le Biez pour faire sa démonstration et en posant des hypothèses conformes à la réalité économique de la production d'électricité, l'éolien terrestre représente pour la collectivité un gain net de l'ordre de 1,2 milliard d'euros par an à partir de 2020. Dans ces conditions, l'énergie éolienne ne représentera pas un surcoût, mais un bénéfice pour chaque foyer français évalué à 48 € par an.

Facture initiale présentée par le rapport Montaigne dont éolien offshore	- 2 500 M€ / an (-1 000 M€ / an)
Dégressivité des tarifs d'achat	+ 360 M€ / an
Surcoût réseau	+ 260 M€ / an
Réévaluation du coût des matières premières	+ 660 M€ / an
Economie de CO ₂	+ 500 M€ / an
Construction évitée de nouvelles centrales	+ 920 M€ / an

Economie totale (Programme 20 000 MW terrestres) + 1 200 M€ / an

1.3. La critique sur la rentabilité des parcs éoliens

L'étude publiée par l'Institut Montaigne critique la rentabilité supposée excessive de l'éolien et met en avant un indicateur, le TRI fonds propres, en soutenant que certains projets peuvent bénéficier d'une rentabilité de l'ordre de 22% à 40%.

Sur ce sujet, il convient de rappeler que les tarifs d'achat de l'énergie éolienne ont été fixés par le gouvernement sur la base d'un taux de rentabilité interne (ou TRI) de 8%. Ce

niveau de rentabilité est significativement plus faible que celui qui déclenche généralement les investissements dans d'autres secteurs d'activité (soit un TRI de près de 15%), la sécurité que procure le système de l'obligation d'achat permettant la définition de retours sur investissements plus modestes que ceux qu'exigerait un investisseur sur un marché non réglementé.

Du reste, dans une étude relative au cadre ►

Un parc éolien de 20 000 MW permet d'éviter la construction de plusieurs milliers de MW de nouvelles centrales thermiques et nucléaires

⁸ Le mix moyen de substitution de l'éolien composé d'un tiers de nucléaire et de deux tiers de thermiques n'engage pas le SER et correspond au chiffre indiqué par V. Le Biez. Aucune analyse rigoureuse de ce mix de substitution n'a été menée mais, en tout état de cause, sauf congestions sur le réseau public de transport qui pourraient limiter les exportations d'électricité de la France vers ses voisins, la production éolienne devrait se substituer à de la production thermique (en France mais également dans le reste de l'Union Européenne) avant de se substituer au nucléaire.

⁹ En retenant un coût complet du nucléaire de 56 € / MWh (EDF en 2006 annonçait un coût des nouvelles centrales nucléaires de 46 € / MWh, le cabinet Emerging Energy Research dans une publication datant de juillet 2008 évalue ce coût à 66 € / MWh) et du thermique de 91 € / MWh (source : Emerging Energy Research) et en enlevant de ce coût complet la part relative au coût variable estimée à 12 € / MWh pour le nucléaire et à 75 € / MWh pour le thermique, on obtient un coût fixe du nucléaire et du thermique de respectivement 44 € / MWh et de 16 € / MWh. Ce coût fixe représente notamment l'économie réalisée sur la construction évitée de nouvelles centrales grâce au parc éolien. En considérant un mix moyen d'un tiers de nucléaire et de deux tiers de thermique, le coût fixe moyen du MWh substitué par l'éolien est de : $44 \text{ €} \times 1/3 + 16 \text{ €} \times 2/3 = 25,3 \text{ €} / \text{MWh}$. Pour un parc de 20 000 MW fonctionnant en moyenne 2 100 heures à l'horizon 2020, l'économie dégagée par l'éolien est donc de 1 064 M€ ($1\,064 \text{ M€} = 20\,000 \text{ MW} \times 2\,100 \text{ heures} \times 22 \text{ €}$). A ce chiffre, il convient de retirer la valeur calculée par Vincent Le Biez (140 M€) pour la substitution de l'éolien à 7 € / kW. Vincent Le Biez sous-estime donc l'économie réelle de 924 M€ (= 1 064 M€ - 140 M€) supplémentaire.

conceptuel de la juste rémunération du capital des sociétés de production d'électricité d'origine éolienne, un cabinet indépendant, Associés en Finance, détermine le niveau de rentabilité exigé par l'activité éolienne, à partir du taux sans risque tiré des taux des obligations d'Etat et de deux composantes : une composante liée au risque de l'activité et une composante d'illiquidité (caractère des capitaux non constitués de liquidités). Compte tenu de la structure financière de sociétés comparables, la rentabilité minimale recherchée est évaluée à 8,1 %.

En tout état de cause, l'hypothèse d'un TRI de 8% prise en compte pour le calcul des tarifs d'achat doit se comprendre comme une moyenne : suivant le nombre d'heures de fonctionnement, la rentabilité varie.

Dans tous les cas, les calculs montrent que l'on est très loin d'une rentabilité TRI de 22 ou de 40%. Dans ces conditions, comment l'auteur de l'étude fait-il pour avancer des TRI aussi importants ? La solution consiste à ne pas parler de la rentabilité du projet mais de celle des fonds propres (ou du capital) amenés par l'opérateur éolien (on parle alors de TRI des fonds propres).

Pour réaliser un parc éolien, l'opérateur apporte des fonds propres et emprunte auprès d'établissements bancaires. La rentabilité dégagée

sur les fonds propres dépend à la fois de la rentabilité du projet (nombre de MWh produits) et du niveau d'endettement. Dès lors, utiliser le TRI fonds propres comme indicateur de la rentabilité associée aux tarifs pour un opérateur éolien n'a pas de sens et il convient bien d'avoir recours au TRI projet qui calcule la rentabilité intrinsèque du projet, quel que soit son mode de financement.

A titre d'exemple, pour un projet de 10 MW qui génère une production nette de 2 300 heures avec un contrat d'achat de 15 ans et un crédit ayant une maturité de 14 ans, avec un ratio d'endettement / fonds propre de 80% / 20% (qui permet de respecter les règles habituellement imposées par les banques), le TRI projet est de 6,9% si le coût du MW installé est de 1,5 million d'euros et le TRI fonds propres de 5,4%. Par contre, si l'on considère un coût d'investissement de 1,3 million d'euros le TRI projet est bien de 8,9% et le TRI fonds propre de 12,8%.

A l'extrême, quel que soit le tarif, si un opérateur finance son projet à 100% par de l'endettement, son niveau de risque est très élevé mais son TRI fonds propres est infini. C'est la démonstration par l'absurde que le bon indicateur est le TRI projet (et non le TRI fonds propres) conformément aux hypothèses retenues par le ministère en charge de l'énergie lors de la fixation du tarif. ■

02

L'ESTIMATION DU COÛT DU DÉVELOPPEMENT À 20 000 MW DE LA PRODUCTION ÉOLIENNE TERRESTRE

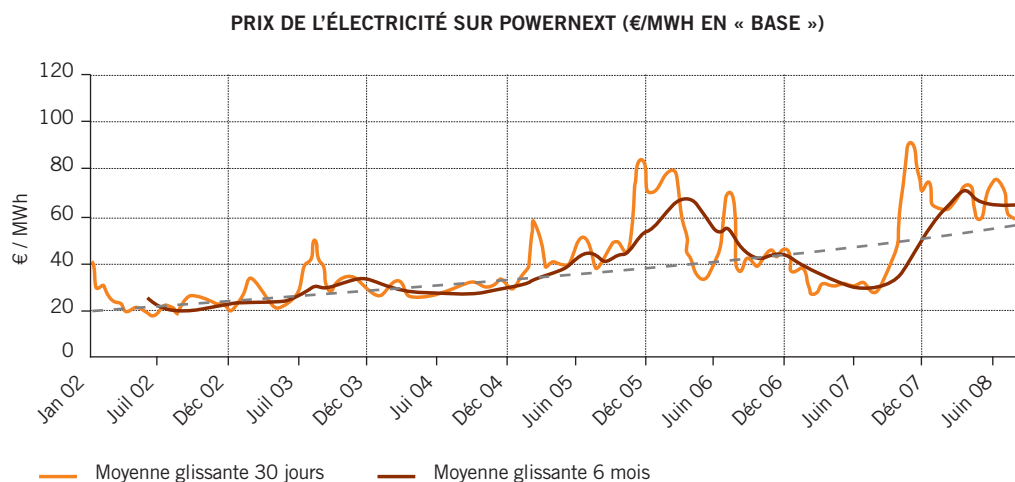
S'il est difficile aujourd'hui d'évaluer le coût du développement de l'éolien offshore, en raison des progrès technologiques importants attendus sur cette technologie, le coût du développement de l'éolien terrestre peut être raisonnablement appréhendé sur la base des tarifs d'achat actuels.

Il existe deux références par rapport auxquelles on peut comparer le coût de l'éolien : le prix de marché d'une part et le coût de production des installations conventionnelles comme les centrales à combustion ou les installations de cogénération. Ces évaluations sont menées dans les deux paragraphes suivants.

2.1. | La comparaison du coût de l'éolien par rapport au prix du marché

Les prix de marché de l'électricité font l'objet d'une hausse notable depuis plusieurs années : le prix moyen observé en 2008 du spot en base sur le marché journalier de Powernext est de

66,5 €/MWh. A ce niveau de prix observé sur le marché, l'écart avec le tarif d'achat de l'énergie éolienne est particulièrement faible : de l'ordre de 15%.



Le graphique précédent, qui décrit l'évolution du prix de l'électricité depuis 2001, montre que le marché s'inscrit dans une tendance haussière, avec des pics de prix provoqués par les tensions

sur les marchés des combustibles : en 2006, le prix de l'électricité a atteint des records lors de la crise des approvisionnements gaziers provoquée par la Russie tandis que, depuis mi-2007, ►

Les contrats « futurs » d'approvisionnement en électricité font l'objet d'échanges à près de 80 €/MWh et peuvent être supérieurs aux tarifs d'achat de l'énergie éolienne

Les coûts de fonctionnement des centrales thermiques ont très fortement augmenté, ce qui rapproche leurs coûts de celui de l'éolien

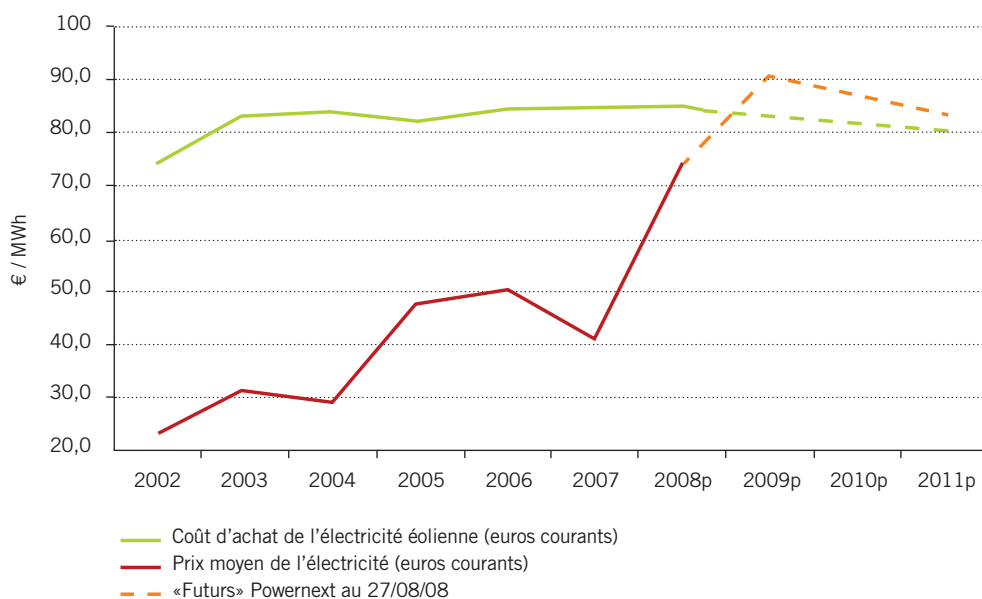
les prix se sont inexorablement appréciés sur fond de flambée du prix du pétrole, du gaz et du charbon.

Au final, la différence entre le prix de Powernext et le niveau des tarifs d'achat est faible, ce qui a conduit la CRE, en début d'année, à revoir à la baisse sa prévision du surcoût lié à l'obligation d'achat et supporté par la CSPE (Charges de Service Public de l'Electricité). Selon la CRE, « entre 2006 et 2008, on constate une baisse de 24% des surcoûts relatifs aux contrats d'achat, due à la forte augmentation des prix de marché (+13,5 €/ MWh) et ce, malgré un fort développement des énergies renouvelables, en particulier de l'éolien dont la production devrait augmenter de 64% entre 2006 et 2008 ». La CRE évalue ainsi le surcoût de l'éolien

durant l'année 2008 à seulement 91,6 millions d'euros (soit 0,025 c€/ kWh).

Le marché anticipe une augmentation supplémentaire du prix de l'électricité : les contrats « futurs » d'approvisionnement en électricité pour le quatrième trimestre 2008, les années 2009, 2010 et 2011, cotés sur Powernext, font l'objet d'échanges à près de 80 €/MWh et peuvent être supérieurs aux tarifs d'achat de l'énergie éolienne comme le montre le graphique ci-dessous. Avec une telle référence de prix de marché, le surcoût de l'obligation d'achat devrait devenir nul. Qui plus est, l'éolien, dans un tel scénario, constitue un moyen de production qui permet de protéger le marché de l'électricité de l'augmentation du prix des combustibles fossiles.

COMPARAISON DU COÛT D'ACHAT DE L'ÉLECTRICITÉ ÉOLIENNE PAR RAPPORT AU PRIX « BASE LOAD » SUR LE MARCHÉ - (source : CRE / Powernext)



2.2. La comparaison du coût de l'éolien par rapport aux autres moyens de production

Vincent Le Biez s'attache moins à la comparaison de l'éolien avec le prix du marché qu'avec les coûts des autres moyens de production : « La différence, c'est qu'au lieu de comparer les prix, nous avons regardé les coûts ».

L'affirmation est tout à fait inexacte :

l'analyse de Vincent Le Biez revient à comparer les coûts de développement d'une nouvelle installation éolienne avec les coûts moyens du parc existant, majoritairement nucléaire et hydraulique, largement amorti d'EDF (financé par l'Etat et les consommateurs

d'électricité), alors qu'elle devrait s'attacher à comparer les coûts de développement des nouvelles installations éoliennes aux coûts de développement de nouvelles centrales telles qu'elles se construisent actuellement : EPR, centrales au gaz à cycle combiné....

Cette comparaison pour l'Europe, menée par un bureau d'études, Emerging Energy Research (<http://www.emerging-research.com>), et actualisée à la fin du mois de juillet 2008, est particulièrement instructive car elle montre qu'en raison de la hausse du prix des combustibles, les coûts de fonctionnement des centrales thermiques ont très fortement augmenté, ce qui rapproche leurs coûts de celui de l'éolien.

En particulier, on observe, pour les différentes technologies analysées, les coûts de production (pour un fonctionnement en base) suivants :

- Centrale nucléaire : le prix du MWh électrique s'établit à 66 €, avec une marge d'incertitude importante, compte tenu du peu de projets actuellement en construction en Europe.

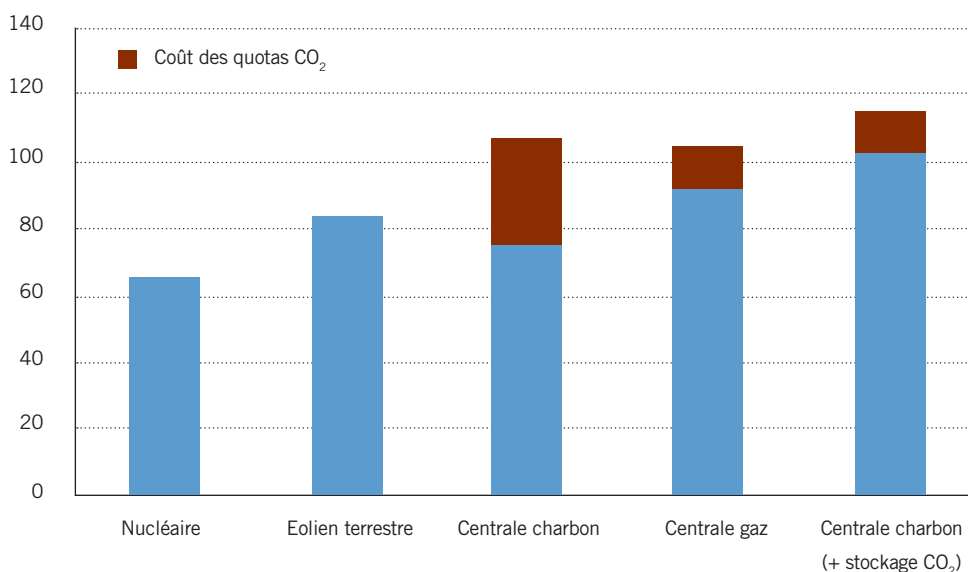
- Centrale charbon : le prix du MWh électrique s'élève à 75 € si on ne tient pas compte du paiement des émissions de CO₂ et à 107 € en prenant en compte le coût des quotas CO₂ que devront payer les producteurs avec la mise en place de la directive ETS actuellement en cours de discussion.

- Centrale gaz à cycle combiné : le prix du MWh électrique est évalué à 91 € sans prendre en compte le coût des quotas CO₂ et à 104 € en intégrant le coût de ces quotas.

- Eolien terrestre : le prix du MWh est évalué à 83 €.

Le développement d'un parc de production éolien n'engendrerait pas de surcoût pour la collectivité mais, bien au contraire, un gain net

COMPARAISON DES COÛTS DE PRODUCTION POUR PLUSIEURS TECHNOLOGIES (EN BASE) - (source : Emerging Energy Research, juillet 2008)



La comparaison de ces coûts de production permet de montrer que le développement d'un parc de production éolien se substituant pour un tiers au nucléaire et pour les deux tiers à de la production thermique n'engendrerait pas de surcoût pour la collectivité mais, bien au contraire, un gain net. En effet, le coût moyen du MWh composé d'un

tiers de nucléaire et de deux tiers de thermique à flamme (alors même que RTE indique que l'éolien se substitue aux trois quarts à de la production thermique) est de : $66 \text{ €} \times 1/3 + 104 \text{ €} \times 2/3 = 91,3 \text{ €}$. Le coût de l'éolien terrestre étant de 83 € / MWh, l'économie dégagée est de 8,3 € / MWh¹⁰. ►

¹⁰ Rappel : dans l'estimation de l'économie totale de l'éolien page 9, il a été pris en compte un chiffre de 56 € / MWh pour le nucléaire de nouvelle génération.

En l'espace de dix ans, le taux de dépendance énergétique de l'Union Européenne, est passé de 44% à 56%

2.3. | La situation particulière des zones qui ne sont pas raccordées aux « grands » réseaux électriques

Si l'éolien rivalise d'ores et déjà avec les autres modes de production sur le territoire métropolitain continental, il constitue le mode de production le plus économique dans les îles et les territoires excentrés qui ne sont pas directement raccordés à un grand réseau électrique. En effet, dans ces zones, il n'est pas possible d'implanter de production nucléaire à moindre coût et l'approvisionnement en combustible pour les centrales thermiques conventionnelles s'avère beaucoup plus coûteux que sur le territoire métropolitain.

L'avis de la CRE en date du 29 juin 2006

indiquait que, déjà à cette époque, le coût de l'éolien en Corse et dans les départements d'outre-mer était inférieur de près de 15% à celui des centrales au fioul, habituellement utilisés pour la production d'électricité.

Depuis 2006, la hausse du prix des combustibles fossiles a entraîné une envolée des coûts de production de ce type de centrale : le coût du seul combustible pour les centrales au fioul ou au charbon est supérieur à 150 € / MWh. Dans ces conditions, le bénéfice économique de l'installation d'éoliennes est immédiat.

2.4. | Les bénéfices non directement chiffrables de l'énergie éolienne

Si l'on souhaite comparer les coûts réels prenant en compte les externalités, il est indispensable de chiffrer (ou tout au moins d'évoquer) la thématique des coûts externes. Ces coûts représentent ceux n'étant pas pris en compte dans le coût de l'énergie mais étant payés par la collectivité ou les générations futures. Parmi ces coûts, on peut citer le coût de la santé, de la sécurité et du risque d'accident sur des infrastructures énergétiques, le prix de la sécurité d'approvisionnement et de la dépendance énergétique, celui de la raréfaction et du renchérissement des combustibles, etc.

S'il est extrêmement difficile de chiffrer ces coûts, compte tenu de leur nature propre, il est indéniable que les énergies renouvelables en général, et l'éolien en particulier, sont particulièrement compétitives face à toutes les autres formes de production énergétique.

L'actualité de l'année 2008 montre en particulier que la sécurité d'approvisionnement et l'indépendance énergétique constituent un atout majeur, trop souvent ignoré, des énergies renouvelables en général et de la production éolienne en particulier. En l'espace de dix ans, le taux de dépendance énergétique de l'Union Européenne, qui mesure la part des importations dans la consommation d'énergie, est passé de 44% à 56%. Avec l'épuisement des réserves d'hydrocarbures en Mer du Nord, l'Europe verra sa dépendance énergétique encore augmenter et, d'ici 2030, elle importera plus de 80% du gaz et plus de 90% du pétrole qu'elle consomme. L'énergie éolienne est une réponse à l'augmentation de cette dépendance énergétique car elle peut nous permettre à terme de produire plus de 10% de notre électricité.

2.5. L'impact marginal de l'éolien sur la contribution payée par chaque français au titre du service public de l'électricité

L'énergie éolienne est financée par une part de la contribution relative au service public de l'électricité (CSPE) payée par chaque Français sur sa facture d'électricité, au prorata de sa consommation. Cette contribution, définie dans la loi du 10 février 2000, permet à EDF d'être compensé pour les surcoûts liés à la mission de service public qui lui est attribuée sur cinq grands postes :

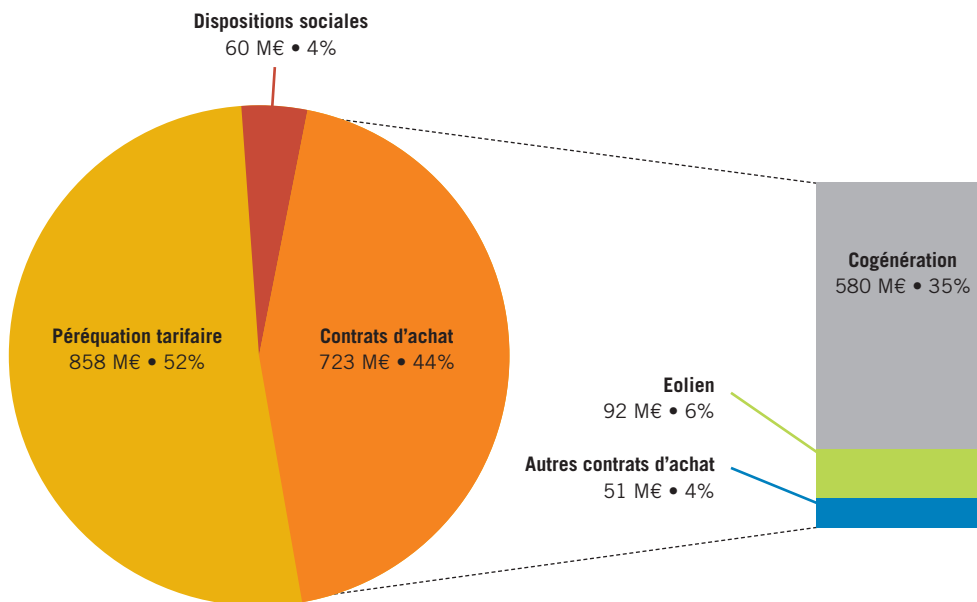
- l'obligation d'achat de l'électricité produite par la cogénération,
- l'obligation d'achat de l'électricité produite par les énergies renouvelables (dont l'hydraulique, l'éolien, le solaire....),
- l'obligation d'achat liée aux autres contrats (diesel dispatchable, appel d'offres etc.),

- la péréquation tarifaire, c'est-à-dire le surcoût de la production électrique dans certaines zones non interconnectées au réseau (Corse et départements d'outre-mer),

- la fourniture d'électricité au tarif social pour les personnes en situation de précarité.

Le montant de la CSPE en 2008 est de 4,5 €/ MWh. L'énergie éolienne ne représente que 5,6% de ce montant, soit une charge de l'ordre de 25 cts€ / MWh, soit, en moyenne pour un ménage français consommant 2500 kWh / an, un coût d'environ 60 c€. L'essentiel des charges supportées par la CSPE provient de la péréquation tarifaire et de la cogénération.

Le montant de la CSPE en 2008 est de 4,5 €/MWh. L'énergie éolienne ne représente que 5,6% de ce montant



DÉCOMPOSITION DE LA CSPE (PRÉVISIONNEL 2008) (source : CRE)

Il convient au demeurant de souligner combien le poids dans la CSPE de la cogénération, qui est une production d'électricité à partir d'énergie

fossile, est plus important que celui de l'éolien : la cogénération représente un total de 579,6 M€ de charges prévisionnelles en 2008, pour un ►

coût moyen de près de 110,8 € / MWh.

Ce poids de l'éolien dans la CSPE n'est pas spécifique à l'année 2008 : depuis 2003, l'essentiel du coût de la CSPE est dû à la cogénération et à la péréquation tarifaire. Les énergies renouvelables en général, et l'éolien en particulier, ont systématiquement représenté une part très faible de la CSPE.

Ainsi, alors que le montant de la péréquation tarifaire a doublé en 5 ans (soit une augmentation de 448 millions d'euros) en raison de l'augmentation du coût des énergies fossiles et augmente de plus de 100 millions d'euros par an, le montant lié à l'ensemble des énergies renouvelables a, lui, baissé de 31% et sera, selon la CRE, inférieur à 100 millions d'euros

en 2008. Durant cette période, la production éolienne sous contrat d'achat a été multipliée par plus de 20. Dans ces conditions, il est difficile de pouvoir justifier un surcoût significatif pour la collectivité lié au développement de l'éolien.

Par ailleurs, comme expliqué dans le paragraphe 2.5, l'éolien peut et doit être considéré comme une production de nature à alléger considérablement le poids de la péréquation tarifaire dans la CSPE (représentant un total de 858 M€), car son coût de production dans les territoires insulaires (Corse et départements d'outre-mer) y est devenu inférieur à celui des autres moyens de production (fioul et charbon notamment) habituellement utilisés dans les îles. ■

03

L'ÉOLIEN

UNE ÉNERGIE INCONTOURNABLE

3.1. Le développement de l'éolien dans le monde

L'énergie éolienne est développée par de très nombreux pays et a connu une croissance très importante ces dernières années : en 2007, près de 20 000 MW de nouvelles capacités éoliennes ont été installées dans le monde, ce qui porte aujourd'hui la capacité mondiale à plus de 100 000 MW. L'éolien représente 200 TWh de production électrique par an, soit 1,3% de la consommation totale d'électricité dans le monde et a attiré, pour la seule année 2007, un montant total d'investissements de 50,2 milliards de dollars. Les experts du GWEC (association mondiale de l'énergie éolienne) prévoient le maintien dans le futur d'une croissance soutenue de l'éolien, conduisant à un parc installé de près de 170 000 MW en 2010.

L'Europe

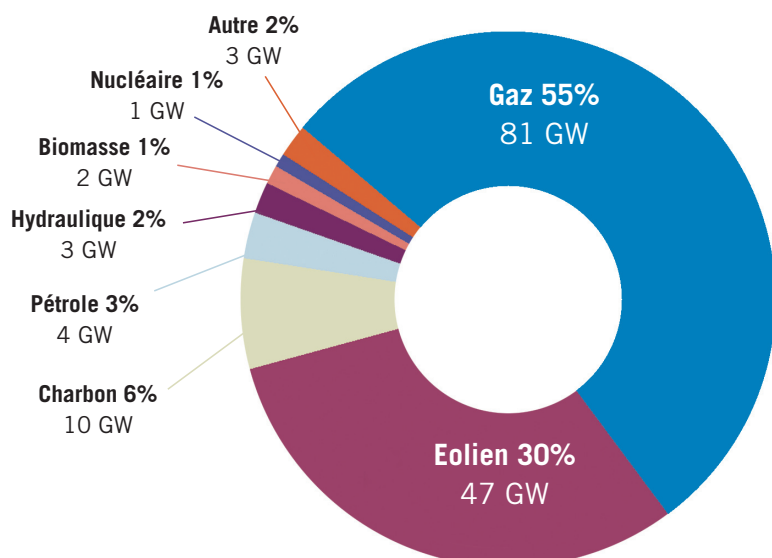
L'Europe a pris une longueur d'avance en matière d'énergie renouvelable en affirmant son ambition d'atteindre en 2020 l'objectif d'une part de 20% d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie. Cet objectif signifie que près du

tiers de la production d'électricité devra, à cet horizon, provenir de sources renouvelables. Il est clair que l'éolien devrait contribuer à l'essentiel de cet objectif, comme l'ont montré les travaux du Grenelle de l'Environnement. ►

En 2007, près de 20 000 MW de nouvelles capacités éoliennes ont été installées dans le monde

CAPACITÉ DE PRODUCTION INSTALLÉE EN EUROPE (UE) ENTRE 2000 ET 2007

(Source : EWEA / Platts PowerVision)

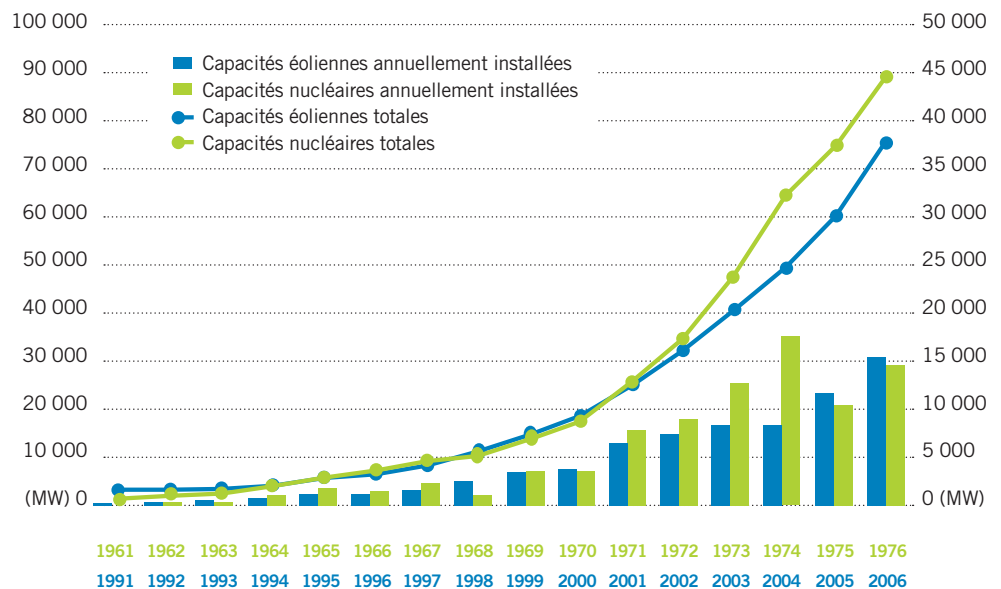


En 2007, près de 57 000 MW de puissance éolienne sont en fonctionnement en Europe, pour une production annuelle de 119 TWh, soit 3,7% de la consommation électrique européenne.

En moyenne, la croissance des capacités d'éoliennes installées en Europe est de 25% par an. Cette croissance reproduit celle qu'a connue l'énergie nucléaire dans les années 1970.

DÉVELOPPEMENTS COMPARÉS DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE ET NUCLÉAIRE SUR LES PÉRIODES 1991-2006 ET 1961-1976

(Source : EWEA)



En moyenne, la croissance des capacités d'éoliennes installées en Europe est de 25% par an

Plusieurs pays ont annoncé des plans de développement massifs de l'énergie éolienne : outre le Danemark, l'Allemagne et l'Espagne, locomotives historiques de l'éolien en Europe, le Royaume-Uni a récemment annoncé un programme d'investissement dans les énergies renouvelables de 100 milliards de livres d'ici 2020, dont une importante partie consacrée à

l'énergie éolienne qui devra totaliser en 2020 plus de 28 000 MW. De son côté, la Norvège a dévoilé un programme d'investissement à grande échelle, visant à créer entre 5 000 et 8 000 MW de capacités supplémentaires.

On soulignera notamment que l'Allemagne vient d'augmenter son tarif éolien pour le porter à 90 € / MWh.

Les Etats-Unis

En 2007, près de 5 300 MW de nouvelles capacités éoliennes ont été installées aux Etats-Unis, ce qui porte le parc total américain à près de 17 000 MW. Ce rythme record d'installations devrait se poursuivre en 2008, d'autant que l'éolien fait l'objet d'un consensus, dans le cadre de la campagne présidentielle en cours, tant du côté des Républicains que des Démocrates.

Un Etat plus que tout autre aux Etats-Unis symbolise la révolution énergétique que vit actuellement le continent américain : le Texas, qui concentre l'essentiel des réserves pétrolières du pays, a connu un très fort développement de

l'éolien en 2007 et dispose aujourd'hui d'un parc installé de plus de 4 500 MW. De très forts investissements sont, par ailleurs, annoncés dans le Nord-Ouest du Texas où des fermes de plusieurs milliers de MW sont en cours de construction.

Très récemment, un projet de ferme géante a par ailleurs été annoncé dans l'Etat du Dakota du Sud, pour un total de 6 000 MW et un coût de plus de 3 milliards d'euros. Ce projet constituerait le parc le plus important au monde et la capacité qu'il représente dépasserait largement celle actuellement installée en France.

La Chine et l'Inde

La Chine s'est fixée comme objectif d'obtenir 15% de son électricité à partir de sources renouvelables d'ici à 2020, et a donné des objectifs en termes d'énergies renouvelables pour ses principales entreprises de production d'énergie. En 2007, la capacité éolienne installée en Chine s'élevait à 5 600 MW et le rythme d'installation annuel

de capacités supplémentaires prévues est de l'ordre de 4 000 MW.

L'Inde est le quatrième marché mondial de l'éolien avec près de 7 900 MW installés fin 2007. Suzlon, son principal opérateur industriel, est devenu l'un des premiers constructeurs mondiaux.

Les pays en voie de développement (Afrique, Asie)

Plusieurs pays travaillent sur des projets éoliens d'ampleur permettant d'alimenter des zones difficiles d'accès et donc très éloignées du réseau national d'électricité. En Afrique, l'Égypte, la Tunisie, le Maroc, l'Éthiopie, le Kenya, l'Afrique du Sud, la Namibie, le Cap Vert, la Mauritanie et, dans une moindre mesure,

le Sénégal s'engagent dans des programmes qui représenteront 20 000 à 30 000 MW dans les 5 ans à venir. En additionnant ces projets avec ceux qui pourraient être développés en Asie (Philippines, Vietnam...), la capacité totale installée dans les pays en développement pourrait s'élever à 80 000 MW.

3.2. Les mécanismes d'obligation d'achat procurent le meilleur rapport coût / efficacité

Dans chacune de ces régions du monde, le développement de l'éolien est favorisé par des mécanismes d'aide publique peu coûteux, mais nécessaires pour donner une visibilité de long terme aux investisseurs. Il serait erroné de croire que cette intervention publique est spécifique à l'éolien : le nucléaire et l'hydraulique n'auraient probablement jamais pu être développés à leurs débuts par de seuls investisseurs privés et ont historiquement bénéficié d'un fort soutien public.

Toutes ces énergies partagent, en effet, un point commun : leurs coûts sont essentiellement des coûts fixes qui supposent une prise de risque plus importante de la part des investisseurs que dans le cadre de centrales à combustibles fossiles où les charges relèvent essentiellement des frais de fonctionnement. Du fait de cette caractéristique, il est nécessaire que les Etats mettent en place un mécanisme de garantie appropriée, pour donner de la visibilité aux investisseurs, diminuer le coût du risque et alléger la charge pour la collectivité.

S'agissant de l'efficacité des différents

systèmes de soutien, la Commission Européenne souligne, dans un rapport sur les mesures de soutien à la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables, publié le 7 décembre 2005, le caractère plus efficace et moins coûteux du système de tarif garanti par rapport aux systèmes d'appels d'offres ou de quotas. Les pays qui ont fortement développé les énergies renouvelables, et en particulier l'éolien, ont tous mis en œuvre ce type de mécanisme. C'est le cas de l'Allemagne et de l'Espagne.

A l'inverse, dans les pays qui utilisent des systèmes d'appels d'offres ou de certificats verts, le niveau du tarif d'achat éolien peut s'avérer extrêmement élevé. En Italie, par exemple, le MWh éolien a atteint les 185 € en 2007. En France enfin, les appels d'offres lancés par l'Etat en 1997 (Eole 2005) en 2004 et en 2005 se sont globalement révélés peu efficaces.

Le système de tarif d'achat fixe et garanti constitue donc le meilleur système de soutien pour la collectivité, car il permet de mutualiser, à grande échelle, les risques associés aux projets individuels et d'obtenir le prix le plus bas. ■

Le système de tarif d'achat fixe et garanti constitue le meilleur système de soutien pour la collectivité



SYNDICAT DES ENERGIES RENOUVELABLES • FRANCE ENERGIE EOLIENNE

48, boulevard des Batignolles 75017 Paris • tél. : +33 1 48 78 05 60 • fax : +33 1 48 78 09 07 • <http://www.enr.fr>