

LES EOLIENNES, VOUS CONNAISSEZ ?

Gidali GUTNER



Moulin de Mainsaint © G. Gutner

Résumé

Après avoir sommairement présenté les organisations impliquées dans le développement de la production d'électricité (RTE, CRE, AMORCE, FEE, FED) on décrit le fonctionnement des éoliennes notamment à partir des données de production d'électricité éolienne espagnole dont le parc éolien installé est approximativement le parc envisagé d'ici 2020 en France.

On constate que la production d'électricité éolienne (comme celle des panneaux photovoltaïques) ne correspond pas en France aux périodes hivernales de forte consommation et les besoins de renforcement du réseau de transport sont importants.

En Espagne, bien que les parcs éoliens soient répartis sur l'ensemble du territoire l'effet escompté du foisonnement (la production des régions de vent faible étant compensée par les régions où il y a du vent) est relativement faible. La puissance a été de 2,2% au minimum et n'a pas dépassé 71,3% de la puissance installée. On observe qu'en Espagne lorsque les éoliennes produisent peu ce sont des centrales à gaz qui prennent le relais pour pallier l'intermittence de la production éolienne.

Résumé (suite 1)

En Allemagne, les principaux parcs éoliens sont situés au nord du pays alors que les centres de consommation sont plutôt dans le Sud. Les besoins énormes de création de nouvelles lignes de transport sont exacerbés par l'arrêt en 2011 de huit réacteurs.

On présente ensuite les conséquences de l'intermittence de la production d'électricité en l'absence de moyens suffisants de stockage de l'électricité compte tenu du programme de développement des parcs éoliens. Il faut donc construire des installations de production d'électricité qui prennent la relève des éoliennes. Ces installations utilisent souvent le gaz comme combustible, fonctionnent de façon aléatoire et s'usent plus vite que des installations en fonctionnement permanent. L'autre solution à ce problème est le stockage massif d'électricité. Divers procédés font l'objet de recherches et d'expérimentations. Les procédés les plus aboutis sont le stockage grâce à des stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) et le stockage d'air comprimé.

Résumé (suite 2)

Les éoliennes ne sont pas à l'abri d'accidents (le risque zéro n'existe pas). Quelques exemples sont donnés. Les éoliennes ont de plus des effets sur le fonctionnement des radars militaires et météorologiques qui peuvent avoir des conséquences sur la sécurité notamment pour les navires s'il s'agit d'éoliennes en mer (offshore).

Le développement d'une nouvelle industrie en France pour la construction des éoliennes et des entreprises pour leur exploitation et leur entretien fait espérer la création d'un nombre très important d'emplois. Des doutes sont permis au vu des licenciements réalisés chez les principaux constructeurs du fait de la crise et de la prise de conscience du prix élevé de l'électricité produite.

L'environnement juridique complexe et en évolution constante freine le développement des parcs éoliens ce dont se plaignent AMORCE et FEE.

Quelques considérations sur le coût des éoliennes, sur leur fiscalité et finalement la manière dont elles sont financées sont présentées.

La dernière partie présente quelques exemples de réalisations et de projets.

Introduction

Je suis, je peux le dire, passionné par les problèmes d'énergie que ce soit pour chauffer/refroidir les habitations ou pour assurer l'alimentation électrique du robot Curiosity sur Mars. En prévision du débat sur la transition énergétique j'ai rassemblé divers renseignements glanés depuis près de deux ans.

Faire un choix parmi la multitude extraordinaire d'informations présentes sur internet, c'est évidemment prêter le flan à l'accusation de parti pris.

Bien que je présente les arguments des promoteurs de l'énergie éolienne et ceux de leurs opposants, en réalité, je suis effectivement de parti pris.

Par le passé on utilisait l'énergie du vent pour moudre de la farine ou pomper de l'eau pour abreuver les animaux ou encore pour mouvoir des bateaux, en quelque sorte pour produire des biens stockables. Aujourd'hui on cherche à produire de l'électricité qui ne se stocke pas avec une source intermittente, les éoliennes ne produisent pas lorsqu'il n'y a pas de vent et pour ne pas les casser on les arrête lorsque le vent est trop fort. De plus la production d'électricité éolienne malgré de nombreuses subventions (par les contribuables) pèse sur le budget des consommateurs.

LE SAVEZ-VOUS ?

RTE (Réseau de Transport d'Électricité) est une filiale d'EDF qui veille à la qualité des infrastructures de transport et une gestion optimale du flux d'électricité sur le réseau. Il a pour mission l'exploitation, la maintenance et le développement du réseau à haute et à très haute tension. Il est garant du bon fonctionnement et de la sûreté du système électrique. RTE achemine l'électricité entre les fournisseurs d'électricité et les consommateurs, qu'ils soient distributeurs d'électricité ou industriels directement raccordés au réseau de transport. Avec 100 000 km de lignes comprises entre 63 000 et 400 000 volts et 46 lignes transfrontalières (appelées "interconnexions"), le réseau géré par RTE est le plus important d'Europe.

RTE a réalisé un chiffre d'affaires de 4 229 M€ en 2011 et emploie 8 400 salariés.

<http://www.rte-france.com>

LE SAVEZ-VOUS ?

CRE (Commission de Régulation de l'Énergie) est une autorité administrative indépendante chargée de veiller au bon fonctionnement des marchés de l'électricité et du gaz naturel en France au bénéfice des consommateurs finals et en cohérence avec les objectifs de la politique énergétique.

Elle fixe les tarifs d'utilisation des réseaux publics d'électricité. À partir du 1er janvier 2016, la CRE transmettra aux ministres chargés de l'économie et de l'énergie les propositions de tarifs réglementés de vente d'électricité. La CRE met en oeuvre les procédures d'appel d'offres décidées par le ministre chargé de l'énergie. Elle lui propose annuellement le montant de la Contribution aux charges de Service Public de l'Électricité (CSPE) et de la Contribution au Tarif Social de Solidarité (CTSS) ainsi que le montant de la contribution applicable par kilowattheure

<http://www.cre.fr>

LE SAVEZ-VOUS ?

AMORCE association nationale des collectivités, des associations et des entreprises pour la gestion des déchets, de l'énergie et des réseaux de chaleur, fondée en 1987 fédère 723 membres dont 244 professionnels adhérents. Les 3/4 des sièges au conseil d'administration sont tenus par les élus locaux.

La politique énergie et climat des collectivités constitue le thème central de travail. Maîtrise de l'énergie, énergies renouvelables, ouverture des marchés, performance énergétique des bâtiments, lutte contre la précarité énergétique, diagnostic des émissions de gaz à effet de serre, Plans climats énergie territoriaux sont les principaux sujets traités.

Initié en 2003, le club des collectivités locales éoliennes (CLEO) fait entendre au niveau national la voix des élus locaux favorables au développement de bons projets éoliens et de partager les expériences pour faciliter l'accompagnement et le montage des projets par les collectivités (montages administratifs, concertation, financements notamment participatifs et citoyens, fiscalité). Les avantages escomptés sont l'amélioration de la qualité de vie des territoires grâce aux retombées fiscales (5000 €/MW par an), l'emploi local (2 habitants pour la maintenance et l'exploitation de 9 éoliennes à Saint Jean Lachalm), soutien au monde agricole (loyer de 2000 €/MW par an). AMORCE dénonce un ralentissement de l'éolien terrestre du fait des changements du cadre réglementaire depuis la loi Grenelle 2. Les schémas régionaux constituent un frein au développement de l'éolien.

cleo@amorce.asso.fr

LE SAVEZ-VOUS ?

France Énergie Éolienne (FEE) association fondée en 1996, rassemble aujourd'hui plus de 250 acteurs de la filière éolienne et représente les intérêts de cette filière industrielle qui pèse déjà plus de 11 000 emplois.

Elle vise à un développement harmonieux de ce nouveau secteur, afin de faire de la filière éolienne une industrie créatrice d'emplois non délocalisables et porteuse de développement en région.

Pour cela elle milite pour

- la suppression du système de ZDE permettant d'enlever un échelon parmi les multiples schémas territoriaux auxquels est soumis l'éolien,
- la suppression de la règle des 5 mâts pour favoriser les projets locaux et souvent participatifs,
- l'assouplissement de la loi sur le littoral afin de faciliter le raccordement des parcs offshore (jusque-là interdits) et le développement de l'éolien dans les Départements d'Outre-mer, actuellement au point mort.

Les professionnels de FEE rappellent que, depuis 9 mois, l'arrêté tarifaire éolien souffre toujours d'une instabilité juridique qui a gelé la filière. Ils demandent que le gouvernement fasse valider par la Commission européenne le mécanisme de l'obligation d'achat par EDF.

LE SAVEZ-VOUS ?

Fédération Énergie Durable (FED) est une fédération nationale de 795 associations opposées au programme éolien jugé inutile et dévastateur. 15.000 éoliennes géantes inutiles qui vont ravager la France pour quelques % d'électricité en plus ayant pour conséquences le doublement du prix de l'électricité pour les particuliers

Une politique énergétique qui conduit dans un gouffre financier Un parcage de millions de citoyens dans des milliers de Zones de Développement éolien. Des nuisances et le massacre des paysages de la France.

La Fédération Environnement Durable vise à peser sur la politique énergétique de la France dans le cadre de son développement durable d'une part, en plébiscitant les technologies d'économies d'énergies, d'autre part, en menant une réflexion sur les énergies renouvelables pour apporter des gains significatifs aux populations et à l'environnement tout en faisant preuve d'innocuité pour la santé, d'efficacité économique et de respect des paysages de la France.

<http://www.environnementdurable.net>

FONCTIONNEMENT DES ÉOLIENNES

Comment ça marche

La puissance d'une éolienne est proportionnelle à la surface balayée par les pales et de la vitesse du vent

$$W = K \cdot \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v^3$$

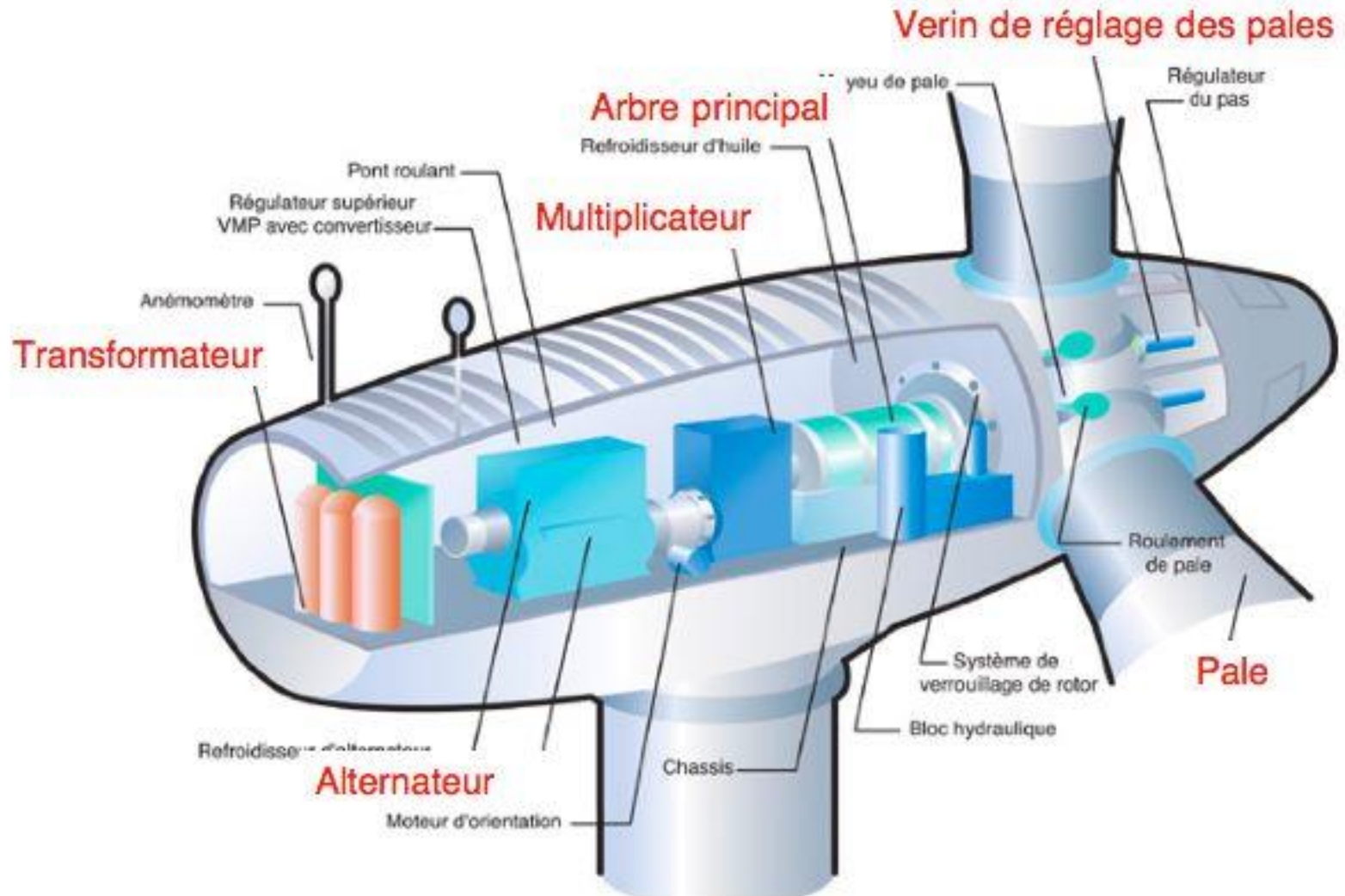
où ρ est la masse spécifique de l'air (1,293 kg/m³ à 0°C et pression atmosphérique), r est la longueur des pales et v la vitesse de l'air, K est un coefficient qui dépend de l'efficacité et de l'orientation des pales.

Si la vitesse du vent double, la puissance est multipliée par 8 !

Pour un vent de vitesse 50,4 km/heure (14 m/s) la puissance récupérée est de l'ordre de 1675 W/m².

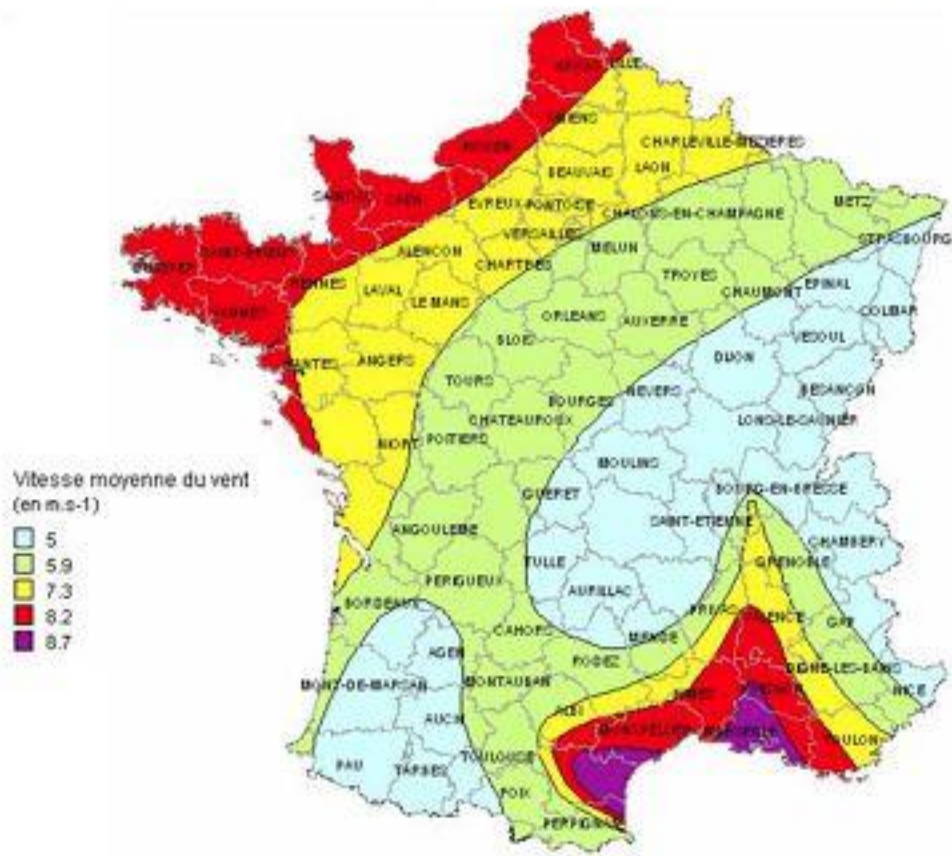
Comme la vitesse du vent augmente avec l'altitude, on a intérêt à augmenter la hauteur des mâts. Pour augmenter la surface balayée on augmente la longueur des pales.

Schéma type de l'architecture d'une nacelle



Cartes des vents en France

Où l'on voit que la Beauce n'est pas une région particulièrement favorable, la puissance par mètre carré balayé par les pales y est près de 2,7 fois plus faible que dans les zones rouges



Énergie de proximité ?

En fait, pour les éoliennes, il n'est plus question aujourd'hui d'énergie "de proximité".

Pour approcher de la rentabilité (et diminuer le coût), il a fallu faire appel à des éoliennes gigantesques, regroupées par dizaines.

Les à-coups de leur production, quand le vent se lève ou s'arrête, sont tels qu'il n'est plus question à cette échelle d'opérer sur les réseaux électriques locaux. Il faut se connecter au réseau (de transport) au niveau des fournitures en gros avant de redescendre au niveau des fournitures de détail. C'est donc au stade des prix de gros qu'il faut faire les comparaisons de coûts

Eolienne “domestique”

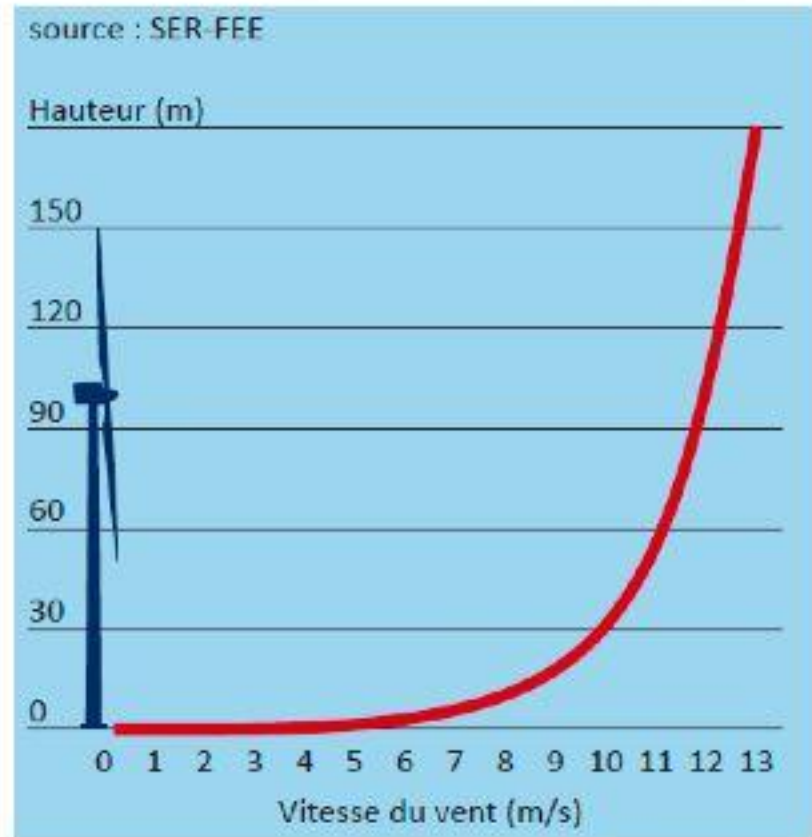
Les mesures de vent qu'on peut faire à 12 m d'altitude au dessus du toit d'une maison se révèlent 2 à 3 fois plus faibles que celles qui sont indiquées par les cartes de Météo France.
La production en kWh/an peut donc être de 8 à 27 fois plus faible qu'escomptée.



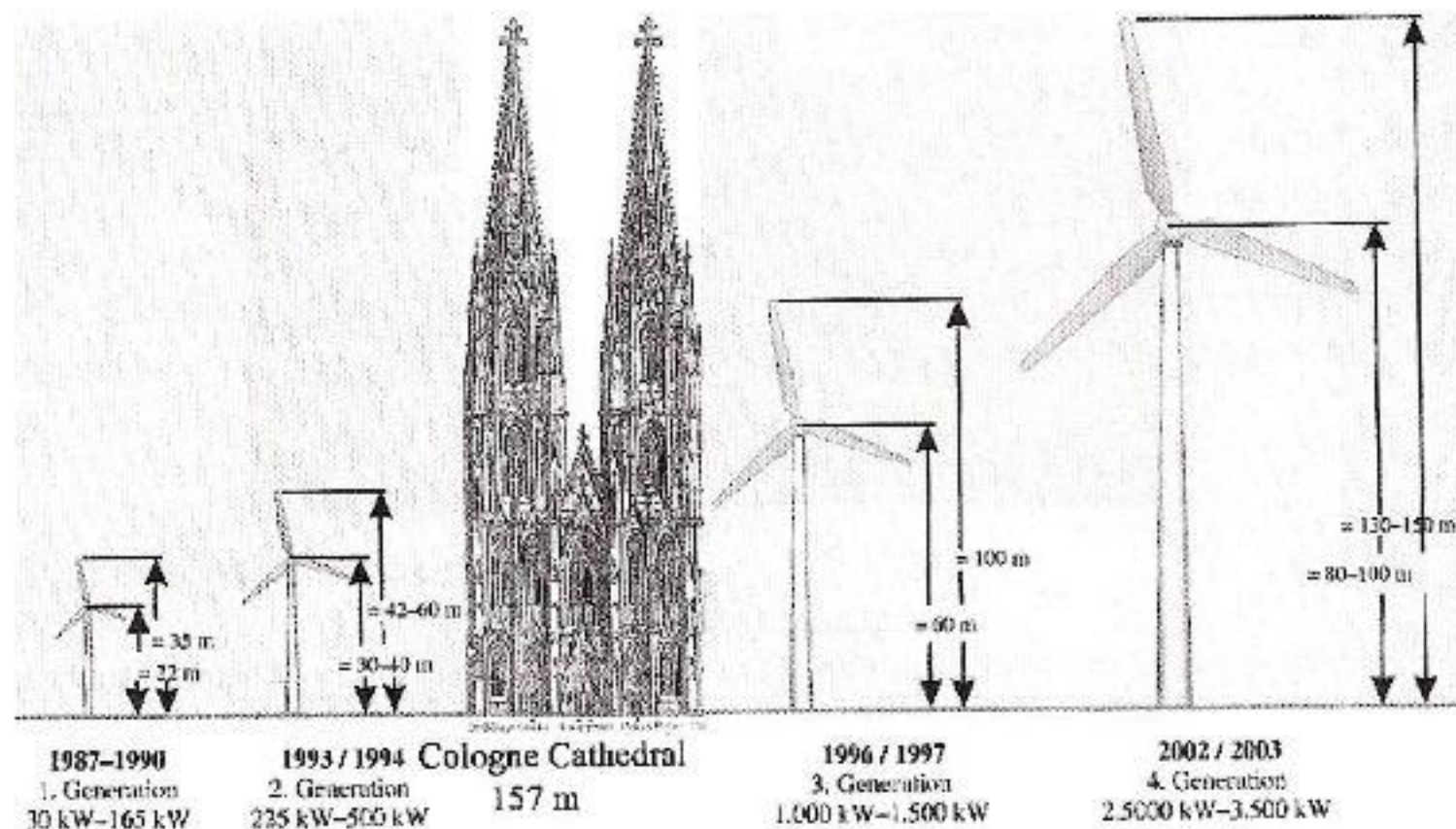
Variation de la vitesse de l'air en fonction de l'altitude

La vitesse du vent augmente avec l'altitude exponentiellement. Cela est dû au fait que le vent est en partie freiné par les obstacles se situant au sol. Cela explique la "course" vers des éoliennes de plus en plus hautes.

Variation de la vitesse de l'air en fonction de la hauteur



La taille et la puissance nominale des éoliennes ne cessent d'augmenter



Bernard Durand, Eolien du futur

Occupation de l'espace

Pour des raisons de sécurité les éoliennes terrestres doivent être placées à 500 mètres des zones habitées. Si la distance entre éoliennes faisant partie d'un parc est également de 500 mètres, une éolienne occuperait 25 hectares.

La photo ci-contre d'un parc éolien danois prise par temps de brouillard montre que le sillage d'une éolienne s'étend sur une grande distance. L'écartement entre éoliennes doit limiter l'interférence du fonctionnement d'une éolienne sur sa voisine. Si on supposait une emprise de 10 hectares par MW et une puissance utile de 20 % de la puissance nominale on obtiendrait une production de 175,2 MWh par hectare et par an.

Donc pour produire 219 TWh par an il faut répartir les éoliennes sur 1,25 millions d'hectares. Un peu plus de 2,2 % de la superficie de la France métropolitaine.



Le programme français de développement de l'énergie éolienne

L'union Européenne dans sa Directive 2009/28 fixe un objectif européen de 20 % de réduction de la consommation, une diminution de 20 % des combustibles fossiles et une utilisation des sources d'énergies renouvelables couvrant 20 % des besoins. L'objectif assigné à la France par cette directive est de 23 % d'énergies renouvelables en 2020 dans son mix énergétique.

En principe, il ne s'agit pas d'obtenir 23 % de l'électricité à partir de sources renouvelables. Ces sources peuvent être utilisées pour le chauffage (à partir du bois par exemple) ou les transports par le biais des biocarburants.

Dans ce cadre, concernant l'utilisation du vent, la loi "Grenelle 2" a prévu que 19000 MW d'éoliennes terrestres et 6000 MW d'éoliennes en mer (off shore). Ainsi 8000 éoliennes incluant les 4000 éoliennes déjà installées seront en service en 2020.

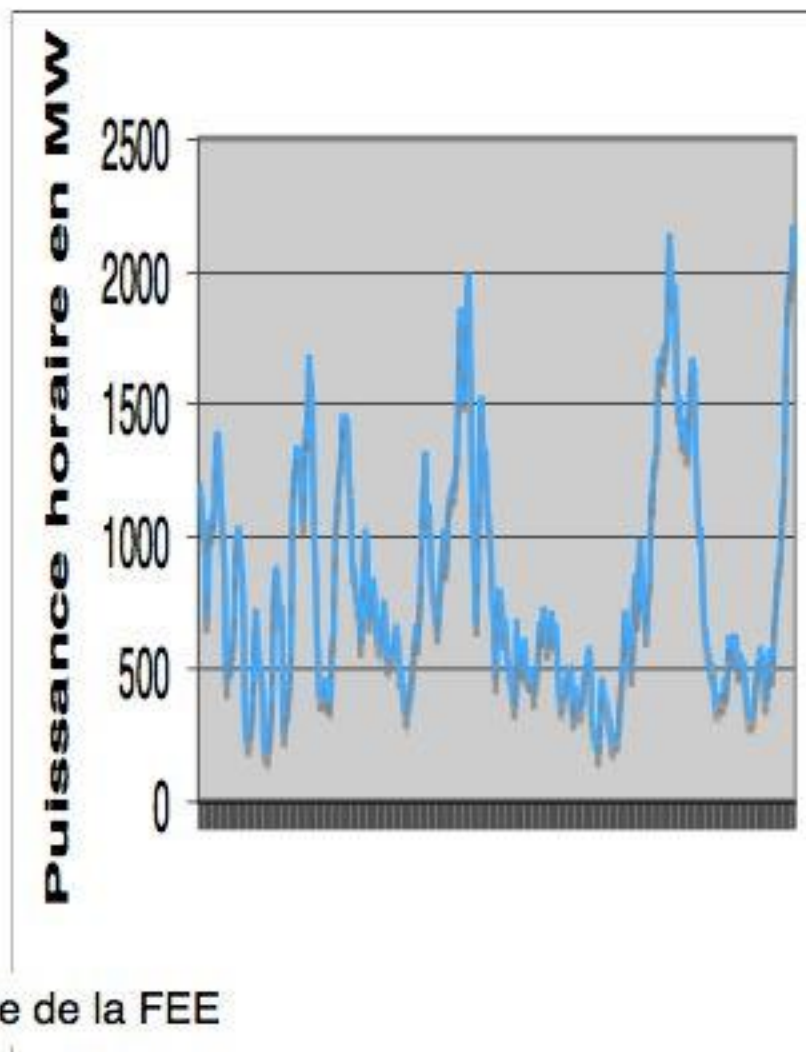
La dispersion géographique des parcs et l'augmentation de la puissance installée des éoliennes terrestres devrait permettre un effet de foisonnement et améliorer le facteur de charge moyen.

Puissance délivrée par le parc éolien français en Septembre 2010

La puissance nominale installée
PN = 5600 MW. Les variations de
puissance sont très importantes et très
rapides.

Puissance maximale
2175 MW soit 38,8% de PN
Puissance moyenne utile
808 MW soit 14,4% de PN
Puissance minimale 181 MW
soit 3,2% de PN

Le reste de l'année a été meilleur. La
production annuelle a été de 9,6 TWh
pour 5966 MW installés. La puissance
moyenne utile a donc été de 1096 MW
soit 19,3 % de PN



Puissance journalière moyenne fonction de la température moyenne en France

On constate que la puissance délivrée par les éoliennes (en pourcentage de la puissance nominale) diminue lorsque la température diminue alors que c'est précisément dans ce cas que les besoins sont les plus importants. Ceci est dû au fait que les périodes de grands froids coïncident souvent avec une situation anticyclonique où les vents sont faibles

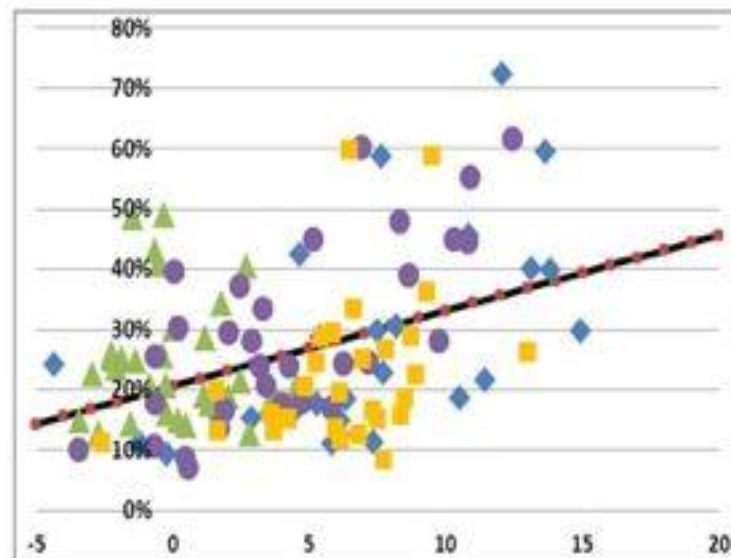


Fig. 2 Chaque point de ce diagramme correspond à une journée de la période Novembre 2010-Février 2011. L'ordonnée d'un point donne le facteur de charge éolien moyen journalier (voir texte) en % et son abscisse la température moyenne relevée à Toussus le Noble en °C. Les losanges bleus correspondent aux 30 jours mois de Novembre, les triangles verts aux 31 jours de Décembre, les cercles pleins violet aux 31 jours de Janvier et les carrés jaunes aux 28 jours de février. La droite noire correspond à la régression linéaire (voir texte) calculée à partir de l'ensemble des 120 points.

Réseau de transport en France

La politique de déploiement d'énergies renouvelables qui a été choisie par notre pays relève plus du rêve écologique que de l'approche pragmatique des contraintes techniques, environnementales et des coûts induits. Très concrètement, si nous voulons optimiser notre facture énergétique et l'impact sur l'environnement, il y a bien plus à gagner dans l'optimisation de la consommation des ménages et sur le lissage des pics de consommation, qu'en saccageant les paysages français avec des éoliennes.

Aurélien Gay et Marc Glita, ingénieurs élèves de l'école des Mines ont fait une étude très intéressante sur les coûts du "binôme" photovoltaïque + éolien, en se focalisant uniquement sur l'impact du développement de ces énergies renouvelables sur le nécessaire renforcement du seul réseau très haute tension. On y trouve la constatation suivante : "Lorsque les énergies intermittentes représenteront une part significative du parc de production, la gestion des fluctuations de l'offre et de la demande d'électricité demandera des capacités d'effacement, d'appoint et de secours équivalentes à plusieurs dizaines de centrales nucléaires !"

On a demandé aux auteurs de chiffrer le montant de ce gaspillage (juste pour les lignes à très haute tension, c'est-à-dire sans tenir compte de l'obligation d'achat de l'énergie ainsi produite par EDF, ni des surcoûts liés aux réseaux secondaires). Voici leur réponse : pour le gaspillage, si l'on prend 3 ou 4 000 km de lignes à haute tension à construire, et que l'on les enterre (pour ne pas rejouer Notre Dame des Landes à chaque fois), on obtient 10M€/km x 4000 km soit 40 milliards d'euros !

Laure de La Raudière jeudi 6 décembre 2012

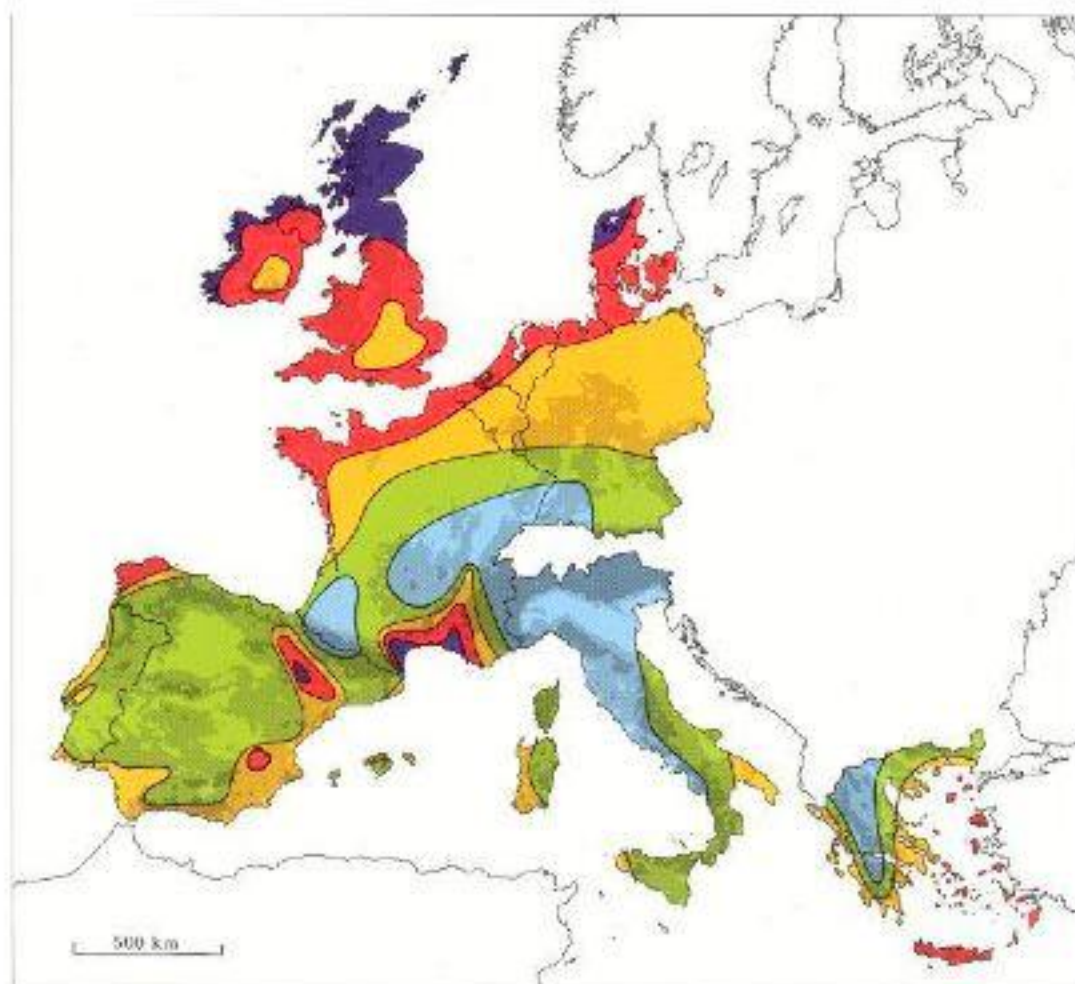
Le programme européen de développement de l'énergie éolienne

Pour couvrir 15,7% de la demande, l'Europe devra se doter d'une capacité de production éolienne de 230 GW (190 GW sur terre et 40 GW offshore). Il faudrait alors selon l'European Wind Energy Association (EWEA) que l'Union européenne impose des objectifs contraignants aux Etats membres. Ce qui n'est pas encore le cas, la plupart des Etats refusant le principe de la contrainte.

Au total, pour atteindre cette production par l'éolien, l'UE devrait investir chaque année 26,6 milliards d'euros (16,2 milliards sur terre et 10,4 milliards pour les installations en mer).

Il ne faut pas oublier que dans la plupart des pays ces investissements sont faits aux frais des consommateurs obligés d'acheter une électricité à des prix extrêmement élevés.

Carte des vitesses moyennes du vent en Europe Occidentale

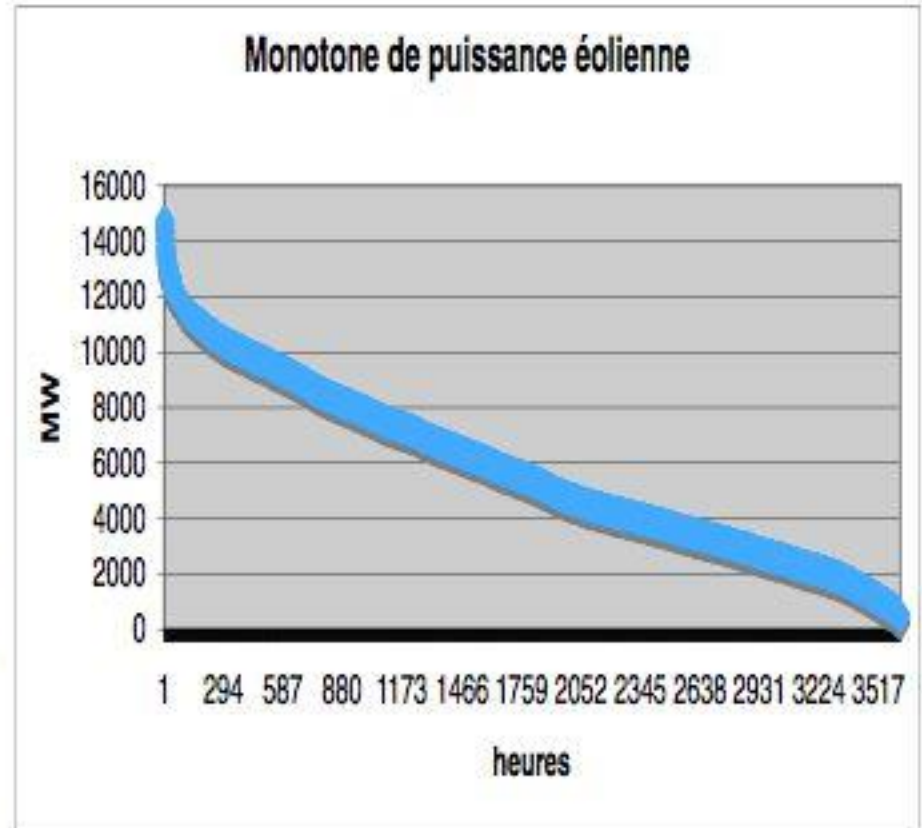


Laboratoire Risö (1999)

Monotone des puissances horaires fournies par les éoliennes espagnoles du 1/10/2010 au 28/2/2011

Fin 2010, le parc éolien espagnol avait une capacité installée globale de 20676 MW. Fin 2012, en deux ans elle avait augmenté de 10% à 22808 MW répartie sur 902 fermes dont on voit la répartition sur la figure suivante.

Pendant la période du 1/10/2010 au 28/2/2011, lorsqu'il y a peu de vent la puissance minimale fournie par les éoliennes a été de 450 MW et la puissance maximale de 14735 MW soit 71% de la puissance nominale installée. Pendant ces 150 jours, les éoliennes ont fourni 20,854 MWh soit une puissance utile de 5793 MW. Le facteur de charge a donc été d'environ 28% de la puissance nominale installée en partie dû au foisonnement résultant de l'éparpillement des fermes sur le territoire,



Parcs éoliens en Espagne

Tous les parcs éoliens ne sont pas situés dans les zones les plus favorables



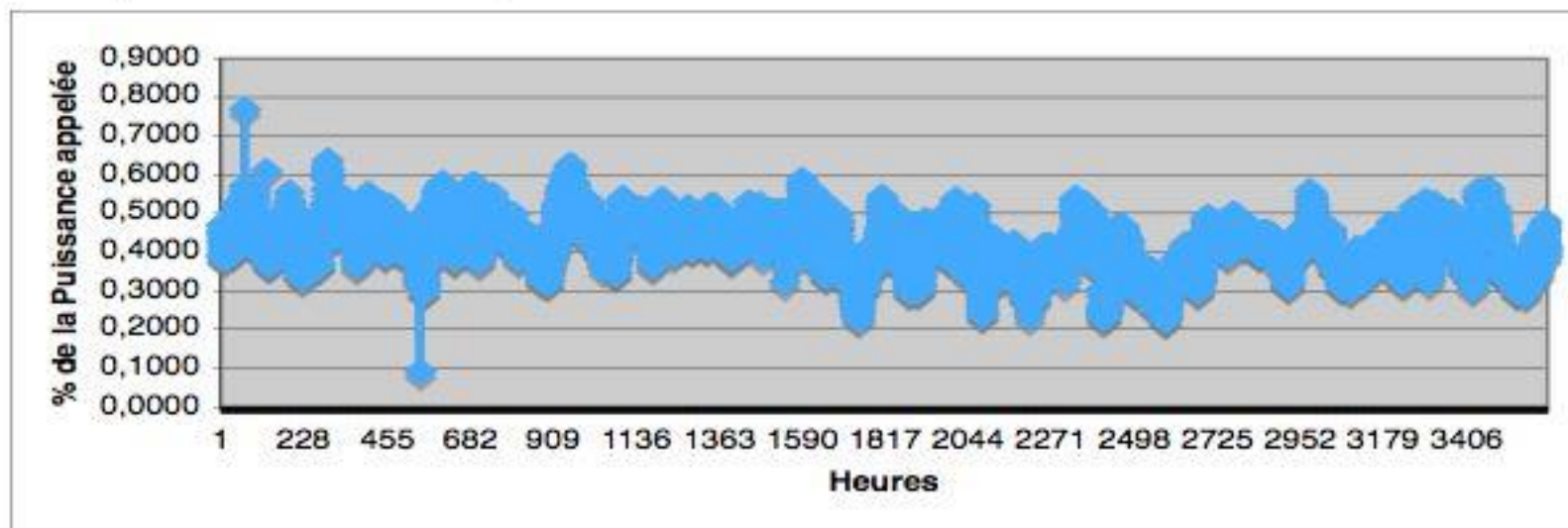
http://www.thewindpower.net/country_fr_3_espagne.php

Part de la puissance appelée assurée par l'ensemble des éoliennes et des centrales à gaz espagnoles

Pendant la période du 1/10/2010 au 28/2/2011 étudiée, on constate qu'ensemble les éoliennes et les centrales à cycles combinés à gaz assurent en moyenne 40 % des besoins du réseau espagnol en puissance (MW).

On remarque quelques points où cette part se réduit à environ 20%, ils correspondent à quelques jours de décembre et de janvier notamment le 26/12/2010 à 15 heures où les éoliennes ne fournissent que 7,2% de la puissance appelée.

Pendant cette période, les éoliennes ont fourni 18,9% de l'énergie produite (MWh) et les centrales à gaz 23,5%.

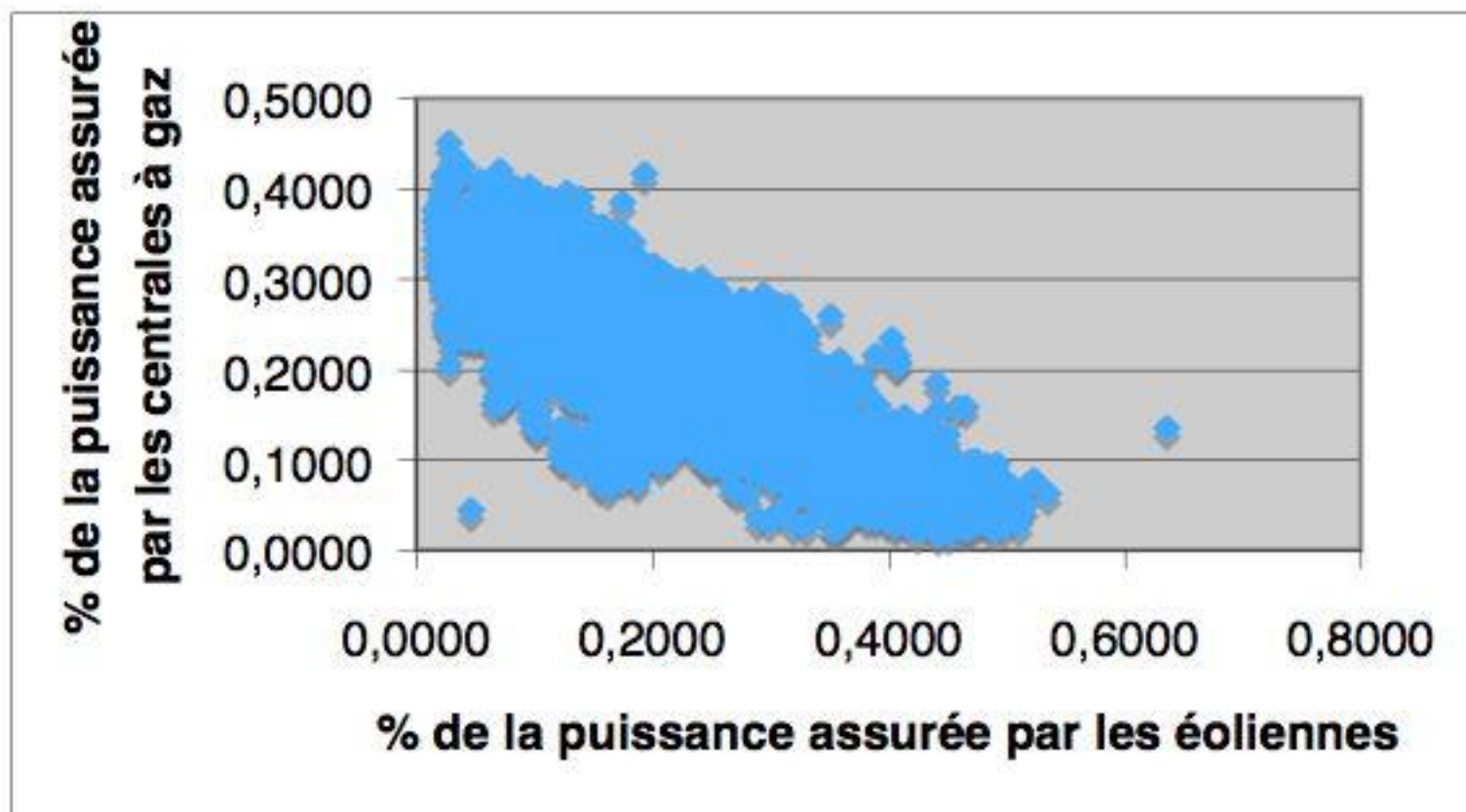


Part de la puissance appelée assurée par l'ensemble des éoliennes et des centrales à gaz espagnoles

Pendant la période du 1/10/2010 au 28/2/2011 étudiée, on constate qu'ensemble les éoliennes et les centrales à cycles combinés à gaz assurent en moyenne 40 % des besoins du réseau espagnol en puissance (MW).

On remarque quelques points où cette part se réduit à environ 20%. Ces points correspondent à quelques jours de décembre et de janvier notamment le 26/12/2010 à 15 heures où les éoliennes ne fournissent que 7,2% de la puissance appelée. Pendant cette période, les éoliennes ont fourni 18,9% de l'énergie produite (MWh) et les centrales à gaz 23,5%.

Part de la puissance appelée assurée par les centrales à gaz en fonction de la part assurée par les éoliennes espagnoles



Part de la puissance appelée assurée par les centrales à gaz en fonction de la part assurée par les éoliennes espagnoles

Pendant la période du 1/10/2010 au 28/2/2011 étudiée, on constate que lorsqu'il y a peu de vent les éoliennes assurent à peine 5% de la puissance appelée le complément étant assuré par les centrales à cycles combinés à gaz.

Il faut donc que la puissance installée des centrales à gaz soit égale à environ 95% de la puissance cumulée des éoliennes. Comme pendant la période étudiée les éoliennes ont fourni 18,9% de l'énergie produite (MWh) et les centrales à gaz 23,5% ces dernières fonctionnent approximativement les deux tiers du temps soit pour une année un peu moins de 6000 heures.

Monotones des puissances horaires fournies du 1/10/2010 au 28/2/2011 par les éoliennes et les centrales à gaz espagnoles

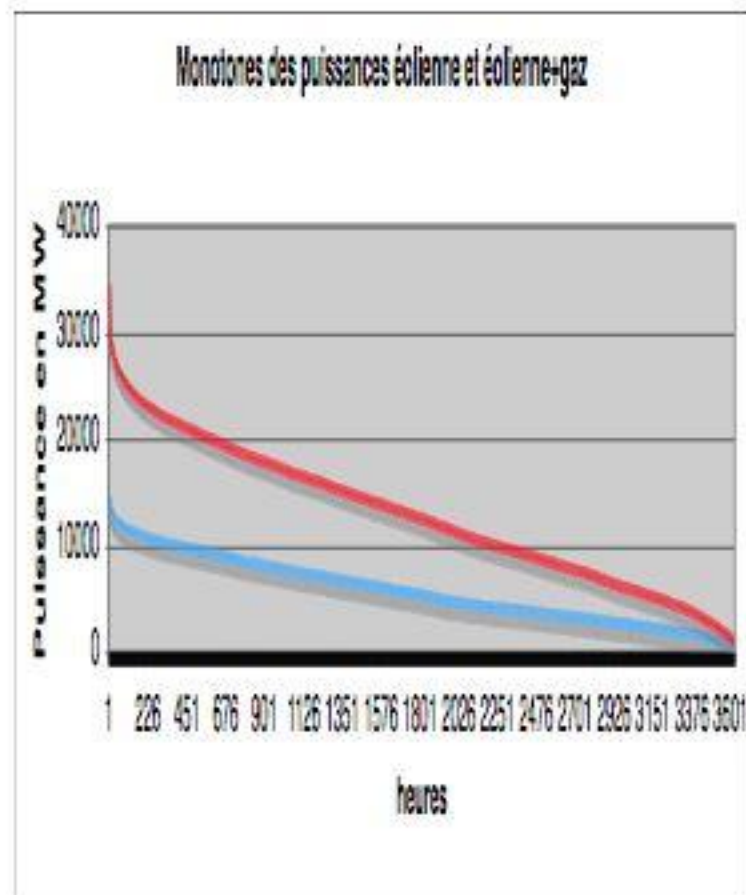
La courbe bleue est la monotone des puissances des éoliennes. La courbe rouge est la monotone de la puissance fournie par l'ensemble des éoliennes et des centrales à gaz dont les puissances maximales sont respectivement de 14735 et 19765 MW.

Pour un parc qui ne comprendrait que des éoliennes et des centrales à gaz la courbe rouge représente la monotone de puissance appelée pour satisfaire à chaque instant la consommation (46,75 TWh sur la période)

L'énergie fournie par les centrales à gaz (surface entre les deux courbes) est égale à 25,89 TWh soit 55,4 % des besoins. Le facteur de charge de ces centrales est de 36 %.

On constate donc bien qu'un peac d'éoliennes ne peut satisfaire seul les besoins de consommation et nécessite des moyens de production complémentaires utilisés de façon intermittente.

En contrepartie les éoliennes permettent de réduire de 44,6 % la quantité de CO₂ produite par un parc qui ne comporterait que des centrales à gaz.

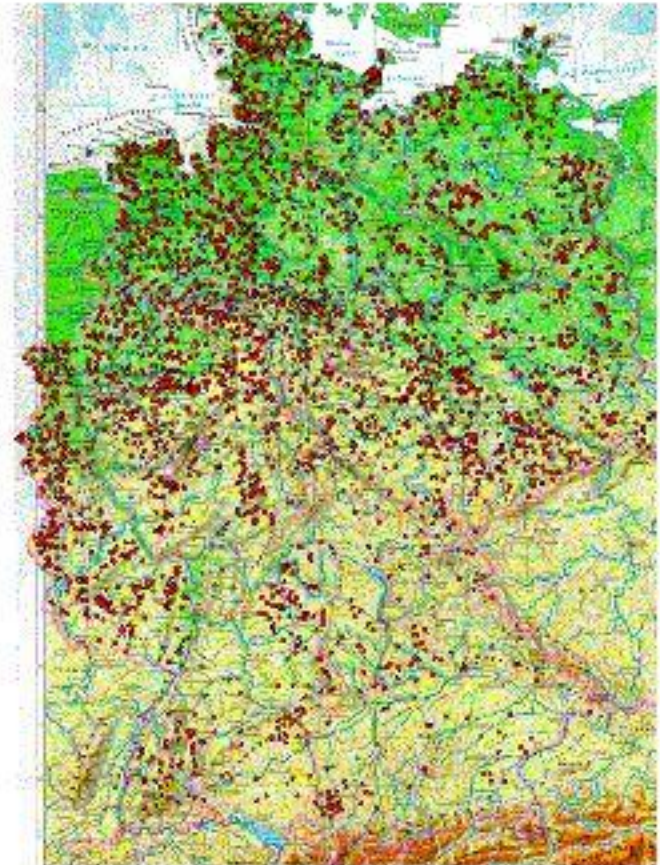


Et en Allemagne ?

La puissance éolienne installée est de 33548 MW (dont 1415 MW offshore) répartie dans 3688 parcs. On constate très nettement que la majeure partie des parcs se situe dans la partie nord de l'Allemagne qui correspond à la zone la plus favorable en termes de potentiel éolien.

D'ici 2020, le Land de Schleswig-Holstein prévoit de construire 13000 MW de capacité éolienne terrestre ainsi que 3.000 MW d'éolien en mer. Alors qu'en hiver, sa demande de pointe ne dépasse pas 2.000 MW.

Il faut donc renforcer le réseau de transport vers les zones de consommation.



Localisation des centrales nucléaires en Allemagne

L'industrie, les centres de consommation et les centrales nucléaires sont situés plutôt au sud. Suite à l'accident de Fukushima, parmi les huit (4 PWR et 4 BWR) réacteurs qui ont été arrêtés d'une puissance totale de 8422 MW cinq se trouvent au sud (4960 MW).



X réacteur arrêté en 2011

Réseau de transport en Allemagne

Pour compenser la fermeture des centrales nucléaires et atteindre l'objectif de 80% d'électricité verte en 2050, l'Allemagne doit construire 3500 km de lignes à haute tension (en plus des 35 000 km existants) pour acheminer le courant depuis la mer du Nord et la mer Baltique où se trouvent les nouveaux champs d'éoliennes vers le Sud industriel et peuplé, qui concentre l'essentiel de la consommation. Le coût des travaux est estimé à 32 milliards d'euros. Ces travaux se heurtent à la résistance acharnée des riverains concernés (comme pour Flamanville !!). A ce jour, seuls 214 km sur les 1800 km programmés en 2009 ont été construits.

Pour pallier l'intermittence de l'éolien, une ligne Haute Tension en Courant Continu (HVDC) sous-marine de 1,4 GW de 500 km devrait être construite entre l'Allemagne et la Norvège, pour un coût de 1,8 milliards d'euros.

En attendant ...

Les jours de vent fort, le réseau Nord-Sud sature et l'électricité est automatiquement redirigée vers l'Est en Pologne et République Tchèque. La Pologne envisage donc d'installer des déphaseurs à la frontière pour ne recevoir que l'électricité qui lui est nécessaire. Le problème s'aggraverait si la Tchéquie devait suivre cet exemple pour protéger son réseau.

En attendant, de plus en plus d'éoliennes allemandes produisent dans le vide. Selon le rapport annuel de l'Agence allemande de régulation des réseaux (Bundesnetzagentur) et de l'Office des cartels la production d'énergie renouvelable qui n'a pu être injecté sur le réseau et son coût ont été multipliés par trois entre 2010 et 2011. Elle représentait environ 421 GWh, contre 127 GWh en 2010. Même si les éoliennes du nord de l'Allemagne ne peuvent pas déverser toute leur électricité, leurs exploitants sont, selon la loi, payés. Cette production à vide a coûté l'an dernier 33,5 millions d'euros aux gestionnaires de réseau. Certes, la facture reste faible au regard des 14 milliards accordés aux énergies renouvelables en 2012, mais la tendance est préoccupante.

INTERMITTENCE DE LA PRODUCTION ÉOLIENNE ET STOCKAGE DE L'ÉLECTRICITÉ

Intermittence de la production

Les fluctuations incessantes de la vitesse du vent entraînent des variations importantes, de la puissance électrique de l'éolienne, c'est-à-dire de la quantité d'électricité qu'elle peut produire chaque seconde. On dit que cette production est intermittente car elle dépend des caprices de la météo. On ne peut la prévoir plus d'une ou deux journées à l'avance.

C'est la vitesse moyenne du vent pendant l'année sur le site d'une éolienne qui détermine sa production annuelle électricité (MWh).

Cette production divisée par le nombre d'heure de l'année (8760 heures) détermine la puissance utile moyenne.

Le facteur de charge est le rapport entre la puissance utile et la puissance nominale.

Conséquences des fluctuations instantanées de la production des éoliennes

La puissance du parc espagnol d'éoliennes a varié au maximum de plus de 1608 MW en une heure pendant la période du 1/10/2010 au 28/2/2011 étudiée. C'est près de 7,8 % de la puissance nominale de 20676 MW.

Si le parc français atteint 25000 MW, on devra faire face à des variations de puissance de près de 1950 MW par heure. Il faudrait donc faire varier en une heure la puissance du parc de réacteurs nucléaires actuel en plus ou en moins de 3 %.

Quels que soient les moyens de production utilisés pour pallier l'absence de vent ils sont soumis à de sévères transitoires qui accélèrent leur usure.

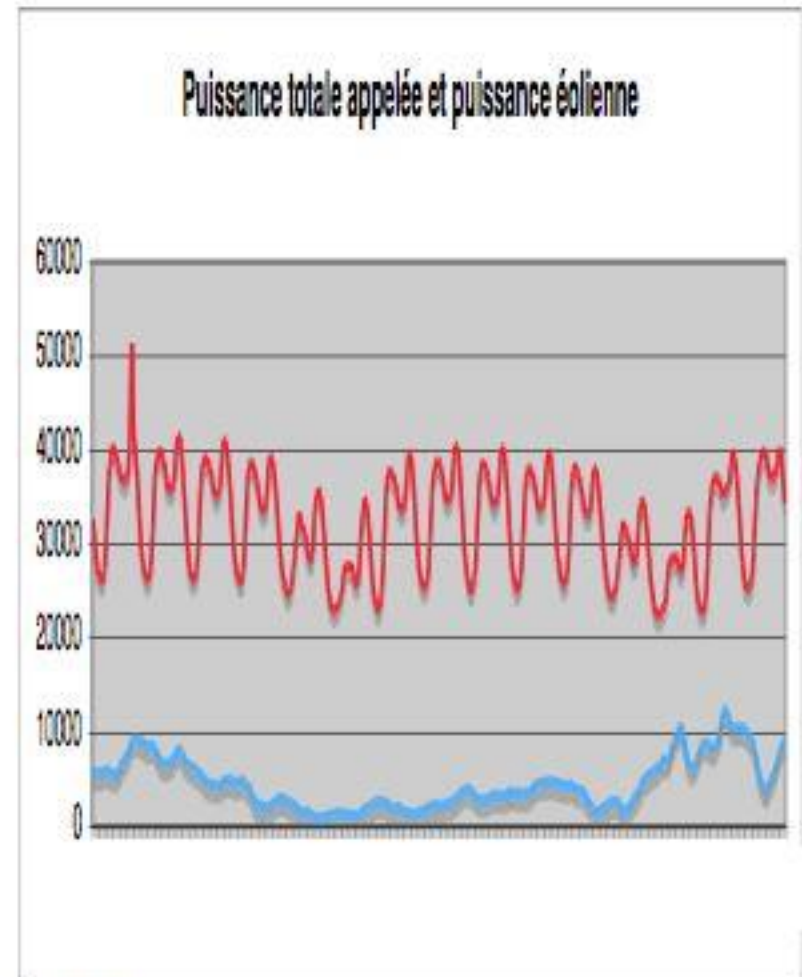
Conséquences de l'intermittence

Les courbes ci-contre correspondent à la puissance totale appelée (en rouge) et la puissance de l'ensemble des éoliennes espagnoles sur la période du 1/2/2011 au 15/2/2011.

On constate qu'il est possible que pendant plusieurs jours, la production d'électricité éolienne peut être très faible malgré le foisonnement espéré, les régions où le vent serait fort compensant le manque de production des régions de vent faible.

On voit que l'évolution de la puissance des éoliennes ne suit pas la variation de la demande. Le samedi 12 et le dimanche 13 Février, la production éolienne est très forte alors que la demande est réduite.

Lorsque la demande d'électricité dépasse la production des éoliennes il faut mettre en service d'autres installations de production ou avoir la possibilité de stocker l'excédent d'électricité qui dépasse la demande pour en restituer lorsque la production des éoliennes est insuffisante.



Palier l'intermittence de la production des éoliennes en stockant l'énergie produite lorsqu'il y a des surplus

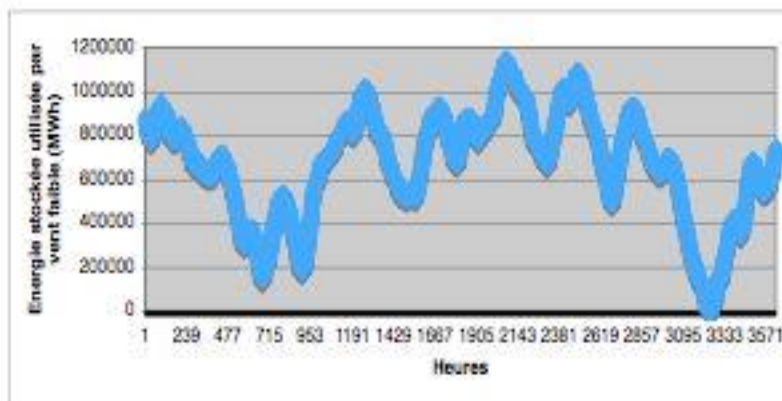
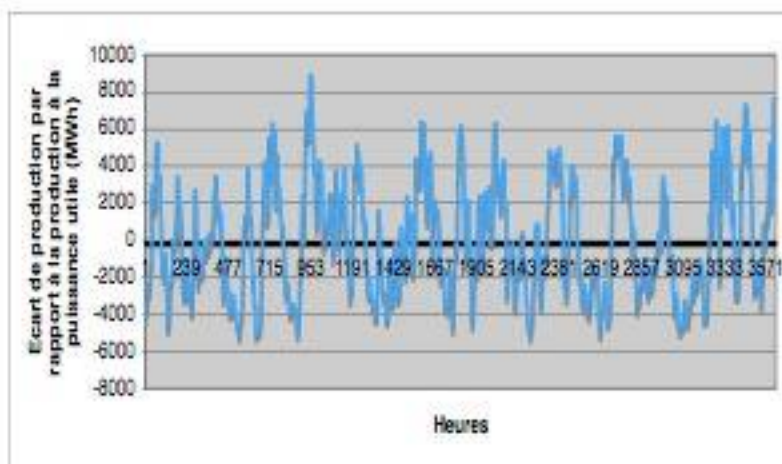
La courbe du haut montre l'évolution de l'écart entre la production horaire du ci-contre de l'ensemble des éoliennes espagnoles sur la période du 1/10/2010 au 28/2/2011. Par rapport à l'énergie produite à la puissance utile du parc.

Les valeurs positives correspondent à un excès de production qu'on pourrait stocker pour la délivrer lorsqu'il y a un déficit.

On constate sur la deuxième courbe que pour éliminer complètement les valeurs négatives on doit prévoir un stockage de 1145 GWh.

La STEP de Revin ne permettant de stocker que 3,6 GWh, il faudrait construire 318 STEP de même capacité. Manifestement le nombre de sites favorables est insuffisant. D'autant que le bassin supérieur d'une capacité de 8,5 millions de mètres cubes a une superficie de 66 hectares.

Plus le stockage est petit, plus le nombre de jours où la puissance des éoliennes est inférieure à la puissance demandée s'accroît.



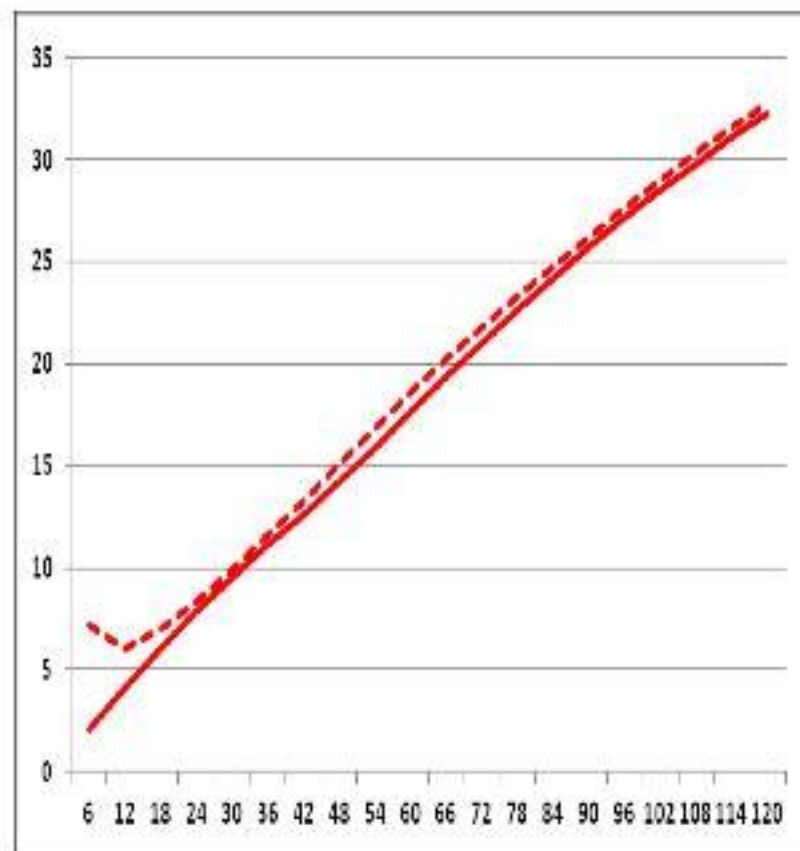
Comment assurer la continuité de la production d'électricité éolienne grâce au stockage

Une éolienne de 1 MW de puissance nominale ayant une puissance utile de 0,25 MW produit en 100 heures (environ 4 jours) 25 MWh

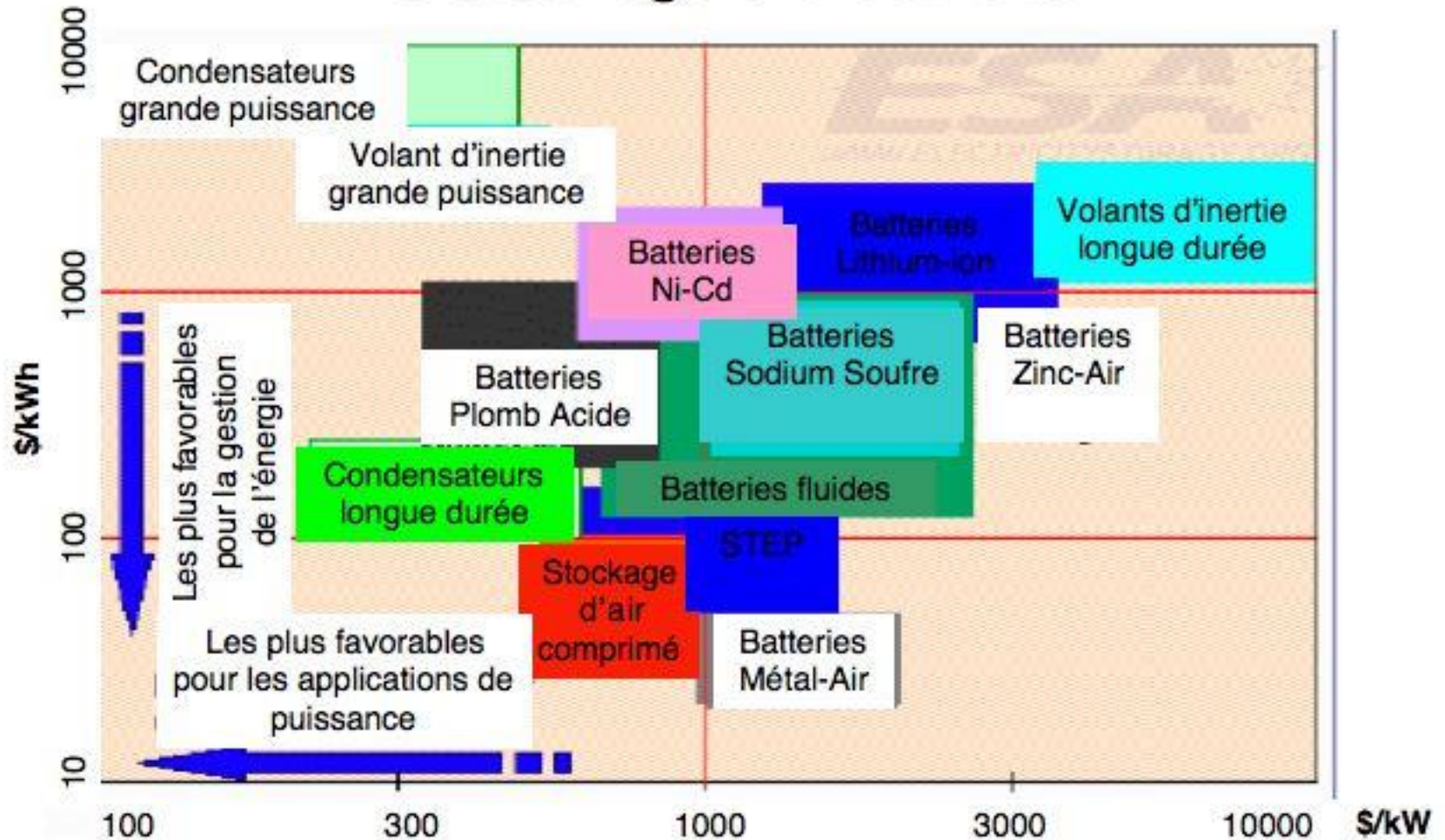
Pour pouvoir compenser son arrêt pendant cette durée, il faut donc pouvoir stocker cette énergie.

La courbe ci-contre montre la capacité de stockage dont on doit disposer en fonction du nombre d'heures pendant lesquelles on veut assurer la continuité de la fourniture d'électricité.

La capacité de stockage d'une installation comme la STEP de Revin est de 3600 MWh. Une telle installation permettrait d'assurer la continuité de fourniture d'électricité pendant 100 heures d'un parc d'éoliennes de 144 MW de puissance nominale.



Coûts des diverses solutions pour le stockage d'électricité



Bruno Prestat (EDF) source ESA (USA)

Stockage hydraulique d'électricité

Le moyen le plus utilisé pour stocker l'électricité consiste à pomper de l'eau d'un réservoir inférieur vers un réservoir supérieur puis lorsqu'on en a besoin de turbiner cette eau pour produire de l'électricité.

Le rendement d'une telle installation est d'environ 75 %.

La station de transfert d'énergie par pompage (STEP) représentée est celle de Revin dans les Ardennes. Les mêmes machines servent tantôt de pompe, tantôt de turbines.

Grâce à une différence de niveau de 200 mètres et une puissance des pompes/turbines de 720 MW on peut stocker une énergie de 3600 MWh qui correspondent à 5 heures de production à pleine puissance.

On est donc loin de pouvoir compenser une puissance utile d'éoliennes de 700 MW pendant plusieurs jours sans vent.



Stockage électrochimique d'électricité

Différentes technologies répondent à divers critères : la densité d'énergie, la puissance, la sécurité, la température de fonctionnement, la durée de vie (notamment le nombre de cycles de charge et de décharge) et, bien sûr le coût de revient.

Des progrès considérables ont été faits ces dernières années grâce à la technologie ion-lithium, mise au point par Sony au début des années 1990. Le groupe SAFT propose déjà des conteneurs de batteries d'une capacité de 1 MW.

La technologie sodium-soufre de l'industriel japonais NGK, qui fonctionne à plus de 300°C a longtemps semblé une des plus efficaces pour le stockage de masse. Une installation expérimentale de 1 MW maximum (capacité 7,2 MWh) fonctionne depuis juillet 2010 sur l'île de La Réunion.

Mais les recherches dans d'autres voies se poursuivent.



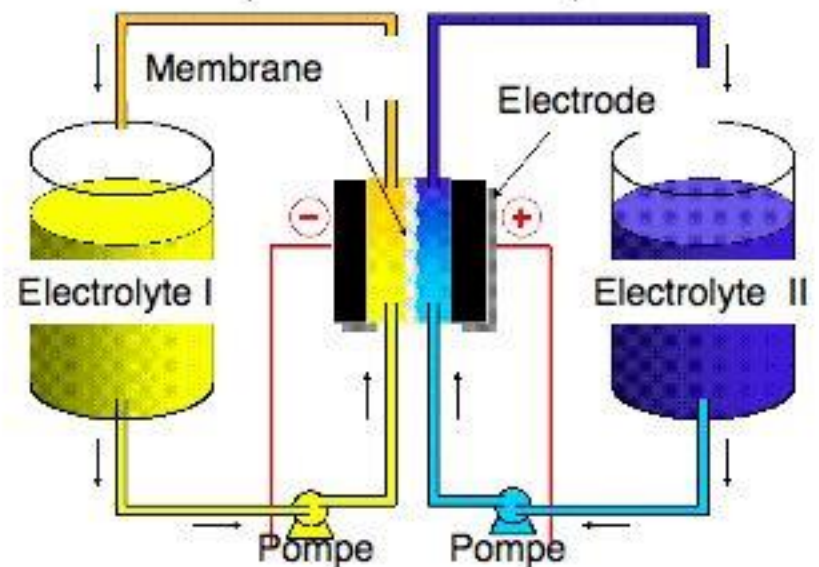
Stockage électrochimique “redox flow”

Une variante radicale des batteries consiste à stocker l'énergie sous la forme d'électrolytes liquides. L'avantage de cette technologie, appelée “redox flow” ou oxydoréduction, est que le liquide peut être stocké dans des réservoirs et réutilisé à la demande, avec une durée de vie supérieure à 10.000 cycles. La puissance déterminée par la taille de la cellule électrochimique est indépendante de la capacité de stockage déterminée par la taille des réservoirs.

Le Laboratoire d'Innovation pour les Technologies des Energies Nouvelles du CEA teste actuellement à l'INES un conteneur de la société autrichienne Cellstrom comportant une batterie “redox flow” d'une puissance de 10 kW.



Batterie 10 kW/100 kWh (INES)



Stockage d'électricité sous forme d'hydrogène

L'électrolyse de l'eau permet, en consommant de l'électricité, de produire de l'hydrogène qu'on peut utiliser ultérieurement dans des centrales ou des turbines à gaz ou dans des piles à combustible pour produire de l'électricité.

L'hydrogène peut également être utilisé pour produire du méthane (gaz naturel) que l'on peut facilement stocker dans le réseau de distribution du gaz. Le rendement théorique est de 55%.

Des cellules photovoltaïques (560 kWc) associées à une installation comportant un électrolyseur de 200 kW à 35 bars est en fonctionnement en Corse depuis début 2012 (plateforme MYRTE). Deux réservoirs de stockage d'hydrogène permettent de stocker 1,75 MWh sous 35 bars. Un réservoir identique stocke l'oxygène. Une pile à combustible génère de l'électricité à la demande.



SÉCURITÉ DES ÉOLIENNES

Cela arrive ...

Ce sont les interférences des éoliennes les unes sur les autres (voir la photo reproduite sur la planche 19) qui déterminent la surface occupée par les parcs d'éoliennes.

Mais, sans parler des effets sur la santé, de nombreux accidents justifient les distances minimales à respecter par rapport aux habitations et usines.

Prudence

Il est interdit de s'approcher de certains parcs d'éoliennes. Par exemple, par temps de gel, il faut rester à plus de 300 m des petites éoliennes car de gros blocs de glace peuvent se détacher des pales et atterrir à cette distance. Il faudrait rester à plus d'un km des turbines géantes. Dans les zones exposées, les pales doivent être chauffées.

Par temps de tempête, on ne se promène pas dans les bois et il ne faut pas non plus s'approcher des éoliennes car des pales brisées ou des mats qui s'écroulent peuvent atterrir à plusieurs centaines de mètres mais on ne peut pas déplacer sa maison par grand vent. On ne peut pas construire d'éoliennes qui pourraient tomber sur des routes de grande circulation.

Influence sur le fonctionnement des radars

Le brouillage des radars par les éoliennes a conduit le gouvernement à interdire l'installation d'éoliennes à moins de 20 kilomètres des sites radars opérés par les services de la défense et de la météorologie nationale.

Mais des essais conduits en vraie grandeur en octobre 2009 par l'Armée de l'Air avec trois types d'avions (avion d'aéroclub, Grub 10 et Alphajet) pour tester l'efficacité d'un radar tactique mobile en l'installant à proximité d'un site éolien, ont confirmé que la détection était impossible dans la zone du parc éolien proprement dit, mais aussi dans la zone située en arrière des machines.

Dans cette zone, le niveau du rayonnement radar serait tellement atténué qu'il serait trop faible pour que l'avion puisse être détecté. Des pertes de détection ont été constatées jusqu'à 70 kilomètres, distance considérable. Les radars de navigation des navires sont dotés d'un traitement du signal simple. Tout navire se trouvant dans la même cellule de résolution qu'une partie d'une éolienne ne pourra donc être détecté. La détection de navires dans toute la zone d'implantation des champs d'éoliennes est au minimum très délicate, au pire impossible, en fonction des positions du radar, de l'orientation des rotors, de la taille du navire à détecter et de sa position.

De l'art de faire cohabiter éoliennes et oiseaux

Pour le Mouvement des Ecologistes indépendants (Antoine Waechter) il est nécessaire de bloquer les machines pendant les périodes d'activité des chauves-souris et la saison de migration des grands oiseaux.

Chaque fois qu'ils en voient un se diriger vers une éolienne, les chercheurs appellent la tour de contrôle du parc. En quelques minutes, les pales ralentissent avant de s'arrêter complètement, permettant ainsi de sauver un oiseau migrateur. Juste après, le moteur repart de plus belle. Selon la Société ornithologique espagnole, de 6 à 18 millions d'oiseaux et de chauves-souris seraient tués chaque année par les éoliennes mais moins que la plupart des autres périls liés à l'activité humaine, comme les chats domestiques ou les collisions avec des vitres.

La plupart des éoliennes sont prévues pour se mettre en marche lorsque la vitesse du vent atteint 4 m/s. Toutefois, lorsque Iberdrola Renewables, dans le comté de Somerset, en Pennsylvanie, a porté ce seuil à 5,50 m/s, le taux de mortalité des chauves-souris (qui sortent moins par grand vent) a chuté de 93 %, tandis que la production d'énergie n'a baissé que de 1 %. Certaines entreprises comptent sur les nouvelles technologies. Les radars Merlin, conçus par DeTect (Panama City, Floride), scrutent l'espace aérien sur 6,5 kilomètres à la ronde pour détecter l'arrivée d'un vol d'oiseaux, ou d'individus isolés.

En Californie, près de 3.000 aigles royaux ont été tués par des éoliennes. Les chauves-souris seraient attirées par les vibrations émises par les éoliennes et leurs cadavres sont là pour dire que le problème est grave car chaque chauve-souris, en été, mange environ 30% de son poids en insectes au cours d'une seule nuit.

Eolienne en feu à Neukirchen

Le 19 Avril 2012 cette éolienne proche de Heilengenhafen exploitée par E.ON a pris feu. La nacelle se trouvant à 60 mètres de hauteur, les pompiers n'ont pu qu'attendre en la laissant brûler.



Eolienne en feu



Bernard Durand, Eolien du futur

Dunkerque accident du 20/3/2004 suite à une rafale de vent à 100 km/h



Accident spectaculaire d'éolienne fragile



Bernard Durand, Eolien du futur

Une éolienne effondrée à Bondues près de Lille (le 4/12/2006).

Il n'y a pas eu de blessés ni de gros dégâts matériels



Bernard Durand, Eolien du futur

**CRÉATION D'EMPLOIS GRÂCE AU
PROGRAMME DE DÉVELOPPEMENT
ÉOLIEN**

Comprendre le problème de l'emploi

Plus on gaspille plus on crée d'emplois. Le mieux serait d'utiliser la main d'œuvre pour produire de l'électricité avec les dynamos de vélos.

On peut faire une estimation à partir de l'investissement :

$$\text{Nb d'emploi-an} = \frac{(\text{coût initial} - \text{coût importations})}{\text{coût moyen annuel de la MO}}$$

Dans la mesure où les ENR sont plus chères par kW installé et font appel à une MO moins qualifiée, on peut s'attendre à ce qu'elles créent plus d'emploi que le nucléaire.

A ces emplois il faut ajouter ceux des installations nécessaires pour pallier l'intermittence de l'éolien.

Revendiquer plus d'emplois d'exploitation c'est aussi admettre que cela coûte plus cher.

Création d'emplois dans l'éolien en mer (offshore)

Vestas, l'un des principaux constructeurs de turbines qui assure également des services aux exploitants d'éoliennes se partage avec Siemens 90% de la capacité off-shore installée avec des machines d'une puissance maximale de 3MW.

Vestas prévoit en 2013 de livrer 5000 MW avec 19000 salariés. Si le programme éolien maritime français est réalisé à raison de 1000 MW/an cela devrait permettre de créer près de 4000 emplois.

Les "promesses" des candidats en compétition lors du premier appel d'offres semblent ainsi très optimistes.

Alstom a promis la création de 5.000 postes dans quatre usines (1000 emplois directs et 4000 emplois indirects) à Saint Nazaire (dont la construction a commencé) et Cherbourg.

Areva annonce plus de 750 emplois dans deux établissements au Havre pour construire des éoliennes M-5000 déjà fabriquées par Areva en Allemagne. Dans une autre déclaration Areva a mis en avant son expérience et les 4000 emplois qu'il pourrait créer en France dont 1000 dans son seul périmètre. Il est également envisagé une implantation industrielle ultérieure en Ecosse pour honorer les commandes pour les projets situés au nord du Royaume-Uni.

GDF Suez a évoqué, lui, jusqu'à 6.000 emplois directs et indirects auxquels s'ajouteraient 400 emplois dans les ports de Fécamp, Dieppe, Le Tréport et Ouistreham.

Problème mondial d'emplois dans l'éolien

Aux Etats Unis (20% du marché mondial) l'incertitude qui règne autour de l'éventuel renouvellement du "Production tax credit" créé en 1992 pour soutenir le développement de l'éolien, reconduit à plusieurs reprises devrait expirer fin 2012 en l'absence d'accord au Congrès pour le prolonger entraîne également une chute des prises de commandes. Les capacités installées dans le pays pourraient quasiment être divisées par 4 en 2013, pour tomber à 3000 MW.

L'allemand Siemens a d'ailleurs récemment licencié plus de 600 de ses employés américains en faisant un lien direct avec cette situation incertaine.

À cause de la baisse de la demande asiatique et la réduction des subventions publiques, le marché mondial de l'éolien devrait reculer de 12 % en volume l'an prochain. Cela a généré des surcapacités à l'échelle mondiale, qui ont fait chuter le prix des turbines. Les usines des principaux constructeurs tournent déjà à moins de 60% de leur capacité.

Le leader mondial Vestas (1/3 du marché éolien mondial et 20 à 30% du parc français) ne cesse d'annoncer de nouvelles vagues de licenciements, le marché américain pesant lourd dans ses décisions. Malgré 3700 licenciements (au lieu des 1600 annoncés l'année dernière), le navire Vestas que le gouvernement danois ne semble pas vouloir sauver est visiblement au bord de la faillite. Vestas avait déjà supprimé 3.000 postes en octobre 2010, et 1.900 en avril 2009

Après Vestas c'est maintenant l'espagnol Gamesa (62 parcs éoliens français) un autre leader de l'éolien qui prend la même pente. Il a annoncé le licenciement de 2600 employés (20% de ses effectifs). Mêmes les leaders chinois Sinovel et Goldwind rencontrent des difficultés.

**COMBIEN CA COÛTE,
QUI PAYE ?**

Les éoliennes domestiques (petit éolien de 1 à 36kW)

L'idéal serait donc que chacun implante sa petite éolienne domestique dans son jardin ou sur son toit (si toutefois il était possible de couvrir ainsi sa consommation d'électricité).

Hélas, la production en ville est quasi-nulle, de l'ordre de 10 fois moins que prévu. Si le constructeur de micro-éolienne vous annonce 1000 ou 2000 kWh/an en région parisienne, vous pouvez espérer en produire réellement environ 100 ou 200. C'est largement insuffisant.

Coût des éoliennes domestiques (petit éolien de 1 à 36kW)

Selon les modèles, les prix d'un appareil domestique oscillent entre 10 000 € et 15 000 € pour une éolienne de 1 kW de 9 à 12 mètres de haut. Il peut grimper jusqu'à plus de 40 000 € si l'objectif est de satisfaire la consommation électrique d'une maison, par exemple 70 000 € pour une éolienne de 20 kW. Mais attention les cartes de vent ne sont pas justes en ville.

Les éoliennes inférieures à 12 mètres ne sont pas soumises à autorisation d'urbanisme, une simple déclaration des travaux d'installation suffit. Au delà de 12 mètres, il faut déposer un permis de construire.

Depuis janvier 2012, l'achat d'une installation éolienne donne droit à un crédit d'impôt de 32 % des dépenses TTC (hors main-d'oeuvre) payées entre le 1er janvier 2006 et le 31 décembre 2012 (2015 pour les logements de plus de 2 ans). Une majoration du crédit d'impôt de 8 points est mise en place lors de la réalisation la même année d'un autre type de travaux dans un même logement de plus de 2 ans.

Le montant des dépenses est plafonné à 8 000 € pour une personne seule et à 16 000 € pour un couple marié ou pacsé soumis à une imposition commune. Le plafond est majoré s'il y a des enfants à charge.

De plus un taux réduit de TVA s'applique si le logement est achevé depuis plus de deux ans.

Coût du grand éolien (éolien > 350 kW)

Là aussi le manque de transparence est patent, mais pour le consommateur final cela n'a pas beaucoup d'importance car ce n'est pas lui qui investit. De plus ces prix ne tiennent pas compte du coût de l'adaptation du réseau électrique et du renchérissement des autres moyens de production qui, obligés de s'effacer lorsque le vent souffle, ne fonctionnent plus dans des conditions convenables.

L'appel d'offre pour les 3000 MW d'éolien offshore indiquait qu'il s'agissait d'un investissement de 10 milliards d'euros. Il incluait pour 10% le coût de la liaison électrique avec la côte (est-ce un coût forfaitaire le dépassement éventuel restant à la charge de RTE ?)

La production attendue devrait correspondre à une puissance utile de 1200 MW. Donc le coût est de 7500 €/kW utile (frais de raccordement déduit).

EDF a annoncé que la centrale EPR de Flamanville de 1600 MW reviendrait à 8,5 milliards d'euros (pour une puissance utile de 1440 MW) soit 5900 €/kW utile.

La durée de vie des éoliennes est estimée à 30 ans, celle de l'EPR à 60 ans. L'EPR a dans ces conditions un avantage supplémentaire de 10 % pour la production d'électricité par MW avec un taux d'actualisation de 8 %.

Il reste une marge de 40 % en faveur de l'EPR sur la part due à l'investissement du prix de l'électricité produite.

Coût des éoliennes en mer

Selon l'administration française, le coût moyen d'installation d'une éolienne en mer (offshore) s'élevait en 2009 à 3500 €/kW soit 2,5 fois plus qu'à terre.

L'appel d'offres pour le parc d'éoliennes de mer de 3 GW prévu en Normandie et en Bretagne requiert un investissement de 10 milliards d'euros. En Allemagne, il s'agit d'un parc de 600 MW pour un investissement de 1,2 milliards d'euros.

Est-ce peu, est-ce beaucoup ? Voyons.

Une éolienne de mer délivre une puissance moyenne égale environ au tiers de sa puissance nominale, car elle ne produit pas d'énergie lorsque le vent est en panne ou trop violent. À cela s'ajoute le fait que les éoliennes sont données pour fonctionner une vingtaine d'années, alors qu'une centrale standard fonctionne trois fois plus de temps. Tout compris, sur la longue durée, cela fait 9 fois le coût du kW installé.

Autrement dit, pour obtenir l'équivalent d'une centrale EPR de 1600 MW fonctionnant 90% du temps (pour un coût d'environ 8,5 milliards d'euros) il en coûtera, suivant les deux projets mentionnés, 42 milliards d'euros en France, 25 en Allemagne.

Activités éoliennes professionnelles : le régime fiscal

Le socle en béton est soumis à la taxe foncière sur les propriétés bâties par contre la mâture est en général exonérée s'il peut être démonté. Les parties électriques et mécaniques (pales), sont hors du champ d'application de la taxe, car elles ne sont par nature ni des constructions ni des ouvrages en maçonnerie présentant le caractère de construction.

L'éolienne était soumise également à la taxe professionnelle.

Les éoliennes ayant une durée de vie inférieure à 30 ans leur valeur locative est fixée à 16 % du prix de revient. Par ailleurs, cette valeur locative fait l'objet d'un abattement de 50 % (pour la taxe professionnelle et la taxe foncière) comme cela est le cas pour les équipements de production d'énergie renouvelables éligibles à un amortissement exceptionnel. Les collectivités territoriales et les établissements publics intercommunaux à fiscalité propre peuvent, sur délibération, porter cet abattement à 100 %.

Accessoirement, les investisseurs dans l'éolien bénéficient de certificats verts qu'ils peuvent céder pour compenser des activités polluantes.

Retombées fiscales pour les collectivités

Les retombées fiscales pour les collectivités où sont implantées les éoliennes sont loin d'être négligeables : à 10000 € par éolienne et par an, un parc de 17 éoliennes de 2 MW par exemple rapportera 34000 € par an pour les communes, 85000 € pour les communautés de communes, et 51000 € pour le Conseil général.

Les Charges de Service Public de l'Électricité (CSPE)

Les charges de service public de l'électricité (CSPE) sont payées par tous les consommateurs finaux d'électricité, avec un plafond pour les consommateurs des industries électro-intensives.

Elles sont liées à l'origine à la péréquation tarifaire qui permet de facturer au même prix l'électricité sur l'ensemble du territoire national, conformément au principe d'égalité de traitement mentionnée par la loi du 10 février 2000 (Notamment dans les DOM-TOM et zones non interconnectées où elle est souvent plus chère à produire).

La CSPE couvre également les dispositions sociales imposées par le gouvernement. L'augmentation du nombre de clients bénéficiaires du tarif de première nécessité entraînera une dépense de 145,5 M€ pour 2013.

Enfin, la CSPE permet de rétribuer les distributeurs d'électricité pour les surcoûts dus à l'obligation d'achat de l'électricité produite à partir des énergies renouvelables calculés par la différence entre le tarif d'achat pour la filière considérée et les prix de marché de gros de l'électricité.

Les Charges de Service Public de l'Électricité en 2013

La CRE estime l'ensemble de ces charges à 5,1 milliards d'euros pour 2013 (+43% par rapport à 2011) dont 3 milliards liés aux énergies renouvelables (2,1 Md€ du fait de la filière photovoltaïque en raison du prix d'achat de 459 €/MWh).

La régularisation de CSPE au titre de l'année 2011 due au fait que son niveau avait été fixé trop bas pour financer les charges de 2011 se monte à 1,9 Md€. En tenant compte de divers reliquats les charges à compenser en 2013 sont donc évaluées à 7,2 Md€.

La CSPE 2013 nécessaire pour les financer aurait dû s'élever à 18,8 €/MWh. Ce montant TVA incluse représentera environ 16 % de la facture annuelle moyenne TTC d'un client résidentiel dont 6,7% liés essentiellement à l'électricité éolienne et photovoltaïque dont la production est prévue en 2013.

Mais une fois de plus, l'augmentation de 3 €/MWh de la CSPE est insuffisante pour couvrir ces charges accroissant encore le déficit constitué principalement depuis 2009

Le gouvernement s'est engagé à ce que le déficit supporté par EDF au titre de la compensation de ses charges de service public de l'électricité soit résorbé d'ici 2018. Est-ce le consommateur ou le contribuable qui payeront ?

<http://www.cre.fr>

Obligation d'achat des énergies renouvelables

Tarifs pris en compte pour le calcul des Charges de Service Public de l'Électricité 2013

Éolien terrestre	8,86 centimes/kWh
Incinération d'ordures	5,72 centimes/kWh
Biomasse	12,84 centimes/kWh
Photovoltaïque	45,89 centimes/kWh
Éolien en mer (en 2020)	> 220 centimes/kWh

D'après la Commission d'enquête du Sénat (Conférence de presse 18/7/2012) l'électricité nucléaire coûterait 5,42 centimes/kWh

A ces prix il convient d'ajouter le coût du transport et de la distribution

La CRE a estimé dans ses calculs que les éoliennes terrestres en France ont un facteur de charge de 23,9%

<http://www.cre.fr>

C'est aussi le contribuable qui paye

Les investisseurs dans les installations d'éoliennes bénéficient de nombreuses subventions :

Sur un territoire en régime rural d'électrification, on peut recevoir des aides du FACE (Fonds d'Amortissement des Charges d'Electrification) ou de l'ADEME, par l'intermédiaire du syndicat d'électrification et parfois de la commune. Le montant de ces aides peut atteindre au maximum 95 % des dépenses.

Des aides complémentaires peuvent provenir de l'Union européenne (FEDER, Fonds Européens de Développement Régional), des conseils régionaux ou généraux. (la région Languedoc-Roussillon est la première à avoir mis en place une subvention de 25% du montant de l'investissement pour les petites éoliennes raccordées au réseau.

L'obligation d'achat par EDF de l'électricité produite par les "renouvelables" c'est en fait de la vente forcée au consommateur

En France, les gouvernements successifs ont mis en place un système destiné à camoufler le surcoût inévitable d'une politique de soutien aux renouvelables. En principe, l'outil de financement des renouvelables est une taxe que l'on retrouve bien sur les factures la Contribution au Service Public de l'Electricité (CSPE). En pratique, la CSPE a été progressivement modifiée de façon à mélanger le soutien à des producteurs d'électricité privés (éolien, solaire, etc.) aux surcoûts des missions qui sont véritablement de service public (aide au démunis, à la péréquation des tarifs, médiateur). De plus, pour éviter de rendre trop douloureux le soutien aux renouvelables, la CSPE (différence entre prix d'achat imposé et contractuel et les prix du marché) est fixée par la Loi de Finances pour une année donnée. Si la CSPE est trop basse l'Etat accumule années après années une dette vis-à-vis d'EDF. Cette dette atteint actuellement 4,5 milliards d'euros. Il faudrait que la CSPE atteigne au moins 15 €/MWh pour couvrir les coûts d'achat imposés et résorber progressivement la dette ce qui représente 35 % du coût de la production nucléaire de 42 €/MWh fixé par la loi NOME.

Tarifs d'achat de la production d'électricité éolienne terrestre

Depuis l'arrêté de 2001, le tarif de rachat applicable en France pour la production d'électricité éolienne terrestre est de 0,0838 euros par kWh. Ce tarif est garanti pendant 15 ans. Pour bénéficier du rachat par EDF à ce tarif, l'éolienne doit être installée dans une Zone de Développement Eolien (ZDE).

Enercoop, fournisseur d'électricité verte peut aussi racheter cette production au tarif de 0,06 euros par kWh.

La situation de la filière éolienne est cependant critique en France depuis le 12 mai 2012, date à laquelle le Conseil d'Etat a renvoyé à la Cour de Justice de l'Union Européenne le soin de valider l'interprétation faite de l'arrêté tarifaire éolien datant de 2008. Cette procédure, dont l'issue n'est pas attendue avant 12 à 18 mois, génère une incertitude qui bloque le financement de tous les projets éoliens en France.

Depuis la loi NOME (Nouvelle Organisation des Marchés de l'Électricité), les entreprises doivent payer jusqu'à 10 % du coût du projet pour raccorder leurs parcs au réseau national.

La publication d'un arrêté tarifaire éolien doit donc être la première mesure d'urgence.

Tarifs d'achat de la production d'électricité éolienne offshore

Jusqu'à présent, les gouvernements successifs se sont toujours refusés à relever le tarif de rachat par EDF de l'électricité éolienne offshore, fixé à 130 €/MWh depuis 2006. Les adjudications récentes se seraient traitées au delà de 200 €/MWh.

Mais en application du décret n° 2001-630 du 16 juillet 2001 relatif à la confidentialité des informations détenues par les gestionnaires de réseaux publics de transport ou de distribution d'électricité, pris pour l'application des articles 16 et 20 de la loi n° 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité, le prix de cession et les clauses contractuelles ne sont pas connus.

On en est réduit à faire des évaluations indirectes.

La proposition refusée de GDF Suez pour le parc éolien au large du Tréport aurait conduit d'après le ministre de l'Industrie à une surcharge de 500 M€ du montant de la CSPE. S'agissant d'une puissance installée d'environ 600 MW fonctionnant 3527 heures (valeur optimiste) par an la production serait de 2116200 MWh. Ce qui porterait la surcharge à 236 €/MWh. En ajoutant le prix de l'électricité au marché fixé par la CRE à 59 €/MWh pour 2012. Le prix de cession demandé par GDF Suez serait de l'ordre de 299 €/MWh soit plus de 5 fois le prix du marché.

D'après un communiqué de la CRE, la puissance des projets retenus serait de 1928 MW pour une production annuelle annoncée de 6,8 TWh conduirait à une surcharge de 1100 M€ par an à partir de 2020 soit 161 €/MWh auxquels il faut ajouter le prix de marché de 66,5 €/MWh en 2020 soit 227,5 €/MWh

Trafic de “certificats verts” !

Les marchés internationaux des Energies Renouvelables et notamment ceux l'éolien sont protégés. Ils mettent en jeu des centaines de milliards d'euros. Les acteurs collectent une multitude de subventions nationales et internationales. Ils profitent officiellement de l'argent public et de défiscalisations en cascade, contraires aux règles de l'économie de marché. L'enquête en cours en Allemagne concernant un immense trafic de certificats verts des Energies Renouvelables montre à quel point les valeurs fondamentales de l'écologie sont bafouées par ceux qui, en son nom, ont pris le contrôle des médias, surfent sur la crédulité publique et pratiquent la désinformation pour piller les citoyens.

En France, la Cour des Comptes a dénoncé en 2012 plus d'1.8 milliard d'euros de fraudes aux certificats carbone, avec 18 procédures judiciaires en cours

ENVIRONNEMENT JURIDIQUE

Environnement juridique complexe

Les moulins à vent trop rapprochés des grandes routes peuvent effaroucher les chevaux, soit par la rotation rapide de leurs ailes, soit par la projection successive de l'ombre de ces mêmes ailes sur le sol de la route. En Artois, un règlement du 13 juillet 1774 prescrivait aux propriétaires des moulins à vent de les tenir à 200 pieds au moins des chemins royaux et 150 pieds des autres chemins publics à peine d'amende et d'être contraints à les déplacer. Il serait à désirer qu'une mesure générale déterminât à quelle distance de la voie publique il pourrait être permis de les construire.

Dans l'état actuel de la législation, la construction d'un moulin à vent n'est pas soumise à la permission préalable de l'administration à quelque distance qu'on l'établisse d'un lieu ou d'un chemin public mais dans chaque commune, l'autorité municipale peut prescrire, dans l'intérêt commun, les mesures qu'elle juge convenables.

Il y a donc autant de règlements particuliers, divers et incohérents qu'il y a de communes.

Par la suite le conseil général des ponts et chaussées a fixé à cent mètres le minimum de distance à laquelle les moulins à vent devaient être éloignés du bord des grandes routes et à cinquante mètres pour les chemins vicinaux.

Monter un projet éolien vire au cauchemar !

Les éoliennes dont le mât mesure plus de 12 mètres doivent obtenir un permis de construire.

Avec des éoliennes de 12 à 50 mètres, il faut faire une “déclaration” si l'installation est en dessous de 20MW, et, si elle est au dessus, il faut une “autorisation ICPE”, c'est-à-dire correspondant aux installations classées pour la protection de l'environnement. Et il faut une autorisation de ce type chaque fois que l'installation comprend “au moins un” aérogénérateur d'une hauteur supérieure à 50 mètres.

Une étude d'impact et une enquête publique doivent être réalisées pour les éoliennes de plus de 2,5 MW et des garanties financières constituées pour le démantèlement et la réhabilitation du site.

De plus les zones que les élus ont identifiées comme favorables à l'éolien (ZDE) devront se trouver dans des zones définies comme favorables à l'échelle régionale (SRCAE). Enfin, les radars autour desquels les éoliennes sont interdites sur de très larges périmètres réduisent encore le territoire où l'on pourra installer des éoliennes.

Serait-ce la fin du cauchemar !

Dans le cadre de la loi Brottes sur la tarification des énergies l'Assemblée Nationale a adopté le 5 Octobre 2012 des amendements supprimant les zones de développement éolien (jugées redondantes avec les schémas régionaux air, énergie, climat en cours d'élaboration), tout comme la règle fixant à 5 mâts minimum la taille de tout projet ou encore les obstacles liés à la loi Littoral dans les DOM TOM. Le Sénat a rejeté la loi qui doit passer en deuxième lecture à l'Assemblée Nationale.

Si ces mesures étaient adoptées telles que, on assisterait à un mitage du territoire d'autant que l'obligation d'achat actuellement limitée aux éoliennes implantées dans les ZDE serait de fait étendue.

Environnement juridique en évolution

- 2003 Un permis de construire est nécessaire avec étude d'impact et enquête publique.
- 2005 Création des zones de développement de l'éolien proposées par les collectivités territoriales (ZDE) dans lesquelles on bénéficie de l'obligation d'achat par EDF (loi 2005-781 fixant le Programme d'Orientation de la Politique Énergétique du 13 juillet).
- 2006 Fixation des critères à respecter par les ZDE (sécurité publique, paysages, monuments historiques et patrimoine archéologique, sites protégés, potentiel éolien, possibilité de raccordement, biodiversité) par la circulaire du 19 juin. Une circulaire du 25 octobre 2011 explicite les critères supplémentaires à prendre en compte.
- 2008 Limite l'implantation d'éoliennes dans un rayon de 20 km autour d'un radar militaire ou météorologique.
- 2009 Impulsion de l'élaboration des Schémas Régionaux Éoliens (SRE) par la circulaire du 26 février.
- 2010 Les SRE rendues opposables sont intégrées aux Schémas Régionaux Climat Air Énergie (SRCAE) par la loi 2010-788 dite loi Grenelle 2 du 12 juillet et le décret paru au JO le 18 juin 2011. De plus la loi Grenelle 2 et l'article L.553-1 du code de l'environnement imposent aux éoliennes la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (IPCE) qui interdit l'installation des parcs éoliens à moins de 500 mètres des constructions à usage d'habitation, des immeubles habités et des zones destinées à l'habitation définies dans les documents d'urbanisme en vigueur. Une autre disposition de la loi oblige tout projet de prévoir au moins 5 éoliennes ce qui nécessite un terrain de 100 hectares.
- 2011 Une circulaire du 25 octobre 2011 explicite les critères supplémentaires à prendre en compte lors de l'instruction des ZDE et précise leur articulation avec les SER

La loi littorale

L'article L. 146-4 du code de l'urbanisme et l'article L. 146-1 du code de l'environnement interdisent toute construction isolée dans les communes littorales et ont limitativement énuméré les dérogations à cette règle.

Couplée à la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement cette disposition bloque la majorité des projets de parcs éoliens en zone littorale où les conditions météorologiques sont souvent les plus favorables.

Cependant le III de l'article L. 146-4 du code de l'environnement applicable dans la bande littorale de 100 mètres à compter de la limite haute du rivage permet de déroger à l'interdiction de construction, en dehors des espaces urbanisés pour les installations qui sont nécessaires à des services publics, ou à des activités économiques exigeant la proximité immédiate de l'eau.

Le Conseil d'Etat laisserait entendre que les parcs éoliens pourraient indirectement être qualifiés d'installations nécessaires à des services publics. Ce qui aurait pour effet paradoxal d'autoriser les parcs éoliens dans la bande des 100 mètres du rivage.

CONCLUSION

Conclusion selon Marcel Boiteux

Si aujourd'hui, l'éolienne, munie de sa turbine à gaz, parvenait à produire à un prix de revient comparable à celui des moyens classiques, y compris, toutefois, une correction au titre de ce que serait une "taxe carbone" raisonnable quand le vent remplace des combustibles il faut développer rapidement ces si sympathiques outils alternatifs. Je dirais même que lorsqu'on est seulement tout près de cet heureux résultat, le moment est venu de se préparer à lancer de vastes programmes.

En revanche, on est et reste dans le domaine de la "Recherche-Développement" si toutes corrections faites - y compris la prise en considération du coût énorme des réseaux à construire pour encaisser les conséquences électriques des coups de vent - l'éolien n'est toujours pas compétitif. Le travail doit alors continuer à se faire au niveau des chercheurs pour progresser dans la qualité des matériaux et les techniques de régulation, en attendant de pouvoir descendre un jour sur le terrain.

Pourtant, me dit-on, si l'on fait des éoliennes en série sur un même site, les prix de revient diminuent singulièrement. Certes, mais tant que la dernière réalisation n'est pas enfin rentable, on diminue sans doute le déficit unitaire par éolienne construite, mais on augmente le déficit global *sans rien apprendre de plus*.

En tout cas, à ce stade, c'est dans les pays en développement et très éventés que les promoteurs des éoliennes devraient tester leurs produits.

Marcel Boiteux , membre de l'Institut de France

En guise de conclusion

Traduction d'une métaphore imaginée en Grande-Bretagne

“L'énergie du vent ressemble à un travailleur marginal subventionné par le gouvernement, ayant un salaire horaire supérieur à cinq fois celui d'un travailleur à plein temps et qui se présente à son poste de façon sporadique, habituellement la nuit dans une épicerie ouverte 24 heures sur 24 et commence immédiatement à réarranger les présentoirs de façon aléatoire occasionnant un travail supplémentaire aux autres employés pour maintenir l'attractivité du magasin pour les clients ce qui augmente le coût de fonctionnement de cette affaire, c'est à dire des prix plus élevés des produits et des services, des augmentations de salaire plus faibles, moins de profit et moins de taxes pour le gouvernement.”

Transmise le 12/6/2012 par Hubert Flocard Sauvons Le Climat

REALISATIONS ET PROJETS

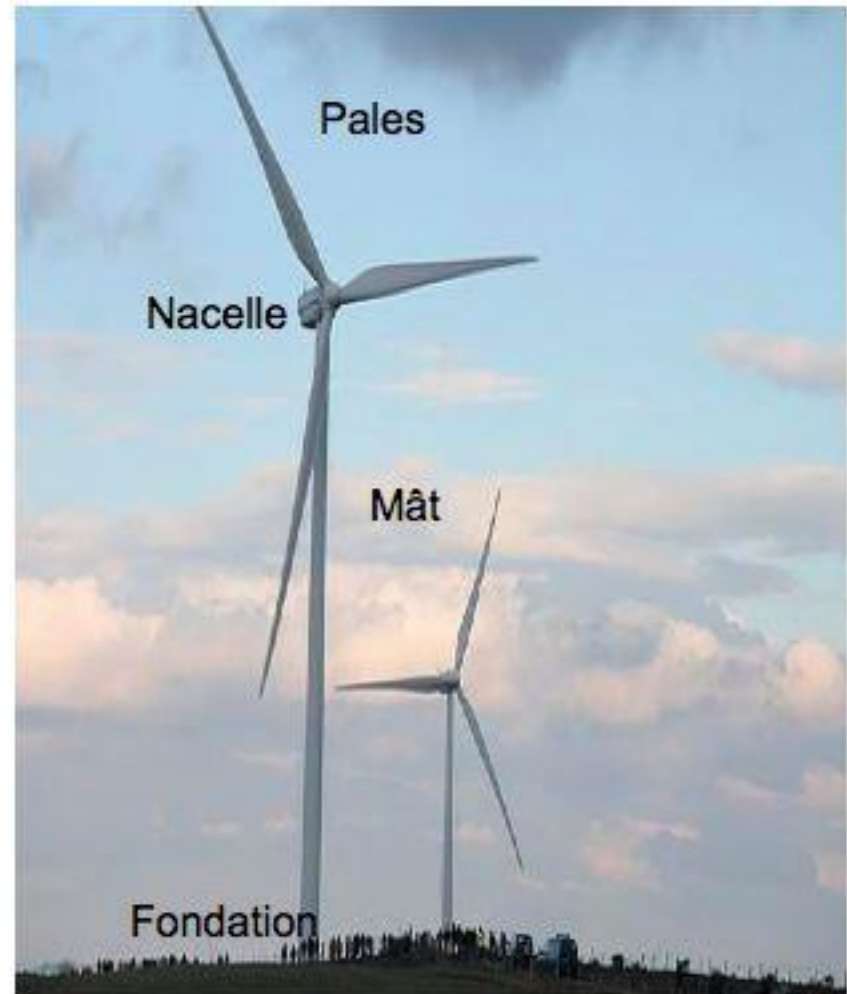
Éolienne à axe horizontal

Les éoliennes à axes horizontaux sont composées principalement d'une nacelle d'un mât et des fondations.

Les pales sont fixées à la nacelle qui comprend un frein, un multiplicateur, l'alternateur et un système de régulation électrique.

La partie qui soutient la nacelle comprend : un système d'orientation.

Une armoire de couplage est généralement située au pied du mât.



Le ferrailage de 40 tonnes pour le socle de 425 m³ en béton d'une éolienne de 2 MW haute de 85 m avec des pales de 41 m



Fondation d'une éolienne terrestre



**Vestas V-164, puissance maximale 7 MW, hauteur du mât 105 mètres, hauteur avec les pales 187 mètres, diamètre du rotor 164 mètres, 800 tonnes d'acier.
A comparer aux 68 mètres du phare de Cordouan.**



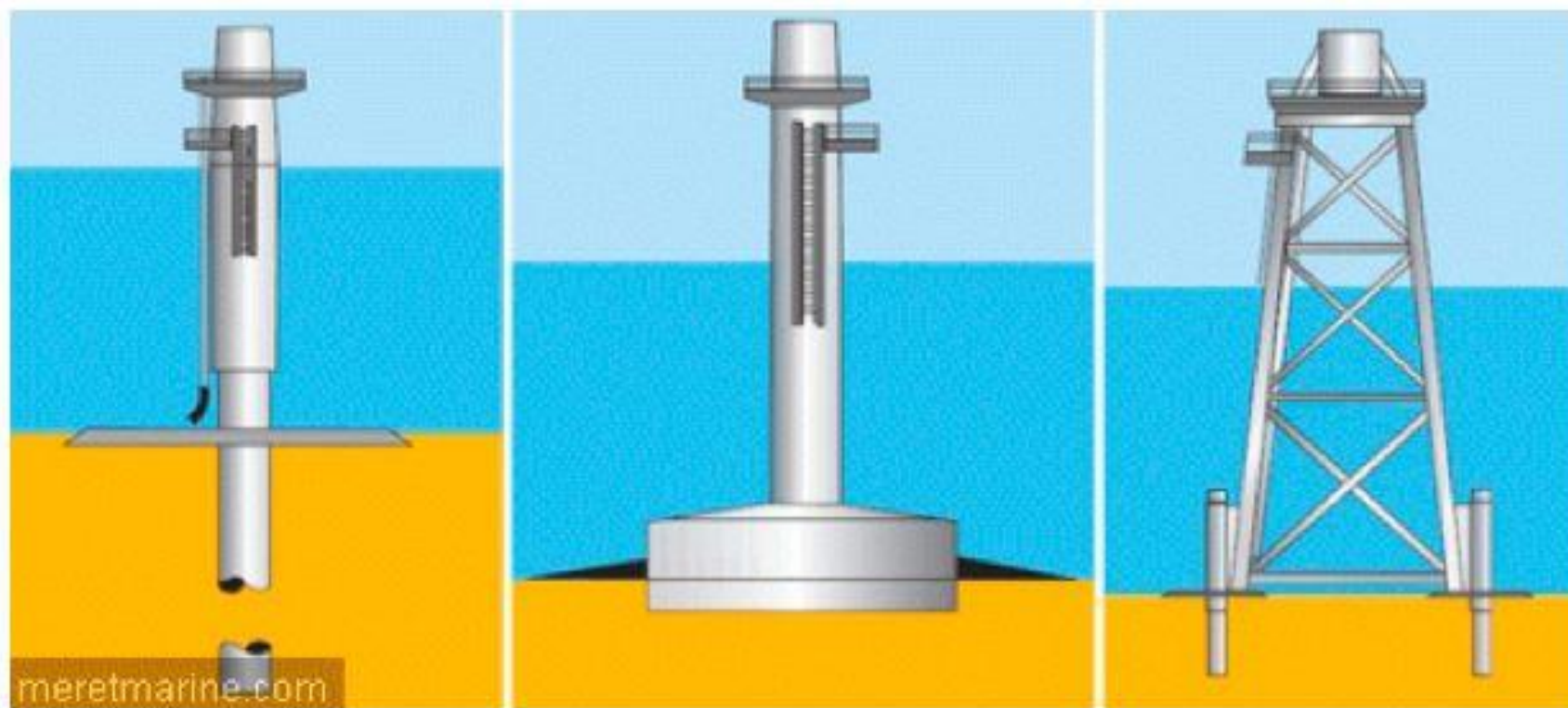
Comparaison entre une éolienne et une centrale nucléaire EPR

	Eolienne de Cresnes sur Fraubée 2 MW (en Mayenne à 30 km d'Alençon)	EPR 1600 MW
Aciers t	269	72000 (1)
Béton t	1000	1095000 (valeur moyenne 1)
Aciers t/MW	135	45
Béton t/MW	500	684

On constate que, pour l'éolienne la quantité d'acier est plus de 3 fois supérieure par MW que pour l'EPR et la quantité de béton un peu plus faible. Mais si on l'exprime en t/MWh l'EPR est plus "léger" compte tenu des facteurs de charge respectifs de ces deux moyens de production d'électricité.

(1) Jean-Pierre Pervès (Directeur du centre CEA de Saclay en retraite)

Divers concepts de fondation d'éoliennes en mer



Mono-pile

Gravitaire

Jacket

Fondation mono-pieu du parc C-Power Belgique



Fondation jacket de l'éolienne off-shore Alsthom Haliade de 6MW



© Alsthom Prototype en cours de développement au large du Carnet

Jacket destinée à l'éolienne off-shore Alsthom Haliade de 6MW



STX France Jacket Embase de 16 x 16 m pour une hauteur de 29m, pesant 375 t.

Fondation et mât de l'éolienne Haliade 6 MW



Thaïs Brouck - LeMoniteur.fr

Haliade 150 6 MW avec des pales de 73,5 m



Thaïs Brouck - LeMoniteur.fr

Turbine de 6 MW de l'éolienne Haliade 150 en cours d'assemblage



Haliade 150 6 MW L'assemblage débute par le bloc central contenant le système d'orientation



Haliade 150 6 MW Le bloc central est équipé d'un helipad permettant d'hélicoptéer le personnel d'intervention



Thaïs Brouck - LeMoniteur.fr

Haliade 150 6 MW Parallèlement le bloc intermédiaire est assemblé à l'alternateur à aimant permanent



Enercon E-126, puissance maximale 6 MW, hauteur du mât 135 mètres, hauteur avec les pales 198 mètres, plus de 3 fois les 60 mètres de hauteur de la cathédrale de Royan, 3000 tonnes de béton rien que pour les fondations.



Bernard Durand, Eolien du futur

Transport de pales d'éolienne par rail

Moins de 20 heures ont suffi à SNCF Geodis pour assurer le premier transport par chemin de fer de neuf pales de 55 mètres de longueur, entre le site de production de Vestas à Lauchhammer (Allemagne) et le port d'Esbjerg (Danemark). L'acheminement par la route aurait duré 72 heures et aurait impliqué 9 camions et 18 véhicules de sécurité.

Le transport ainsi réalisé a permis d'en diminuer le coût de 15 %.



Transport et voies d'accès pour une éolienne NORDEX N90 - 2,3 MW



Nacelle 84 tonnes



Pales 44 mètres 3,5 tonnes



Mât 80 mètres en 4 tronçons



Fondation 400 m³ de béton

Raccordement électrique. Enfouissement à 0,5-1 mètre de profondeur des câbles 20 kV



Transport d'une pale



http://www.saintjeanlachalm.fr/mod_turbolead/upload/file/Construction_du_Parc_Eolien

Transport d'éléments du mât



http://www.saintjeanlachalm.fr/mod_turbolead/upload/file/Construction_du_Parc_Eolien

Montage du premier élément du mât



Montage en cours



http://www.saintjeanlachalm.fr/mod_turbolead/upload/file/Construction_du_Parc_Eolien

Parc éolien de Saint Jean Lachalm



http://www.saintjeanlachalm.fr/mod_turbolead/upload/file/Construction_du_Parc_Eolien

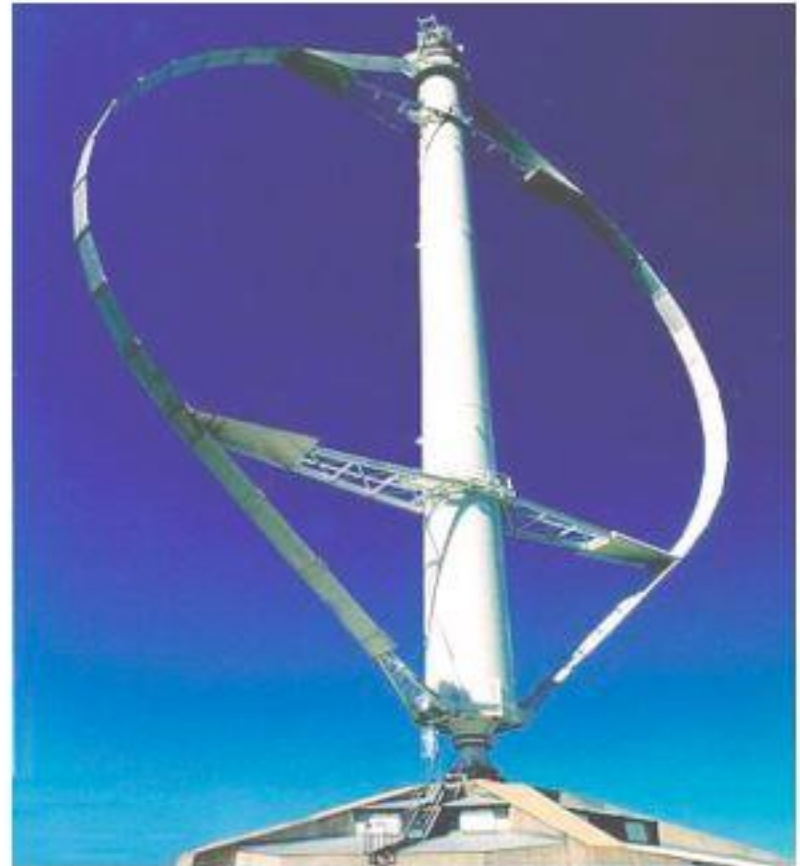
Le Pacific Orca

Livré par les chantiers sud-coréens Samsung Heavy Industries, le Pacific Orca est le plus grand navire d'installation d'éoliennes offshore du monde. Long de 161 mètres pour une largeur de 49 mètres, il présente un port en lourd de plus de 13.000 tonnes et peut atteindre la vitesse de 10 noeuds. Muni d'une grue d'une capacité de levage de 1200 tonnes, il est capable d'installer en mer 12 éoliennes d'une puissance unitaire de 3.6 MW par vent de 70 km/h et 2,5 mètres de houle.



Eolienne à axe vertical de type Darrieus

- Les éoliennes à axe vertical de type Darrieus ont généralement un rendement plus faible que les éoliennes "classiques" à axe horizontal. Mais leur fonctionnement est indépendant de la direction du vent



•

Eolienne de haute altitude (500 m)



Eolienne à axe vertical



Eoliennes flottantes

Au-delà de 30 à 40 mètres de profondeur, le coût de l'installation d'une éolienne en mer sur fondations n'est plus viable économiquement. Les éoliennes flottantes pourraient être installées pour des fonds jusqu'à 200 mètres de profondeur. Plus éloignées des côtes, elles échapperaient aux conflits d'usage avec les riverains et les pêcheurs.

Trois expériences sont en cours en France, les deux premières bénéficiant du programme des investissements d'avenir.

