

GUIDE DU PETIT EOLIEN

Dossier petit éolien

Dans de nombreux pays le petit éolien a le vent en poupe, par exemple aux USA 9801 éoliennes soit 18.2 MW ont été installées en 2008 et 9649 soit 21.5 MW en 2009. Au Canada 2294 soit 2.3 MW en 2008 et 3140 soit 3 MW en 2009. L'Espagne veut sa part de l'industrie éolienne. En pointe dans le grand éolien elle se lance dans le petit éolien soit entre 1kw et 5 kw de puissance. L'objectif est d'installer 100 000 machines d'ici 2020 Il y a de quoi lancer toute une industrie. Idem en Angleterre, au Portugal, en Italie, en Belgique... Mais où est la France dans ce domaine ? Il est très difficile d'obtenir ce genre d'information, les dernières estimations donnent le chiffre d'environ 500 éoliennes par an sur notre territoire.

Il faut dire que dans les autres pays le prix de rachat est différent, par exemple en Italie, Belgique et Allemagne les compteurs tournent à l'envers et le prix de rachat est le même que le prix de vente soit entre 0.15 et 0.18 euros/kwh. En Angleterre le prix de rachat est 0.34 euros/kwh pour une puissance < 1.5 kw et 0.26 euros/kwh pour une puissance comprise entre 1.5 KW et 15 KW. Au Portugal le prix de rachat est 0.65 euros/kwh pendant 10 ans puis 0.45 euros/kwh les 5 années suivantes. En France EDF rachète à 0.078 euros/kwh à condition de se trouver dans une ZDE sinon pas de rachat et pas de compteur qui tourne à l'envers. Enercoop rachète à 0.06 euros /Kwh mais il faut être abonné chez eux.

Il faut dire qu'en France le petit éolien attire mais suite aux nombreuses arnaques, par exemple plus de 100 personnes ont déposé plainte contre France Eolienne, il règne un climat de méfiance et la question est « dois-je me lancer ou non ? » Autre facteur d'inquiétude le marketing utilisé par les fabricants présente toujours une production optimiste et même parfois une surproduction comme le montre le tableau ci-dessous publié par le SEPEN à Narbonne site de test des petites éoliennes. Seuls 6 fabricants ont accepté que les résultats soient rendus publics sur 17 machines testées.

Marque commerciale	Fabricant	Puissances constructeur	Puissances mesurées
FD2.5-300	Shangdu Stock	Nom 300W à 8 m/s	Nom 220W à 8 m/s
Passaat	Fortis Pays Bas	Nom 1400W à 15 m/s	Nom 900W à 15 m/s
AWP 3.6	African wind power	Nom 1200W à 13 m/s	Nom 900 W à 13 m/s
Afelec R 6.7 prototype	Afelec France	Nom 7500W à 13 m/s	Nom 2000 W à 13 m/s
TA 1000	Travere France	Nom 900W à 10 m/s	Nom 800W à 10 m/s
Inclin 1500	Bornay Espagne	Nom 1000W à 9 m/s	Nom 600W à 9 m/s

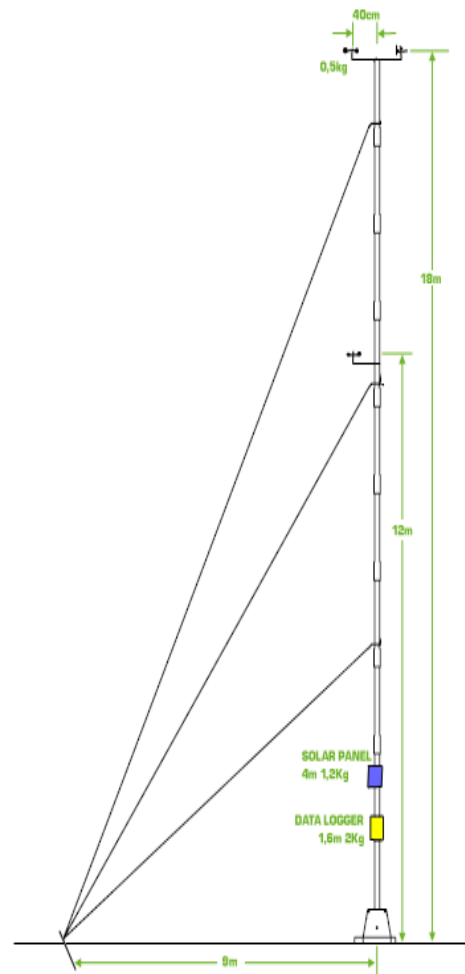
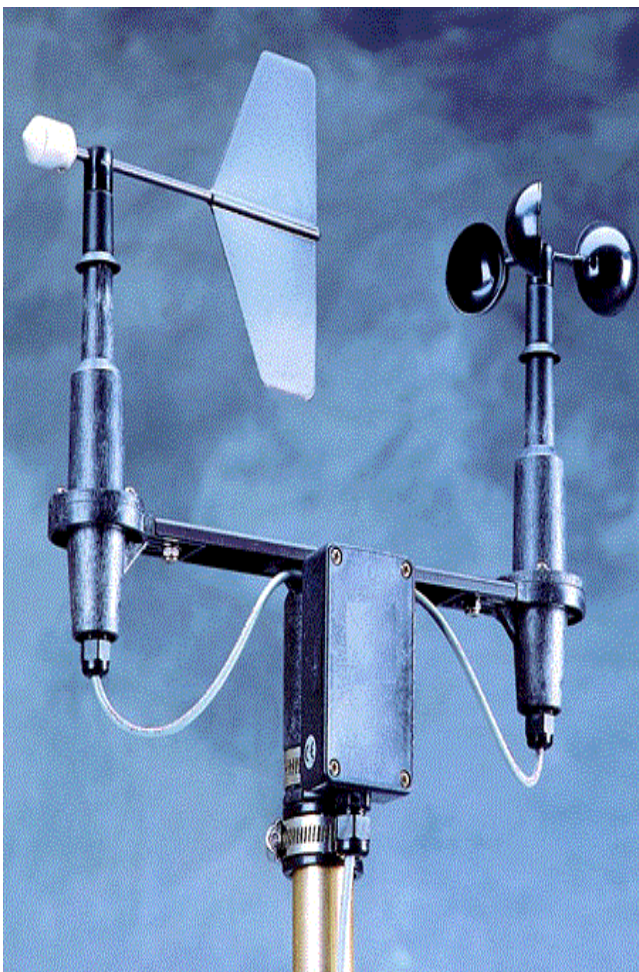
Face à ces problèmes on comprend pourquoi le petit éolien a du mal à décoller en France aussi le but de ce dossier est fournir un guide suffisamment étoffé de façon à répondre aux questions que peuvent se poser les futurs acheteurs de petites éoliennes.

Dans la [mythologie grecque](#), Éole (en [grec ancien](#) Αἰολός / *Aiolos*) est le maître des vents, De son nom découlent l'adjectif « éolien » et le substantif « [éolienne](#) ».

Il est clair que le fonctionnement d'une éolienne dépend du VENT, s'il n'y a pas de vent l'éolienne ne produira pas

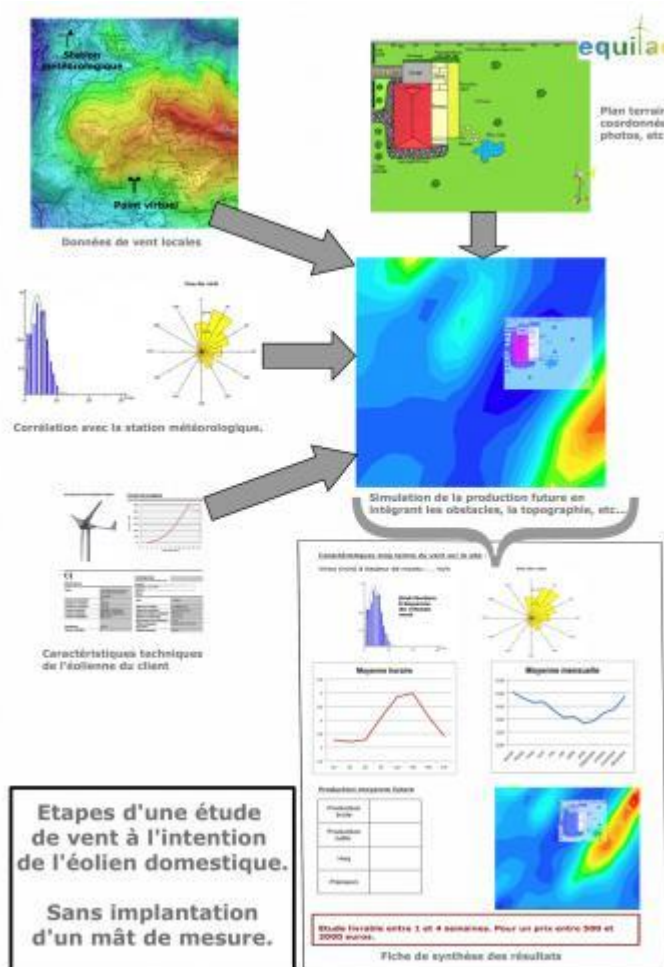
donc première question à se poser : Y a-t-il suffisamment de vent chez moi pour installer une éolienne ?

pour le savoir il faut faire une mesure pendant une période d'au minimum de 3 mois, cependant un an permettrait d'obtenir des résultats plus fiables qui tiennent compte des saisons. Aussi c'est la première question à poser au fabricant d'éoliennes qui devrait en principe proposer l'installation d'un mât de mesure, bien entendu c'est une prestation qu'il faut négocier car elle peut coûter de 3 000 € à 10 000 €.



Il est possible d'obtenir auprès des services de Météo France des données de vent cartographiées. Cependant ce service est payant et peut coûter relativement cher.

Autre possibilité sans mât de mesure :



Jusqu'à ce jour, les études de potentiel pour le petit éolien provenaient des atlas régionaux ou des stations météorologiques éloignées, donnant un productible grossier, ou nécessitaient l'implantation d'un mât de mesures impliquant de lourds investissements initiaux préjudiciables au développement du petit éolien.

C'est pourquoi Equitao a élaboré une méthodologie d'étude de faisabilité dédiée au petit éolien afin de prévoir statistiquement la production d'une petite éolienne pour les particuliers, et cela, sans l'implantation d'un mât de mesure.

Basée sur des données et des méthodes de météorologie mondiale et nationale, elle prend en compte le terrain particulier du site et les obstacles environnants. Puis à partir d'une modélisation des vents à échelle fine (mésos-échelle) et d'une intégration des courbes de puissance et données de la petite éolienne choisie, elle permet une évaluation de la production entièrement à partir des modèles numériques validés (les mêmes que pour le « grand éolien »).

Il est ainsi possible de déterminer rapidement et à la demande, quelle sera la production annuelle statistique d'un site particulier pour une petite éolienne donnée.

A ce jour le coût de cette prestation est de l'ordre de 3000 euros HT et il faut fournir l'ensemble des informations locales concernant les relevés

d'obstacles sur le terrain et photographies ainsi que les coordonnées GPS exactes et numéro des parcelles au cadastre (voir www.cadastre.fr) .. ceci accompagné éventuellement du choix de la machine validé (faire vérifier qu'il y a bien des installateurs agréés à proximité..)

Dans 2 à 3 mois le site internet www.equitao.fr distribuera différentes données et donnera un accès plus simple à ces services à tous ceux qui auront des questionnements sur le gisement éolien de leur région, commune, terrain particulier.. Le prix devrait baisser d'une manière importante.

Les petites éoliennes nécessitent moins de vent que les grandes, mais il y a beaucoup d'endroits en France où l'éolien n'est absolument pas envisageable faute de vent. En général, on considère qu'un vent de 4 m/s moyen annuel mesuré à 10 mètres de haut est un minimum et que les systèmes éoliens atteignent leur optimal autour de 7 m/s. L'intuition est un assez bon indicateur du potentiel éolien. Un autre critère utile et très pertinent est de savoir s'il y a d'autres éoliennes dans la région ou si des moulins à vent y étaient utilisés autrefois.

Au fait c'est quoi le vent ?

Le vent est le mouvement d'une **atmosphère**, masse de gaz située à la surface d'une **planète**. Les vents sont provoqués par un réchauffement inégalement réparti à la surface de la planète par l'**énergie solaire**, et par la rotation de la planète. Les vents sont généralement classifiés selon leur ampleur spatiale, leur vitesse, leur

localisation géographique, le type de force qui les produit et leurs effets. La vitesse du vent est mesurée avec un anémomètre mais peut être estimée par une manche à air, un drapeau, etc.

Le vent se caractérise par 2 grandes variables par rapport au temps : sa vitesse et sa direction

Il existe différents types de vents :

- Les vents de surface, la surface du sol a une influence importante sur les vents jusqu'à une altitude de 100 mètres au dessus du sol. La rugosité du terrain ainsi que les obstacles naturels ou artificiels peuvent influencer la vitesse et la direction du vent. Ce sont les vents de surface qui présentent le plus grand intérêt pour la récupération de l'énergie éolienne.
- Les vents locaux comme le Mistral, le Sirocco etc
- Le vent urbain qui présente différents effets selon l'endroit. Par exemple dans les villes ou l'urbanisme est particulier certaines grandes places publiques deviennent infréquentables si le vent se lève un peu. Le fait de bloquer le vent ne fait que le rendre plus violent.

La vitesse du vent varie en fonction de l'altitude (Cisaillement) selon la formule

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^\alpha$$

V_1 et V_2 : vitesses de vent horizontal (en m/s) aux hauteurs respectives h_1 et h_2 (en m)

L'exposant α caractérise le terrain comme dans le tableau ci-dessous

Nature du terrain ▼	Inégalité du sol h_0 en cm	Exposant α
Plat : neige, glace, mer, marécages, herbes courtes	0 à 20	0,08 à 0,12
Peu accidenté : champs et pâturages, cultures	20 à 200	0,13 à 0,16
Accidenté : bois, zones peu habitées	1 000 à 1 500	0,20 à 0,23
Très accidenté : villes	1 000 à 4 000	0,25 à 0,4

Avec $\alpha = 0,096.l_g.h_0 + 0,016.(l_g.h_0)^2 + 0,24$

Par exemple on peut calculer V_1 avec :

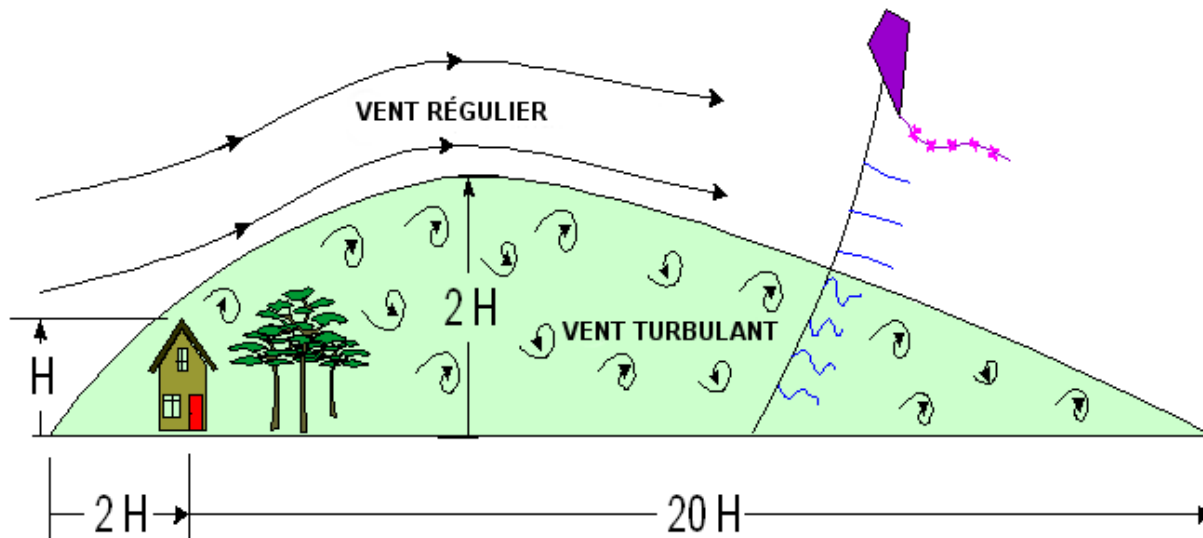
$V_0 = 4$ m/s $H_1 = 24$ m $H_0 = 12$ m $\alpha = 0,2$

On trouve $V_1 = 4,59$ m/s

Si on compare les productions annuelle
 Productible eolien @ $V_0 = 343$ kWh / m²
 Productible eolien @ $V_1 = 519$ kWh / m²

Soit 50% d'énergie de plus à 24 m qu'à 12 m !

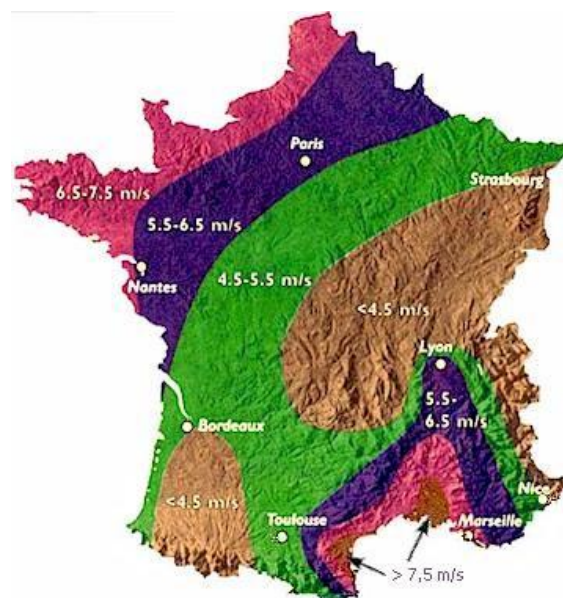
Les turbulences diminuent fortement la production énergétique et la durée de vie d'une éolienne



Le choix du site est donc la deuxième question à se poser

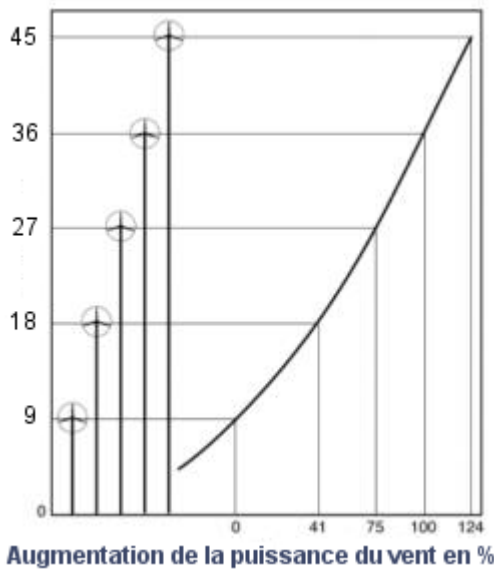
car l'influence de la rugosité va peser lourdement sur la production de l'éolienne et sur les contraintes imposées à celle-ci. En effet dans le cas d'un vent laminaire la vitesse du vent en haut et en bas de la machine est sensiblement la même ce qui a pour effet de diminuer les contraintes cycliques sur les pales du moteur éolien.

ci-dessous la carte des vents en France, il faut savoir que les vitesses indiquées sont mesurées à une altitude de 50 mètres. La Mayenne se trouve dans la zone violette de 5.5 à 6.5 m/s.



Si l'on fait le calcul de la vitesse du vent à 12 mètres d'altitude on trouve 4.13-4.88 m/s soit une perte de 33% de la vitesse ce qui aura un impact non négligeable sur la performance de l'éolienne.

La courbe ci-dessous montre l'augmentation de la puissance du vent en fonction de la hauteur du rotor de l'éolienne.



Les paramètres d'un bon site éolien :

- 1 - La quantité de vent exploitable durant l'année
- 2 - La qualité du vent : régularité d'écoulement, l'absence de turbulence...
- 3 - La vitesse du vent : la puissance contenue dans le vent est proportionnelle au cube de sa vitesse. Si la vitesse du vent double, la puissance disponible est multipliée par 8.

la troisième question à se poser est : quel type d'éolienne choisir ?

Il existe un grand nombre d'éoliennes dont la puissance varie de quelques centaines de Watts à plusieurs dizaines de KW, le choix de la puissance dépend du site (ZDE ou non), de la consommation électrique annuelle, de l'investissement envisagé, si l'on souhaite être autonome etc...

Il existe deux types d'éoliennes :

- éoliennes à axe horizontal
- éoliennes à axe vertical

Les éoliennes à axe horizontal de type hélice sont les plus couramment utilisées aujourd'hui, elles représentent plus de 95% du marché . Les pales mises en rotation par l'énergie cinétique du vent entraînent un arbre raccordé à une génératrice qui transforme l'énergie mécanique créée en énergie électrique. Ces éoliennes ont besoin d'un vent laminaire pour être productives et doivent donc être à deux fois la hauteur des obstacles pour éviter les vents turbulents. Les éoliennes à axe horizontal fonctionnent en utilisant la portance.

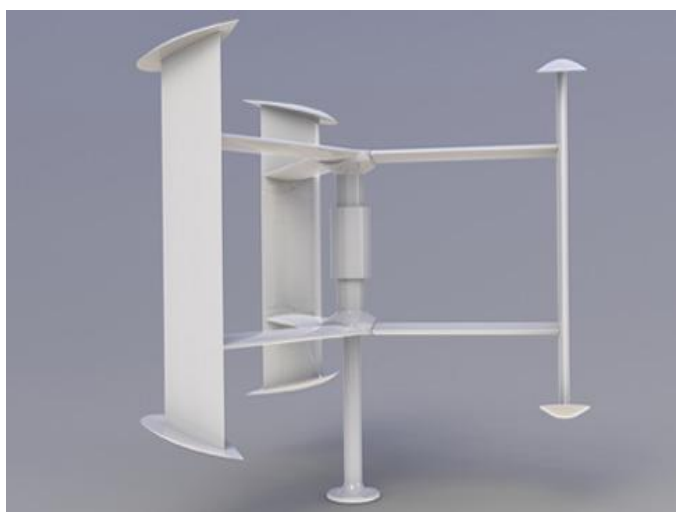
ci-dessous quelques exemples d'éoliennes à axe horizontal



Les éoliennes verticales ont été conçues pour répondre au mieux aux contraintes engendrées par les turbulences dans le cas de sites à rugosité élevée. Grâce à leur design, elles peuvent fonctionner avec des vents provenant de toutes les directions et sont moins soumises à ces perturbations que les éoliennes à axe horizontal. Elles sont plus silencieuses et peuvent facilement s'intégrer dans les lotissements. Elles peuvent être classées selon leur caractéristique aérodynamique : fonctionnement avec un design conçu sur la portance ou la trainée. Les Savonius utilisent la trainée alors que les Darrieus utilisent la portance

Les éoliennes utilisant la portance pour générer une rotation sont capables d'extraire plus d'énergie du vent que celles utilisant la trainée. Comme le design des pales à portance traverse le flux d'air et génère ainsi un vecteur de force plus important que la vitesse du vent, alors qu'un design trainée ne peut se sortir du vent plus vite que le vent ne souffle.

Par contre du fait que les éoliennes verticales sont plus récentes sur le marché elles coûtent plus cher



avant d'investir il est nécessaire de connaître la courbe de puissance de l'éolienne ainsi que la courbe de production annuelle.

Tout d'abord nous allons faire un peu de théorie.

L'énergie fournie par le **vent** est une énergie cinétique, elle est fonction de la masse et de la vitesse du volume d'air. Si on considère que la masse volumique de l'air (masse de l'air par unité de volume) est constante, on peut dire que l'énergie fournie par le vent est fonction de sa vitesse :

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

m : masse du volume d'air (en kg)

V : vitesse instantanée du vent (en m/s)

E_c : énergie cinétique (en joules)

En considérant un dispositif de récupération de cette énergie de surface S et en faisant l'hypothèse que la vitesse du vent est identique en chaque point de cette surface, le volume d'air qui traverse cette surface en 1 seconde est égal à VS .

$$P = E_{c/s} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{m_0 \cdot VS}{m} \right) \cdot V^2$$

Puissance du vent contenue dans un cylindre de section S

$$P_{cinétique} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^3$$

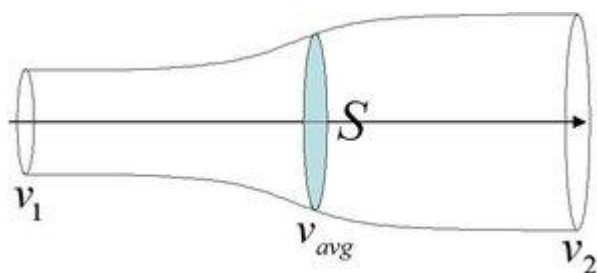
ρ : masse volumique de l'air (air atmosphérique sec, environ : 1,23 kg/m³ à 15 °C et à pression atmosphérique 1,0132 bar)

S : surface du capteur éolien (en m²)

V : vitesse du vent (en m/s)

Cette puissance est une puissance théorique, il est bien sûr impossible qu'elle soit récupérée tel quelle par une éolienne (cela reviendrait à arrêter le vent).

En pratique, une éolienne dévie le vent avant qu'il atteigne la surface balayée par le rotor. Une éolienne ne pourra donc jamais récupérer l'énergie totale fournie par le vent (voir loi de Betz). Lorsque l'énergie cinétique du vent est convertie en énergie mécanique par le rotor, le vent est freiné par celui-ci, la vitesse du vent à en amont du rotor est toujours supérieure à celle en aval. Or la masse d'air qui traverse la surface balayée par le rotor est identique à celle sortant. Il en résulte un élargissement de la veine d'air (tube de courant) à l'arrière du rotor.



Tube de Betz

Ce freinage du vent est progressif, jusqu'à ce que la vitesse de l'air à l'arrière du rotor devienne à peu près constante.

La puissance récupérable est inférieure, puisque l'air doit conserver une énergie cinétique résiduelle pour qu'il subsiste un écoulement. [Albert Betz](#) a démontré que la puissance maximale récupérable est :

$$P_{max} = \frac{16}{27} \cdot P_{cinétique} = \frac{8}{27} \cdot \rho \cdot S \cdot V^3$$

Le rendement maximal théorique d'une [éolienne](#) est ainsi fixé à $\frac{16}{27}$, soit environ 59,3 %. Ce chiffre ne prend pas en compte les pertes d'énergie occasionnées lors de la conversion de l'énergie mécanique du vent en énergie électrique.

Dans le cas d'une hélice de diamètre D, la limite de Betz est égale à :

$$P = 0,37 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot V^3$$

$$P = 0,29 \cdot D^2 \cdot V^3$$

La puissance fournie par un aérogénérateur est proportionnelle :

- au carré des dimensions du rotor
- au cube de la vitesse du vent

L'énergie fournie par l'[aérogénérateur](#) étant toujours transformée, cette limite est donc affectée par tous les rendements propres aux différentes transformations.

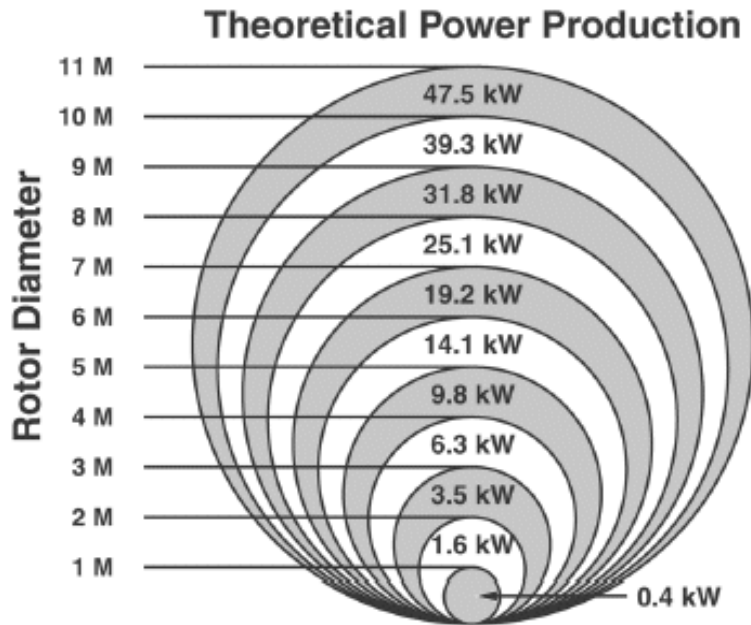
- Hélice : $0,20 < \eta < 0,85$
- Le multiplicateur ou le réducteur : $0,7 < \eta < 0,98$
- L'alternateur ou la génératrice continue : $0,80 < \eta < 0,98$
- Le transformateur : $0,85 < \eta < 0,98$
- Le redresseur : $0,9 < \eta < 0,98$
- Les batteries : $0,7 < \eta < 0,8$
- Les pertes de lignes : $0,9 < \eta < 0,99$

Les rendements de chaque élément varient avec le régime de fonctionnement lié à la vitesse de rotation de l'hélice, ce qui en dehors du régime nominal diminue encore le rendement global du dispositif, il semble difficile de dépasser 70% de la limite de Betz.

Au final le rendement global du dispositif dans le cas d'un système efficace se situe donc à :

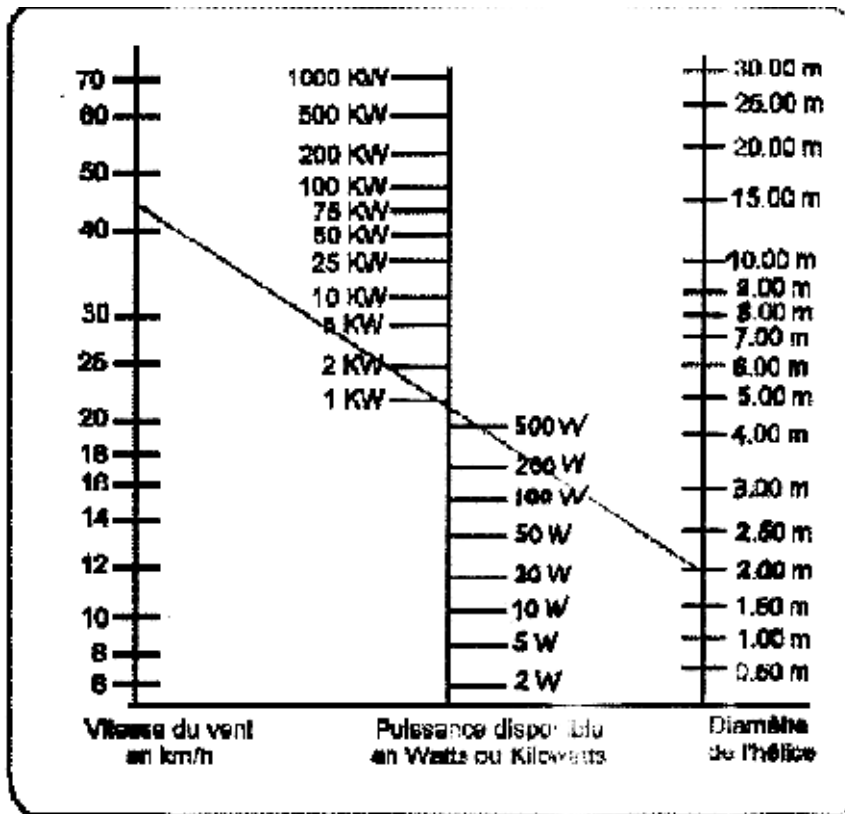
$$P = 0.203 \cdot D^2 \cdot V^3$$

Cette équation est très intéressante car elle permet de faire un calcul rapide de la puissance de l'éolienne en fonction du diamètre du rotor et de la vitesse du vent.

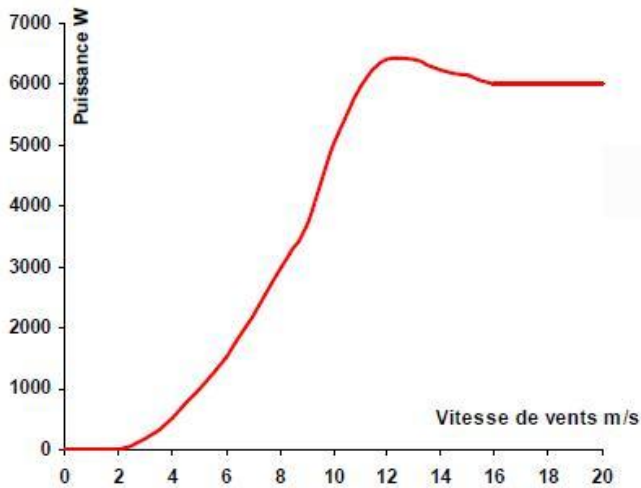


Puissance maximale théorique d'une éolienne en fonction du diamètre du rotor

Le tableau ci-dessous permet d'obtenir la puissance disponible en fonction de la vitesse du vent et du diamètre du rotor. Il suffit de tracer une droite de la vitesse du vent et du diamètre du rotor, le croisement de cette droite avec l'axe des puissances donne la puissance disponible. Dans l'exemple ci-dessous un rotor de 2 mètres de diamètre et une vitesse de vent de 45 km/h donne une puissance de 1 Kw



Exemple de courbe de puissance d'une éolienne WT6000



Comment déterminer cette courbe de puissance ?

La puissance moyenne du vent est déterminée grâce à la distribution de Weibull, connaître la vitesse moyenne du vent ne suffit pas à calculer la puissance moyenne. Il faudra prendre en compte la probabilité de l'occurrence de chaque vitesse de vent et la puissance correspondante, car la puissance est proportionnelle au cube de la vitesse. Les vents forts contenant le plus d'énergie influenceront d'autant plus sur la puissance moyenne, bien qu'ils aient une faible probabilité.

ci-dessous un exemple d'étude en Auvergne.

Dans cette partie, nous allons expliquer en détail les différentes hypothèses et la démarche que nous avons suivie dans le but de rendre l'éco-quartier autosuffisant en électricité.

1. Les hypothèses de travail

a. Les hypothèses utilisées sur le vent

Nous avons considéré que la vitesse du vent déterminée par la suite est une valeur proche de la réalité. Sans faire la mesure réelle du vent à la bonne hauteur, c'est quelque chose de difficile à dire.

De plus, nous sommes partis sur le fait que le vent ne changeait jamais de direction et qu'il se situait toujours dans des gammes de vitesse suffisantes à la mise en route de l'éolienne. C'est à dire une vitesse de plus de 3m/s.

Puis, nous avons également pris en compte le relief du site (de par le positionnement de l'éolienne) mais de manière très large, car nous ne savons nullement comment le vent se comporte exactement.

De plus, le site d'implantation des éoliennes se trouve sur une colline, nous avons négligé les effets de la couche limite atmosphérique. Nous nous sommes donc imaginés que l'écoulement du vent était plus proche du laminaire que du turbulent.

Et enfin, nous nous sommes basés sur le fait que les éoliennes fonctionnaient 8760 heures par an, c'est à dire nous n'avons pas pris en compte les temps dédiés à la maintenance et/ou à l'entretien.

Une étude du potentiel éolien en Auvergne a été faite par l'ADEME. De cette étude nous avons récupéré les valeurs de vitesse du vent a des hauteurs de 60, 80 et 100 m. En utilisant la formule du gradient de vitesse nous avons pu déterminer la vitesse du vent a une hauteur de 12m, celle ou nous voulons placer nos éoliennes pour ne pas avoir de demande de permis de construire à faire. Pour ce calcul nous avons pris une valeur de α de 0,2.

Nous avons obtenu une vitesse de 3,94 m/s pour une hauteur de 12m.

Champeix se situant au nord-ouest d'Issoire, nous avons choisi de prendre une valeur de vitesse du vent de 5,5 m/s (à une hauteur de 60m) en tant que valeur maximale présente ici pour pouvoir maximiser nos résultats.

A partir de cette valeur moyenne de vitesse du vent, nous avons pu établir la distribution du vent de Rayleigh d'après la formule de densité de probabilité de Weibull.

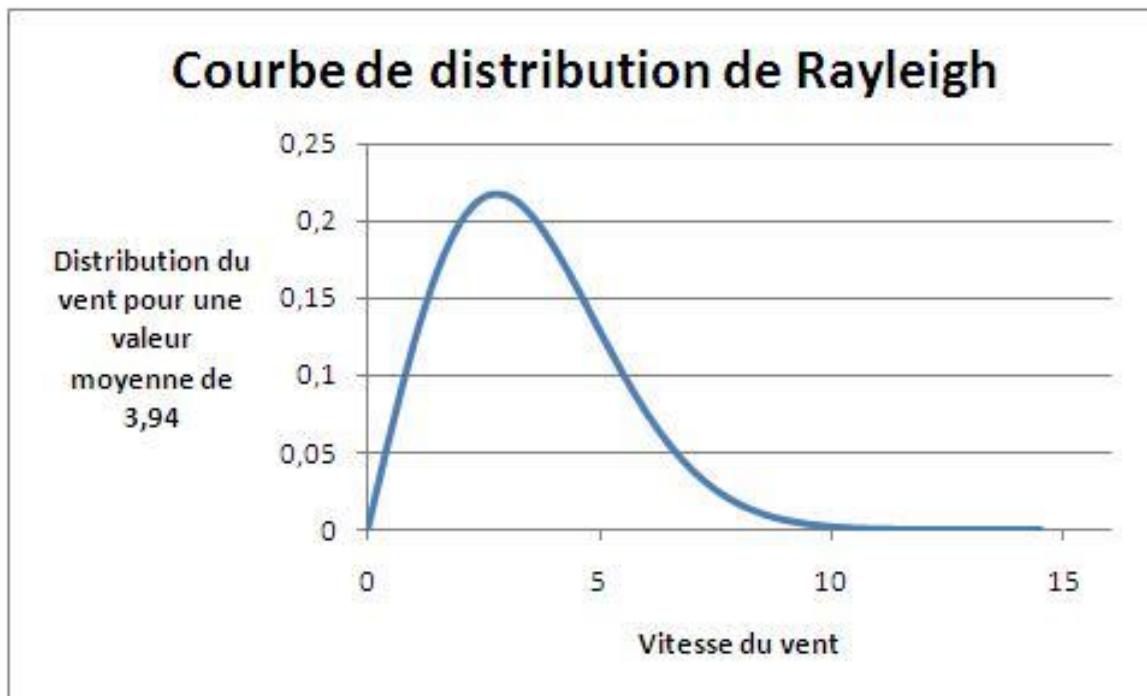


Figure 7: Courbe de distribution de Rayleigh pour une valeur moyenne en vent de 3,94 m/s.

A partir de la courbe de distribution du vent et celle de puissance/vitesse du vent de l'éolienne WT6000, on peut calculer la production possible. On la calcule pour chaque gamme de vitesse grâce à la puissance correspondante. Ensuite on somme les énergies moyennes pour avoir une valeur approchée de la production électrique.

Vitesse du vent (m/s)	Densité de probabilité	Puissance (W)	Energie (Wh)	Energie moyenne (Wh)
3	0,216456775	250	54,11419383	
4	0,183854855	500	91,92742764	73,02081073
5	0,128705615	1000	128,7056149	110,3165213
6	0,076039335	1500	114,0590031	121,382309
7	0,03839652	2100	80,63269287	97,34584797
8	0,016696974	3000	50,09092291	65,36180789
9	0,006283353	3300	20,73506488	35,41299389
10	0,002053039	5000	10,26519742	15,50013115
11	0,000583829	6000	3,502972957	6,884085187
12	0,000144749	6400	0,926396299	2,214684628
13	3,13306E-05	6200	0,194249796	0,560323048
14	5,9264E-06	6100	0,036151018	0,115200407
15	9,80479E-07	6100	0,005980921	0,02106597
		production horaire:	528,1357811 Wh	
		production journalière:	12675,25875 Wh	
		production annuelle:	4,626469443 MWh	

Tableau 2: Récapitulatif des calculs pour calculer la production annuelle d'une éolienne.

Nous obtenons une production de l'ordre de 4,6 MWh par an.

Nous sommes partis sur l'utilisation d'un aérogénérateur type WT6000 du fabricant Proven ayant les caractéristiques suivantes:

Puissance	6 000W à 12 m/s
Vitesse de démarrage	2,5 m/s
Vitesse nominale	12 m/s
Vitesse de survie	65 m/s
Diamètre rotor	5,5m
Estimation de la production par an pour un vent moyen de:	
4,5m/s	8 050 kWh
5m/s	9 950 kWh
6m/s	13 500 kWh

Tableau 1: Principales caractéristiques de l'éolienne utilisée. (Source: <http://capvent.fr/WT6000.pdf>)

Cette étude démontre qu'en fait il peut y avoir un écart important entre les estimations données par le constructeur et les valeurs obtenues par calcul dans les conditions réelles du site choisi.

Autre point important dans le choix de l'éolienne :

Système de régulation et de protection

Dans le cas de vents violents la vitesse de rotation en bout de pales peut devenir excessive et aboutir à un bris de pale. C'est pour cela qu'il est recommandé de positionner l'éolienne suffisamment loin des bâtiments et des habitations. Il existe différents systèmes de sécurité qui stoppent l'éolienne en cas de vents trop violents. Il est recommandé de poser la question au vendeur car il y a déjà eu plusieurs accidents dus à ce genre de problème.

Prenons un exemple : soit une éolienne de 5 mètres de diamètre dont la vitesse de rotation à la puissance nominale avec un vent de 12 m/s est de 450 tr/mn. La vitesse en bout de pale est donnée par la formule

$$U = r\omega = r2\pi n/60$$

r correspond à la longueur de la pale soit 2.50 mètres

n = vitesse de rotation du rotor

on obtient donc $U = 2.5 \times 2 \times \pi \times 450 / 60 = 117.81$ m/s alors que le vent souffle à 12 m/s. Sachant que 1 m/s = 3.6 km/h on obtient $U = 424$ km/h. Imaginez une vitesse de vent de 25 m/s soit 90 km/h la vitesse en bout de pale serait de 883.8 km/h.

Systèmes de freinage manuel

C'est le moyen le plus simple pour éviter la destruction d'une machine, lorsque le vent atteint une certaine vitesse un opérateur immobilise l'éolienne, cette immobilisation peut être effectuée de plusieurs manières :

- à l'aide d'un frein
- en changeant l'orientation de l'hélice : l'hélice est placée parallèlement au vent (mise en drapeau)
- en modifiant le calage des [pales](#) afin d'obtenir un couple moteur nul.

Systèmes de freinage automatiques

Régulation et freinage par basculement de l'éolienne

Régulation et freinage par gouvernail articulé : À partir d'un certain niveau de [vent](#), jugé excessif pour la sécurité mécanique de l'éolienne, le gouvernail se replie progressivement et automatiquement en travers de l'axe du vent. Non seulement il freine l'écoulement, ralentissant la vitesse, mais il détourne l'éolienne de la perpendiculaire au vent. Celle-ci devient alors de moins en moins efficace et sa vitesse ne peut augmenter même si le vent force. On parle généralement d'effacement latérale ou de "furling" dans ce cas précis, ceci est très utilisé pour les petites éoliennes car c'est un système très simple à mettre en œuvre.



Mise en drapeau

Le pas variable , aussi appelé *pitch control*, est un système de régulation aérodynamique actif. Ce système consiste à faire varier l'angle de calage des pales sur le moyeu à l'aide de vérins hydrauliques autour d'un axe longitudinal pour profiter au maximum du vent instantané et limiter la puissance pour des vitesses de vent supérieures à la vitesse nominale. La variation de l'angle de calage entraîne une diminution ou une augmentation de la portance de la pale, donc du couple moteur. Un système de contrôle permet de déterminer la meilleure position des pales en fonction de la vitesse du vent (MPPT) et commande le système hydraulique afin d'exécuter le positionnement.

Ce système permet :

- **d'arrêter l'éolienne ou en limiter la puissance afin de la protéger des vents violents en plaçant les pales en drapeau et réduisant ainsi la prise au vent**
- **de maximiser l'énergie absorbée par l'éolienne pour la faire démarrer : généralement les pales pivotent de quelques degrés à chaque variation de la vitesse du vent de manière à ce que les pales soient toujours positionnées avec un angle optimal par rapport à la direction du vent pour en extraire la puissance maximale.**

C'est le système le plus efficace car il permet une régulation constante et presque parfaite de la rotation du générateur en bout de ligne, donc de la puissance, mais c'est un dispositif complexe, qui exige davantage d'entretien.

Court-circuit de la sortie de la génératrice

Dans une machine synchrone, le couple est fonction du courant. Donc en augmentant le couple via un court circuit de l'induit on arrive à freiner le rotor de l'éolienne.


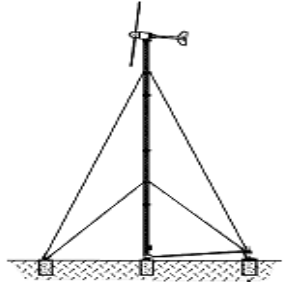
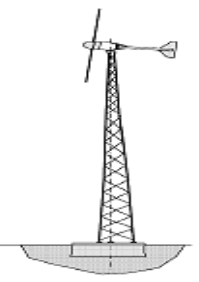

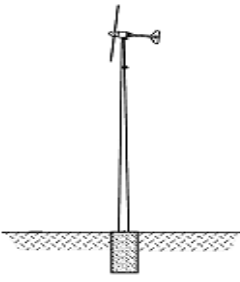
Enfin autre question à poser : est-ce que l'éolienne est certifiée ? . C'est une demande de beaucoup d'acteurs de la filière pour éviter de tomber sur des mauvais produits. Cette certification n'est pas obligatoire (et cela coûte cher de surcroît), mais le CSTB qui fait partie du groupe de travail sur une norme internationale "petit éolien" au sein de l'IEA task 27.

Des essais à minima pour caractériser la machine pourraient ainsi permettre d'obtenir un "label" donc affaire à suivre.....

Une fois le type d'éolienne choisi la quatrième question à se poser est :

Quel mât choisir ?

Il existe différents types de mâts (voir ci-dessous)

				
Treillis haubané	Tubulaire haubané basculant	Treillis Auto-porteur	Tubulaire Auto-porteur Basculant	Tubulaire Auto-porteur
- économique - Facile à monter	- Facilite la maintenance	- Grandes hauteurs	- Faible emprise au sol - Facilite la maintenance	- Faible emprise au sol

Le choix du mât dépend de plusieurs paramètres :

- Coût
- Maintenance facile et son coût
- Problèmes administratifs selon la hauteur du mât.
- En ce qui concerne le coût il est très variable selon le fabricant, le type de mât, sa hauteur, le génie civil ...il peut varier entre 1000 euros et 2500 euros.
- La maintenance est beaucoup plus aisée avec un mât inclinable car il permet un accès plus facile à l'éolienne. De plus ce type de mât un peu plus cher à l'achat mais permet une maintenance moins chère car un mât fixe nécessite une nacelle. Par exemple l'ordre de prix pour une petite éolienne sur un mât de 12 mètres fixe revient à environ 1300 euros tous les trois ans.
- Les problèmes administratifs sont aussi à prendre en compte surtout si la hauteur de l'éolienne est supérieure à 12 mètres.

Avant d'entreprendre toute démarche administrative, la première étape est de prévenir vos voisins de votre intention d'[installer une éolienne](#). N'oubliez pas qu'un petit aérogénérateur a forcément un impact visuel et peut générer une légère nuisance sonore. La mairie peut d'ailleurs s'opposer à votre projet d'installation si elle estime que la gêne occasionnée serait trop importante pour vos voisins...

Le permis de construire :

Les démarches pour installer une éolienne sont simples. Vous pouvez néanmoins les confier à votre installateur. A noter : l'examen du permis de construire, censé se faire dans les 2 mois, prend en réalité plutôt une dizaine de mois.

- Pour les installations inférieures à 12 mètres (mât et nacelle) : la plupart des communes demandent une déclaration préalable aux travaux. Vous devez également fournir une notice d'impact décrivant les incidences éventuelles de votre projet sur l'environnement et les conditions dans lesquelles l'opération projetée satisfait aux préoccupations d'environnement.
- Pour les installations entre 12 et 50 mètres de haut : avant de procéder à l'installation, vous devez obtenir un permis de construire et fournir une notice d'impact.
- Au-delà de 50 mètres de haut : vous devez avoir un permis de construire et un dossier comprenant une étude d'impact et une enquête publique.

En fonction de l'utilisation escomptée de l'énergie produite par l'éolienne, le permis de construire est délivré par :

- Le maire de la commune, si l'éolienne est destinée à votre propre consommation.
- Le préfet du département, si en plus de votre propre consommation, vous souhaitez vendre l'électricité de votre éolienne.

Type de machines électriques utilisées dans les petites éoliennes

On peut retrouver trois types de machines électriques sur une éolienne :

- l'alternateur à aimants permanents,
- la génératrice à courant continu (c.c.)
- l'alternateur sans balai.

Dans les alternateurs à aimants permanents, les aimants créent un champ magnétique permanent et constant. Ces alternateurs sont beaucoup plus légers que les autres types de générateurs, qui utilisent un enroulement de cuivre autour d'un noyau en fer pour créer le champ magnétique. Les alternateurs à aimants permanents produisent un courant et une tension de fréquence proportionnelle à la vitesse de rotation (qui varie elle-même selon les vents). Ce qui veut dire qu'on ne peut pas y connecter directement des appareils électriques fonctionnant sur le 50 Hz. Les alternateurs à aimants permanents développent un flux magnétique constant quelle que soit la vitesse de rotation du rotor. Le rotor est donc plus difficile à démarrer et l'alternateur n'est performant qu'à un seul point de la courbe de puissance. Tous les autres points de la courbe ne sont qu'un compromis, particulièrement pénalisant dans les cas où les vents sont moyens ou faibles, ce qui constitue effectivement la majeure partie de la plage d'opération d'une éolienne.

L'avantage des alternateurs à inducteur bobiné est leur facilité de démarrage par vents faibles. Ceci s'explique par le fait qu'il n'y a presque pas de flux magnétique développé par l'inducteur, donc une très faible résistance au mouvement pour l'armature en rotation. Le flux magnétique augmentera au fur et à mesure que les vents augmentent et ce jusqu'à ce que le rotor atteigne sa vitesse nominale. l'intensité du champ magnétique produit par un générateur à inducteur bobiné est proportionnelle au courant qui y circule et à la tension à ses bornes. Plus la tension est élevée aux bornes de l'inducteur, plus le courant augmente et plus l'inducteur développe un flux magnétique élevé. De façon pratique, cela signifie que le flux magnétique s'intensifie à mesure que la vitesse du rotor augmente.

La génératrice à c.c. suit la loi cubique de la puissance contenue dans le vent : toutes les fois qu'on double la vitesse du vent, on multiplie par 8 (huit) la puissance de sortie de la génératrice. L'entretien d'une génératrice à courant continu est plus fréquent puisqu'il faut remplacer ses balais tous les 6 ou 10 ans

Aussi, même si les alternateurs à aimants permanents sont de fabrication simple (pas de balais) et coûtent moins chers à produire que les génératrices à c.c., leur simplicité a un " prix ". Par ailleurs, il

est vrai également que les génératrices à c.c. coûtent plus cher que les alternateurs à aimants permanents.

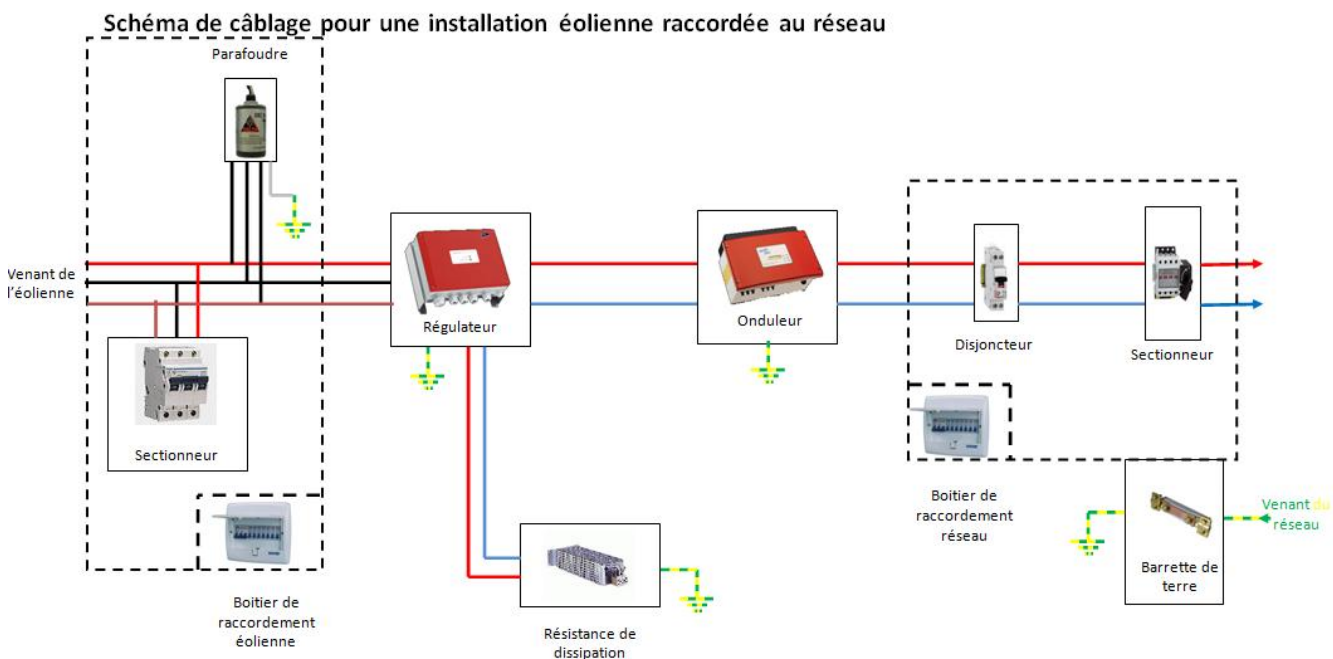
Quant aux alternateurs sans balais, ils possèdent les avantages des deux autres types de machines. Ils ont un inducteur bobiné et n'ont pas de balais. Leur courbe de puissance est similaire à celle d'une génératrice c.c. Cependant, comparativement aux génératrices c.c. et aux alternateurs à aimants permanents, les alternateurs sans balais sont plus compliqués. Ils coûtent donc plus cher à l'achat et au moment des réparations.

Au final le choix d'un alternateur à aimants permanents semble le plus judicieux mais comme il ne peuvent pas être connecté au réseau il faut d'abord redresser le courant fourni et ensuite utiliser un onduleur pour produire un courant alternatif 50 Hz utilisable dans l'habitation.

Ensuite il y a deux possibilités offertes :

- raccordement au réseau
- site autonome

ci-dessous le schéma de raccordement au réseau proposé par Tiéole



On y trouve un boîtier de raccordement comprenant un sectionneur et un parafoudre.

Ensuite un régulateur comprenant un redresseur de façon à transformer le courant alternatif en courant continu et un système de régulation destiné à limiter la vitesse des pales en transférant une partie du courant produit dans une résistance dans le cas où la demande est faible et le vent fort.

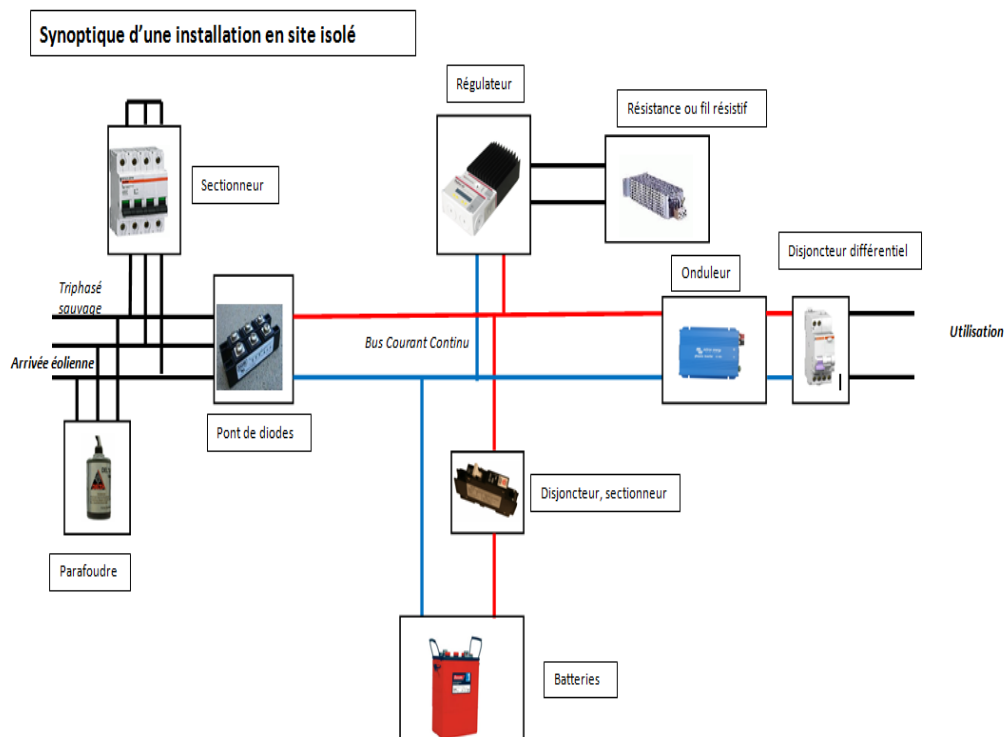
Un onduleur transformant le courant continu en courant alternatif 50 Hz directement utilisable sur le réseau. L'onduleur inclut un dispositif de sécurité qui stoppe la production de courant alternatif en cas de panne du réseau ou en cas de coupure du réseau pour protéger les agents EDF qui travaillent sur la ligne.

Et enfin un boîtier de raccordement au réseau comprenant un disjoncteur, un sectionneur et une prise de terre.

Site autonome proposé par Tiéole

Dans le cas d'un site autonome on retrouve le boîtier de raccordement avec un sectionneur et un parafoudre puis un pont de redressement qui alimente des batteries et le régulateur avec sa résistance et ensuite un onduleur qui transforme le courant continu en courant alternatif 50 Hz pour alimenter l'habitation.

Ce système présente un inconvénient car la durée de vie des batteries est de l'ordre de 7-10 ans (batteries de bonne qualité) et le coût de ces batteries est élevé, de plus un système de régulation de charge/décharge est nécessaire car une batterie trop déchargée perd de sa capacité.



Investir dans le petit éolien est-ce rentable ?

La rentabilité : dépend directement de la force et de la fréquence du vent. Plus la force du vent est grande, plus l'éolienne produira d'énergie électrique.

Le coût : représente environ 75 % du coût total lié à l'implantation de l'énergie éolienne. Il faut en effet compter divers autres paramètres tels que l'étude de faisabilité, l'installation, la maintenance, le raccordement, le transport, et une petite part de divers.

On peut compter entre 10.000 et 15.000 euros le coût d'une installation complète pour une éolienne de 1.5 kW.

Exemple : soit la situation suivante en fonction des statistiques moyennes de vent afin de voir la rentabilité d'une éolienne en temps normal.

				total
% du temps de fonctionnement	1,5 %	7,5 %	15 %	24 %
Equivalent heure	131	657	1314	2103
Equivalent jours	5,5	27,5	55	88
Vitesse du vent en m/s	9	7	5	
% puissance éolienne	100 %	50 %	25 %	

Puissance éolienne (kW)	kW 100 %	kW 50 %	kW 25 %	kWh annuel
1	131,5	328,5	328,5	788,5
5	657	1642,5	1642,5	3942
10	1314	3285	3285	7884

Conclusion : selon notre modèle , sur le premier tableau, on remarque qu'une éolienne ne fonctionne qu'à environ 1 / 4 du temps et presque jamais à pleine puissance. Des vents de 5 m/s à 7 m/s ne sont pas présents partout, c'est pour cela que si vous êtes intéressé par cette technologie, il est très recommandé de faire une étude de vent afin de déterminer le potentiel éolien dont vous disposez.

Le deuxième tableau montre que la production d'énergie électrique est d'autant plus importante que la puissance de l'éolienne est grande. On sait qu'un ménage composé de 4 personnes consomme environ 3500 kWh par an. Ainsi, il est important de remarquer qu'il faut au moins une éolienne de 5 kW pour assurer la consommation moyenne d'énergie électrique d'un foyer.

Remarque : implanter une éolienne dont la puissance est au-delà de 10 kW est inutile étant donné qu'il n'est pas légal pour le particulier de produire plus de 10000 kWh par an sous peine de changer de statut en devenant producteur, ce qui n'est pas du tout intéressant.

Exemple de calcul

Une "1,5 kW" raccordée au réseau chez un particulier

L'éolienne

Puissance nominale : 1,5 kW

Durée de vie estimée : 20 ans

Mise en service : 2011

Propriétaire : Particulier, dans le cadre d'une résidence principale de plus de 2 ans
(couple marié, avec deux enfants à charge)

poste	Coût en €	Recettes en €
1 Frais de raccordement HT	500	
2 Génie civil HT (base 10% du poste 3)	1200	
3 Coût HT pose comprise	12000	
4 Part matériel HT (hors génie civil et frais de raccordement)	11000	
5 TVA 5.5%	750	
6 Investissement TTC avant aides (1+2+3+5)	14450	
7 Crédit d'impôt sur le matériel TTC		5287
8 Solde TTC à la charge du propriétaire de l'éolienne	9163	
9 Exploitation et entretien maintenance (moyenne annuelle)	190	

Sur cette gamme de puissance, la maintenance est généralement assurée en partie par le propriétaire de l'éolienne, pour limiter les coûts.

Vitesse moyenne du vent (en m/s) 3 hypothèses	5 m/s	6 m/s	7 m/s
Production annuelle	2440 Kwh	3650 Kwh	4800 Kwh
Valorisation de la production électrique Prix de revente 0.06 € / Kwh cas de la revente totale	146 €	219 €	288 €
Temps de retour global dans le cas d'un emprunt sur 10 ans avec un taux d'intérêt de 5%	94 ans	63 ans	48 ans
Prix de revient du Kwh	0.56 €	0.38 €	0.29 €
Temps de retour global dans le cas d'un emprunt sur 10 ans avec un taux d'intérêt de 1.25 %	71 ans	47 ans	36 ans
Prix de revient du Kwh	0.42 €	0.28 €	0.21 €

Ces chiffres sont à manier avec précaution car ils représentent des ordres de grandeur sur des sites théoriques. Mais ils reflètent la situation actuelle réelle, avec la prise en compte d'un tarif de vente à 0,06 € /kWh . Il est important de noter l'importance de la moyenne des vents car des moyennes de 7 m/s ne sont pas courantes sur le sol français à part le Bretagne et le sud de la France. Ensuite le prix de rachat en France est le plus bas de l'Europe si l'on se base sur le prix de rachat en Allemagne qui est de 0.18 € /Kwh on obtiendrait un temps de retour de 12 ans dans le cas d'une moyenne de vent de 7 m/s et d'un prêt au taux de 1.25%. Enfin certains accepteront une rentabilité nulle pour produire une électricité réellement "verte", valorisant leur gisement local...

Bruit produit par une éolienne

Combien de fois l'on entend cette idée fausse : les éoliennes sont bruyantes

Que dit la loi ?

Aucun bruit particulier ne doit, par sa durée, sa répétition ou son intensité, porter atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme. L'application de la réglementation sur les bruits de voisinages incombe au maire de la commune où se produit le bruit.

Il n'existe pas de norme spécifique officielle pour la mesure du bruit des éoliennes ; c'est donc la norme "bruits de voisinage" qui est appliquée.

pour une éolienne fonctionnant en permanence, le bruit généré ne doit pas dépasser ("émerger") de plus de 5 décibels pondérés "A"-dB(A)- le niveau sonore ambiant entre 7 h à 22 h, et de 3 dB(A) de 22 h à 7 h. Toutefois, l'émergence n'est recherchée que lorsque le niveau de bruit est supérieur à 25 décibels A si elle est mesurée à l'intérieur des pièces principales d'une habitation, ou à 30 dB (A) dans les autres cas.

En fait le bruit du vent est bien souvent plus dérangeant que le bruit de l'éolienne même. Les éoliennes fonctionnent quand il y a du vent et ce vent fait bruisser les feuilles des arbres, s'agiter les éléments de l'environnement donc tous ces bruits vont avoir tendance à couvrir le bruit des éoliennes. Le bruit des éoliennes est constitué avant tout du bruit de la pale qui fend l'air, c'est ce que l'on appelle le bruit aérodynamique. De nos jours les constructeurs ont peaufiné l'extrémité des pales de façon à réduire ce bruit. Il est recommandé de positionner l'éolienne suffisamment loin des habitations pour éviter tous problèmes de voisinage. Bien entendu si le projet prévoit l'installation d'une éolienne dans un lotissement il faut avant tout en discuter avec ses voisins sinon gare aux problèmes et le final pourrait être le refus de l'administration d'autoriser l'implantation de l'éolienne.




Entretien d'une éolienne




Au même titre qu'une automobile, votre éolienne devra être entretenue régulièrement. Par contre, comme l'éolienne située en hauteur, les questions de sécurité sont particulièrement importantes.




Même avec une tour rabattable, il est souvent préférable d'engager un professionnel.

Demandez au concessionnaire de vous expliquer les différents contrats d'entretien disponibles.

Tableau comparatif de machines représentatives sur le marché

critères	Eolienne Pigott	West Wind	Skystream
Nombre de pales	3	3	3
Orientation	Safran	Safran	Machine Aval
Puissance nominale	1.7 Kw	3 Kw	2.4 Kw
Diamètre	3.6 m	3.70 m	3.72 m
Puissance à 12 m/s	1700 w	2300 w	2300 w
Cp à 12 m/s	0.157	0.202	0.2
V rotation à P nominale	305 t/mn	900 t/mn	330 t/mn
Type de génératrice	Synchrone à aimants permanents à flux axial	Synchrone à aimants permanents, à flux radial	Synchrone à aimants permanents à flux radial
Régulation	Mise en drapeau	Mise en drapeau	électronique
Matériau des pâles	Bois brut	Composite fibre de verre	Composite fibre de verre
Vitesse en bout de pâles	57.4 m/s	175.2 m/s	64.24 m/s
Energie produite 5 m/s Weibull2	3000 Kwh/an	3470 Kwh/an	3960 Kwh/an
Garantie	Autoconstruction	5 ans	5 ans
Poids	85 kg	190 kg	77 kg
Site internet	www.tripalium.org	http://westwindturbines.co.uk/	www.winenergy.com
Prix approximatif	8000 euros	20000 euros	12000 euros
			

critères	Fortis Montana	Proven WT 6000	Ampair 6000
Nombre de pales	3	3	3
Orientation	Safran	Machine aval	Machine Aval
Puissance nominale	5 Kw	6 Kw	6 Kw
Diamètre	5 m	5.5 m	5.5 m
Puissance à 12 m/s	3900 w	6100 w	6000 w
Cp à 12 m/s	0.242	0.242	0.238
V rotation à P nominale	450 t/mn	200 t/mn	240 t/mn
Type de génératrice	Synchrone à aimants permanents à flux radial	Synchrone à aimants permanents, à flux axial	Synchrone à aimants permanents
Régulation	Mise en drapeau	Coning	Coning
Matériau des pâles	Composite fibre de verre	Résine polypropylène	Résine polypropylène
Vitesse en bout de pâles	117.75 m/s	57.56 m/s	69 m/s
Energie produite 5 m/s Weibull2	6220 Kwh/an	7120 Kwh/an	8680 Kwh/an
Garantie	5 ans	5 ans	2 ans
Poids	200 kg	500 kg	190 kg
Site internet	www.fortiswindenergy.com	http://provenenergy.co.uk/	www.ampair.com
Prix approximatif	26000 euros	38000 euros	32000 euros
			

critères	Evance R9000	Eoltec	Bergey Excel S 10 kw
Nombre de pales	3	2	3
Orientation	safran	safran	safran
Puissance nominale	5 kw	6 kw	10 kw
Diamètre	5.4 m	5.6 m	7 m
Puissance à 12 m/s	5015 w	6000 w	7000 w
Cp à 12 m/s	0.206	0.23	0.17
V rotation à P nominale	230 t/mn	245 t/mn	310 t/mn
Type de génératrice	Synchrone aimants permanents flux axial	Synchrone aimants permanents flux radial	Synchrone aimants permanents flux radial
Régulation	Inertiel centrifuge	Inertiel centrifuge	Mise en drapeau furling
Matériau des pâles	Composite fibre de verre	Composite fibre de verre	Fibre de carbone
Vitesse en bout de pâles	65 m/s	71.8 m/s	113.56 m/s
Energie produite 5 m/s Weibull2	9450 kwh/an	9947 kwh/an	7900 kwh/an
Garantie	5 ans	5 ans	5 ans
Poids	300 kg	202 kg	610 kg
Site internet	www.evancewind.com	www.eoletec.com	www.bergey.com
Prix approximatif	35000 euros	36000 euros	60000 euros
			

Voici donc quelques exemples de petites éoliennes, il en existe bien d'autres il suffit d'aller sur internet pour les trouver.

Par exemple le site [http:// www.hellopro.fr/eoliennes-aerogeneratrices](http://www.hellopro.fr/eoliennes-aerogeneratrices) donne accès à 121 éoliennes.

Et maintenant existe-t-il d'autres possibilités ? oui

L'AUTOCONSTRUCTION

L'autoconstruction ne s'improvise pas, il faut bien penser son projet et être polyvalent. En effet il faut être capable de fabriquer les pales, la génératrice, la nacelle, d'assurer les connexions bref avoir une certaine compétence en électricité, en menuiserie, en chaudronnerie, en soudure etc.

Est-ce donc une mission impossible ? non car il existe des moyens d'acquérir cette compétence ou du moins de travailler avec un groupe de personnes qui ont chacune une compétence donnée et le regroupement de ces compétences permet d'envisager la construction d'une ou plusieurs éoliennes.

Pour acquérir cette compétence il existe des stages de formation qui durent une semaine avec des formateurs compétents et la possibilité d'acheter un kit complet composé de composants fiables et éprouvés.

L'Association Luciole Energie + a mis en place un stage en novembre 2010, 21 stagiaires étaient présents, ils ont construit 2 éoliennes une de 1.20 de diamètre l'autre de 3.60 mètres.

La Mayenne en bref *OF Mardi 23/11/10*

Ils fabriquent leur éolienne domestique à Grazay

Réaliser soi-même, au fond de son garage, une éolienne qui produit de l'électricité pour soi et pour ErDF (Électricité et réseaux de distribution de France), c'est possible. Grâce à la méthode Hugh Piggott, un inventeur Écossais qui propage son savoir-faire partout dans le monde.

L'association Luciole Énergie organise un stage, toute la semaine à Grazay, avec des formateurs de l'association Tripalium, qui relayent cette méthode. Ils sont 21 stagiaires, venus de la Mayenne et de Normandie, à fabriquer des éoliennes d'une envergure de 3,6 et 1,2 mètres. Son coût : un an de travail et environ 5 000 €, avec crédit d'impôt.

« La version grand modèle peut produire l'électricité nécessaire au foyer, excepté pour le chauffage et l'eau chaude », précise Jean-Claude Meignan, président de Luciole



Énergie Plus. L'appareil est conçu pour être facile à fabriquer et résister aux vents violents.

AUTO CONSTRUIRE

SON EOLIENNE

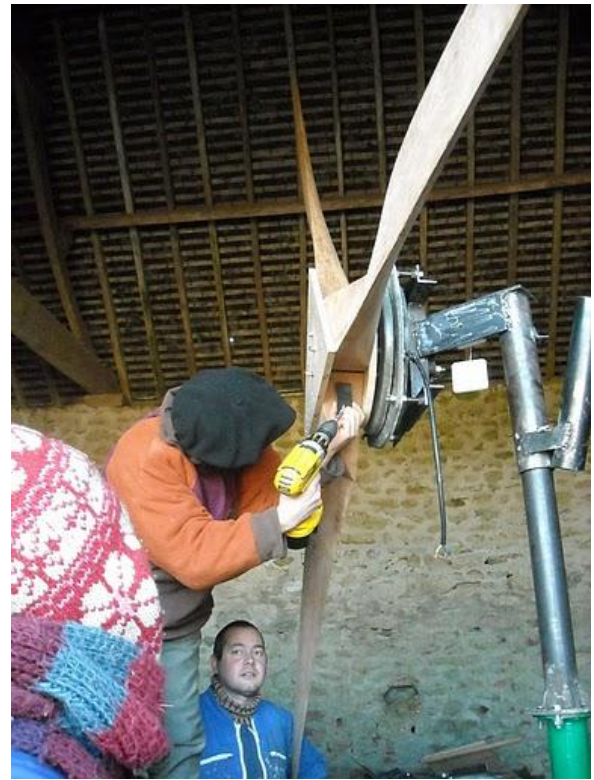


ci-dessus le manuel de 64 pages de construction de l'éolienne de Hugh Piggott qui contient tous les éléments nécessaires à la construction de l'éolienne : fabrication des pales, de la génératrice, de la nacelle etc...

ci-dessous quelques photos prises durant la semaine de stage



Gabarit de positionnement des aimants permanents du rotor



Equilibrage des pales



Transport des pales pour fixation sur le rotor



La finale l'éolienne vient d'être installé

Environs de Mayenne

Grazay

Energies renouvelables

Ils ont construit une éolienne domestique

En cinq jours, 21 stagiaires ont construit de toutes pièces une éolienne domestique. Un dispositif séduisant qui ne bénéficie pas de mesures réellement incitatives.

Les poutres sont devenues des pâles... A raison d'une journée de travail pour chacune. Concernant le stage qui s'est déroulé à Grazay du 22 au 26 novembre, le terme "autoconstruction" n'est pas volé, le titre de "bon bricoleur" n'est pas usurpé. Chaque partie de l'éolienne a été fabriquée sur place, sur mesure, par 21 stagiaires venus principalement de Mayenne, mais aussi de Bretagne, de Normandie et d'Alsace. Atelier bois pour la sculpture des pâles et la

construction du safran (qui permet d'orienter le dispositif face au vent), atelier

La méthode de l'Écossais Hugh Piggott

mécanique pour le montage du moyeu de véhicule recyclé en axe de rotation et la soudure des différentes parties métalliques... Les stagiaires ne se sont pas contentés de théorie, y compris pour le montage de la génératrice, fabriquée elle aussi de toutes pièces : des bobines de cuivre, confectionnées puis coulées dans un disque de résine font office de stator devant lequel tournent, entraînés par les pâles, deux autres disques d'acier garnis d'aimants... les rotors. Le champ magnétique est créé, l'électricité produite.

Au cours de cette semaine, organisée par l'association Luciole Energie + avec le concours des formateurs de l'association Tripalium, deux modèles d'éoliennes domes-

tiques ont été montés. Le plus important fait 3,6 mètres de diamètre. Monté sur un mat de 12 mètres, il peut produire environ 1 700 W avec un vent de 6 à 7 mètres par seconde. Le bruit est raisonnable, assurent les formateurs de Tripalium, une distance de 50 à 100 mètres de l'habitation est suffisante pour ne pas souffrir du bruit causé par les vibrations. Côté rendement, la production en cumulé peut atteindre 2 500 à 3 000 Kw en une année, soit la consommation d'un ménage sur la même période (hors chauffage et eau chaude).

Pour 1 200 euros de matériaux et 3 000 euros de matériel électrique auxquels il faut ajouter entre 200 et 600 euros de frais de raccordement au réseau, les stagiaires pourront, à raison d'un mois et demi de travail à temps plein, reproduire cette éolienne conçue selon la méthode de l'Écossais Hugh Piggott. Le projet de loi de finances pour 2011 ne prévoyant pas, comme dans le cas du photovoltaïque, une diminution de moitié du crédit d'impôt sur le revenu, ils pourront encore bénéficier d'un taux à 50 %. Mais cette mesure ne suffit pas pour assurer l'attractivité de l'éolien domestique dont le marché français demeure, à l'heure actuelle, très réduit. Le groupe de travail "Energies renouvelables appliquées au bâtiment", présidé par le maire de



Les premières éolienne Piggott, fabriquées il y a une quinzaine d'années, fonctionnent encore...

Quel avenir pour cette éolienne ?

■ L'éolienne fabriquée par les 21 stagiaires de Grazay n'a pas encore de propriétaire. L'association Luciole Energie + souhaite qu'elle reste une propriété collective et recherche des acquéreurs pour la faire tourner sur un site qui reste à définir. Deux idées ont déjà été évoquées : le tracé de la ligne Très Haute Tension (THT), pour une implantation symbolique ou le site d'une nouvelle ferme alternative, lancée par de jeunes agriculteurs, pour une implanta-

tion utile.

Bourges Serge Lepeltier, a récemment rendu un rapport qui pointe du doigt les freins au développement de l'éolien dans le secteur résidentiel individuel. Au-delà de 12 mètres, un permis de construire est nécessaire... et incontournable en réalité. En effet, comme l'explique Etienne Moussay, formateur chez Tripalium, il faut dépasser 12 mètres pour produire une quantité intéressante d'énergie. Autre obstacle : les tarifs

de rachat sont faibles (6 à 8 cents le Kwh, facturé 12 cents en heures pleines par EDF) et leur application limitée aux cadres des Zones de Développement de l'Eolien (ZDE). Enfin, l'étude de vent préalable à l'implantation d'une éolienne reste complexe et onéreuse, même s'il reste possible de faire des prévisions avec un bon sens de l'observation et les données de Météo France à l'appui.

A. de S.

Enfin pour terminer quels sont les avantages fiscaux pour les petites éoliennes :

Seul un crédit d'impôts est disponible pour les petites éoliennes, pour 2011 il est de 45% essentiellement sur le matériel TTC alors qu'il était de 50% en 2010. Il est limité à 8000 euros pour un célibataire et 16000 euros pour un couple avec en plus 400 euros par personne à charge

Il est possible d'obtenir une TVA de 5.5% pour les résidences de plus de 2 ans

Prêt bancaire « Développement durable » à taux réduit

Subventions locales

Certaines régions, des départements, et même des communes, proposent une aide financière pour l'acquisition d'une petite éolienne. À titre d'exemple, en 2010, le Conseil Régional Languedoc-Roussillon prend en charge 25 % du montant de l'investissement (fourniture, installation, génie civil), plafonné à 60 000 € HT, pour l'installation d'une petite éolienne :

- À axe horizontal,**
- Testée sur les sites d'essais régionaux**
- Dotée d'un système de suivi des performances pour les modèles d'une puissance supérieure ou égale à 10 kW,**
- Sous réserve de fournir les résultats de suivi des mesures de vent et de puissance au terme de la Première année d'exploitation (pour modèles de puissance supérieure ou égale à 10 kW).**