

7 éoliennes au banc d'essai

De l'énergie à toutes les allures ?

Retrouvez la vidéo des tests sur www.voilesetvoiliers.com

Texte Sébastien Mainguet.
Photos Jean-Marie Liot. Graphiques François Chevalier.

Rustique dans le bon sens du terme, économique et fiable, une éolienne est un outil efficace pour capter l'énergie du vent. Mais en navigation, c'est bien sûr du vent apparent qu'il s'agit. Or au portant, à moins que la brise ne soit de la partie, ce vent apparent est faible. Parmi les sept éoliennes de notre comparatif, laquelle se sort le mieux de cette difficulté ?

En croisière, et plus encore en voyage, on évite autant que possible de naviguer au près. On cherche à profiter au maximum de vents portants. Et on évite aussi de se retrouver dans des conditions de brise trop fortes.



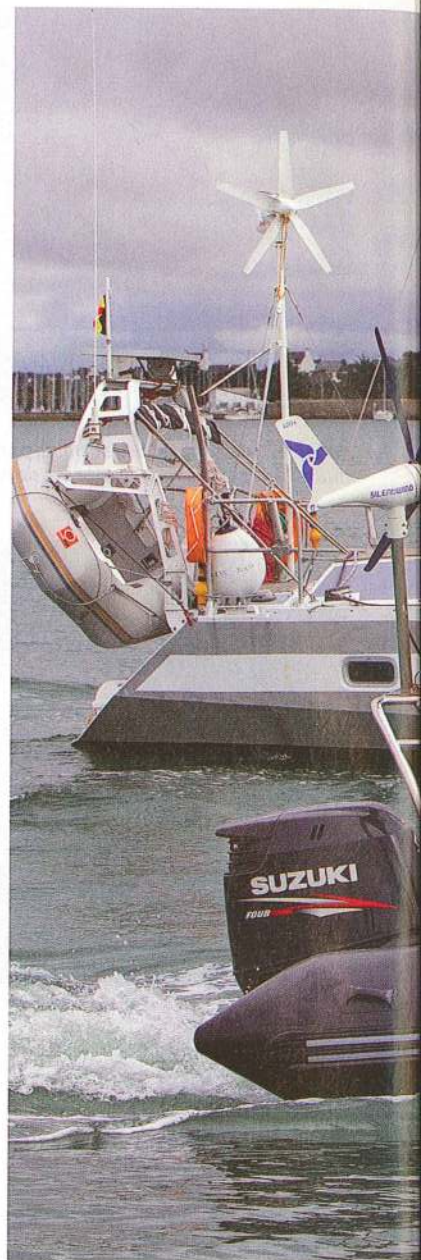
Nos éoliennes (ici l'ATMB 350) étaient montées sur un mât incliné afin de simuler la gîte.

Au mouillage, on se met à l'abri sous le vent de la côte... Tout cela a une implication directe quant à ce que produit une éolienne. Dans l'idéal, il faudrait être capable de produire une puissance significative dès 10 nœuds de vent – soit le vent apparent que l'on a quand on fait route au portant dans un vent médium, ou quand on se trouve dans un mouillage bien abrité du vent. Ce serait sans doute la première qualité d'une éolienne. Or, ce n'est pas si évident. Le principal objectif de ce comparatif était de déterminer quelles étaient les éoliennes les plus performantes par petit temps. Nous avons pu constater que, d'une manière générale, il faut atteindre une quinzaine de nœuds de vent pour avoir une production significative. Ce qui veut dire qu'en navigation, sauf vent fort, il faut plutôt être à une allure serrée... Bien sûr, si la production est forte avec un vent plus soutenu, tant mieux. Il s'est avéré que la plupart de nos éoliennes arrivaient à produire environ 60 watts avec 15 nœuds de vent apparent, et

autour de 120 watts avec 20 nœuds. Avec 60 watts, on peut quasiment alimenter le pilote et le reste de l'électronique, et avec 120 watts, on peut ajouter un ordinateur portable et un frigo. Au-delà de 120 watts, on est certain de pouvoir recharger les batteries si nécessaire.

Un banc d'essai précis

Parmi les sept modèles testés ici, trois sont distribués par la société ATMB, spécialisée dans l'énergie à bord : l'Aero6Gen, l'ATMB 350 et la D400. L'Aero6Gen, qui se décline aussi dans des versions moins puissantes (Aero2Gen et Aero4Gen), est un modèle bien connu qui équipe depuis longtemps des voiliers de grande croisière. L'Aero6Gen est dotée de six pales, la D400 en a cinq, tandis que l'ATMB 350, comme les quatre autres modèles que nous avons testés – Silentwind de Rulis Eléctrica, LE-300 de Leading Edge, Superwind 350 et la nouvelle Rutland 1200 de Marlec – fonctionne avec trois pales.



Afin d'établir de manière empirique une véritable courbe de production entre 0 et 30 nœuds de vent et pouvoir en même temps évaluer les effets perturbateurs de la gîte et des vagues, nous avons choisi de tester les éoliennes une par une, en adaptant un support ad hoc sur le robuste arceau inox d'un semi-rigide Bombard Explorer 690. Ce support était incliné d'un peu plus de 10 degrés, afin de simuler la gîte d'un voilier naviguant par vent médium à une allure serrée, et une légère houle que nous avons trouvée sur le plan d'eau entre Lorient et Groix permettait de «secouer» le tout. Conçu et installé par Laurent Marion, d'Escale Formation Technique, en collaboration avec David Le Moing de la société NKE et Fred Le Brun, dit «Sou-



Nous avons testé nos éoliennes sur ce gros semi-rigide afin de pouvoir créer du vent vite. A l'arrivée, des mesures moins précises qu'en soufflerie... mais bien plus réalistes!

deure», le banc d'essai comprenait deux batteries 100 ampères-heures, un gestionnaire de batterie NKE, un capteur vent NKE «Carbowind HR» (le modèle haut de gamme de ce fabricant) et un afficheur NKE «Multigraphic» sur lequel nous pouvions lire en permanence l'intensité du courant de charge en ampères, la tension en volts et la vitesse du vent apparent en nœuds. Un puissant décapeur thermique (sorte de gros sèche-cheveux, servant habituellement à décaiper la peinture) permettait de maintenir la tension autour de 12 volts afin que les batteries demeurent toujours capables d'absorber le maximum de courant. Pour chaque éolienne, nous avons ainsi relevé la valeur du courant de charge en fonction de la vitesse du vent, tous les

2 nœuds, voire tous les nœuds. A partir de ces relevés, nous avons tracé les courbes que vous trouverez dans les pages suivantes.

Des conclusions intéressantes

Ces tests ont permis de tirer quelques conclusions intéressantes. Tout d'abord, nous avons constaté que les éoliennes étaient assez sensibles aux mouvements du bateau. Sur une mer pourtant peu agitée, le courant de charge est très instable. Certains modèles s'en tirent mieux que d'autres à cet égard, mais dans tous les cas, il est souvent arrivé que l'on relève des écarts de 15, 20, voire 30 % d'une mesure à l'autre pour une

même vitesse de vent. Nous avons donc relevé pour chaque vitesse de vent une demi-douzaine de mesures et nous avons fait la moyenne.

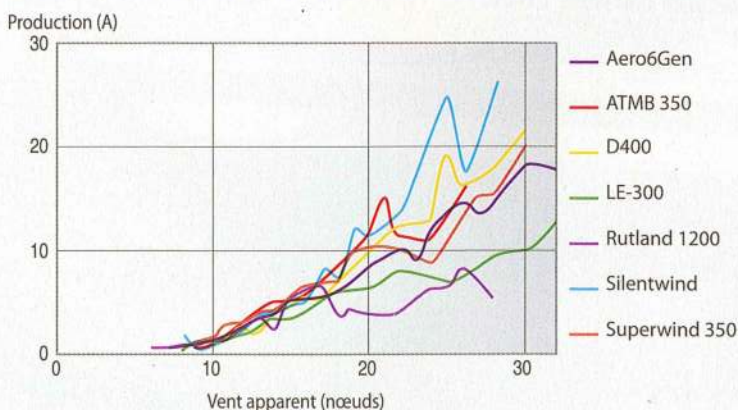
Plus étonnant encore, il apparaît que l'on ne gagne pas grand-chose en termes de puissance produite en passant de 24 à 26, de 26 à 28, ou de 28 à 30 nœuds de vent, même avec les meilleures éoliennes. A plus de 20 nœuds, et bien que la houle fût modérée, notre semi-rigide Bombard faisait des bonds, à peu près comme un voilier par mer bien formée et manifestement cela perturbe beaucoup les éoliennes... La procédure utilisée pour ce test a donc permis de pousser ces équipements dans leurs retranchements! Un mot enfin au sujet du bruit. Avec le vrombissement du moteur

hors-bord, il était difficile d'évaluer les différences de bruit entre nos éoliennes! Nous avons attendu un vent réel établi à environ 10 nœuds, coupé le moteur, puis écouté. Et si nous n'avons pas fait de mesures précises de décibels, nous avons relevé des différences. La Silentwind, par exemple, n'était pas si silencieuse... et les modèles Aero6Gen (à six pales) et D400 (à cinq pales) étaient plutôt discrets. On se gardera bien cependant de porter un jugement définitif. En outre, il faut relativiser le problème du bruit. Le fait est que, même avec un vent modéré, une éolienne peut faire beaucoup de bruit, et que cela peut être pénible – voire anxiogène. D'un autre côté, tant que l'on n'a pas de gros besoins en énergie, on n'est pas obligé de la

DES ÉOLIENNES DE PETIT TEMPS, EST-CE POSSIBLE ?

C'est un problème de physique: la puissance maximale que l'on peut théoriquement obtenir en captant le flux d'énergie liée au mouvement d'un fluide est proportionnelle au cube de la vitesse dudit fluide (la formule exacte est $P = 1/2 \rho S v^3$, avec P la puissance en watts, v la vitesse en mètres par seconde, S la surface balayée par l'hélice en mètres carrés et ρ la masse volumique du fluide). Si cette vitesse est faible, la densité de puissance est faible. On note par ailleurs que la puissance produite est proportionnelle à la masse volumique du fluide. C'est ainsi que l'on arrive à produire plus avec une petite hélice d'hydrogénérateur qu'avec un grand rotor d'éolienne...

RÉSULTATS DES TESTS POUR LES 7 ÉOLIENNES



La théorie annonce que la puissance récupérable est proportionnelle au cube de la vitesse du fluide... Ce n'est pas ce que l'on constate in situ: le courant de charge augmente de manière plus progressive, en raison des perturbations induites par les vagues. Si la Silentwind a un avantage en termes de production maximale, la Superwind est plus homogène.

faire tourner en permanence. Mais, vu sous cet angle, cela limite un peu son intérêt par rapport au moteur...

Production de courant

Venons-en à l'essentiel, à savoir les performances en termes de production de courant. Globalement, l'éolienne qui nous a semblé la plus efficace est la Superwind 350 qui bénéficie d'une fabrication allemande de bon aloi. La Leading Edge LE-300, fabriquée au Royaume-Uni, a pour elle sa légèreté, mais pas seulement. Elle aussi nous a fait très bonne impression. Nous avons testé la version marinisée, distribuée en France par la société Reya. On évitera la version standard, qui est un peu moins chère. L'Aero6Gen a fait ses preuves depuis belle lurette et reste tout à fait dans le coup. Avec ses six pales, elle affiche de très bonnes aptitudes dans le petit temps. Sachant qu'a priori, un plus grand nombre de pales constitue un avantage dans les petits airs, alors que par vent plus soutenu, un rotor à trois pales a en principe un meilleur rendement. Dotée de cinq pales, la D400 présente un peu les mêmes qualités que l'Aero6Gen, mais elle est vraiment très lourde. A noter que moyennant l'achat de quelques accessoires supplémentaires, elle est convertible en hydrogénérateur «Sail-Gen» (voir notre comparatif VV n° 539),



Nous avons utilisé des appareils NKE (ici un afficheur Multigraphic) pour mesurer le courant de charge, la tension et la vitesse du vent.

puisque c'est le même alternateur. L'Aero6Gen et la D400 figurent toutefois parmi les éoliennes les plus chères: il faut compter un peu plus de 1500 euros, comme la Superwind, la Silentwind ou la Rutland, alors que l'ATMB 350 et la LE-300 sont nettement moins chères (autour de 1000 euros, voir tableau ci-dessous). La Silentwind et l'ATMB 350, qui sont assez proches techniquement, sont efficaces avec un vent bien établi mais ont plus de mal à démarrer par vent faible et manquent un peu de stabilité dans les vagues. Enfin, la nouvelle Rutland 1200 ne nous a pas vraiment convaincus, ayant beaucoup de mal à monter en charge.

NOS 7 ÉOLIENNES EN UN COUP D'ŒIL

MODÈLE	AERO6GEN	ATMB 350	D400	LE-300	RUTLAND 1200	SILENTWIND	SUPERWIND 350
Fabricant	Xylem/ATMB	ATMB	Eclectic Energy/ATMB	Leading Edge	Marlec	Rullis Eléctrica	Superwind
Distributeur(s) [1]	ATMB, Accastillage Diffusion, Big Ship	ATMB, Accastillage Diffusion, Big Ship, Uship	ATMB, Accastillage Diffusion, Big Ship, Uship	Reya	ITC Europe, Accastillage Diffusion	Navicom, Accastillage Diffusion, Big Ship, Uship	shipshop.de, Busse Yachtshop
Puissance maxi	420 W	350 W	non limitée	300 W	483 W	420 W	350 W
Nombre de pales	6	3	5	3	3	3	3
Poids	12 kg	6,7 kg	17 kg	6,5 kg	7,8 kg	6,8 kg	11,5 kg
Régulateur	option	fourni	option	option	fourni	fourni	option
LES RÉSULTATS DE NOS TESTS							
Amorçage (0,50 A sous 12 V) [2]	8,2 nœuds	9 nœuds	8,5 nœuds	8 nœuds	13 nœuds	11 nœuds	11 nœuds
Puissance avec 8 nœuds de vent	3,88 W	rien	rien	5,40 W	9,60 W	12 W	7,32 W
Puissance avec 10 nœuds de vent	13,88 W	13,20 W	13,20 W	13 W	17,24 W	11,10 W	20,45 W
Puissance avec 12 nœuds de vent	30,66 W	35,92 W	30,36 W	23,10 W	28,80 W	25,95 W	37,08 W
Puissance avec 16 nœuds de vent	59,32 W	67,80 W	67,32 W	48 W	73 W	61,40 W	78,12 W
Puissance avec 20 nœuds de vent	98,60 W	138 W	110,34 W	76,20 W	48 W	137 W	123,60 W
Puissance avec 24 nœuds de vent	144,40 W	128,40 W	154,80 W	88,92 W	75,36 W	251,20 W	102 W
Puissance avec 28 nœuds de vent	176 W	à l'arrêt (régulation)	214,80 W	110,88 W	57,60 W	312 W	184,80 W
Stabilité dans les vagues	8/10	4/10	5/10	7/10	2/10	4/10	7/10
Appréciation globale	★★★	★★	★★★	★★★	★	★★★	★★★★
Prix de base	1740 €	950 €	1790 €	800 €	1700 €	1750 €	1600 €
Prix avec régulateur	2120 €	950 €	2170 €	1200 €	1700 €	1750 €	2000 €

[1] Liste non exhaustive. [2] Nous indiquons ici la vitesse de vent pour laquelle la production atteint 0,5 ampère sous 12 volts, en commençant le test avec un vent nul et en augmentant progressivement la vitesse du vent.

Évaluer ses besoins

Une dernière remarque pour finir, à propos des régulateurs. Certaines éoliennes sont livrées en standard avec cet accessoire indispensable, et d'autres non. Attention, ces régulateurs peuvent avoir une consommation pas tout à fait négligeable, autour de 0,1 ou 0,2 ampère sous 12 volts... À noter aussi que si l'interrupteur n'est pas intégré au régulateur, comme c'est le cas par exemple pour l'ATMB 350, il est souvent proposé à part; comptez environ 80 euros.

En bref, avant d'installer une éolienne sur un bateau, il faut être capable d'évaluer assez précisément ses besoins, et savoir quelle autre source d'énergie (alternateur du moteur, panneaux solaires, hydro-générateur...) pourra prendre le relais quand l'éolienne ne produira pas. En fonction des autres sources disponibles, mais aussi bien sûr en fonction des conditions de vent rencontrées dans la ou les zone(s) de navigation fréquentée(s), les performances de l'éolienne par petit temps auront plus ou moins d'importance. ■

REMERCIEMENTS

Tous nos remerciements pour leur aide technique et logistique à Laurent Marion, d'Escale Formation Technique qui propose divers stages de formation à destination des plaisanciers (voir VV n° 542); David Le Moing, de la société NKE, qui a installé sur notre semi-rigide le matériel ayant permis de prendre les mesures nécessaires; Fred «Soudure» pour la réalisation du support d'éolienne. Merci également au port de Lorient La Base pour son accueil, et en particulier à Gildas Gallic.



Nous avons pris nos quartiers au port de Lorient La Base pour monter les éoliennes sur le semi-rigide. Au premier plan, le modèle Superwind 350.

Puissamment motorisé, notre semi-rigide permettait d'ajuster de manière précise la vitesse du vent apparent, que l'on mesurait avec un capteur NKE Carbowind HR.



Superwind 350
Superwind

2 000 €

La qualité allemande !

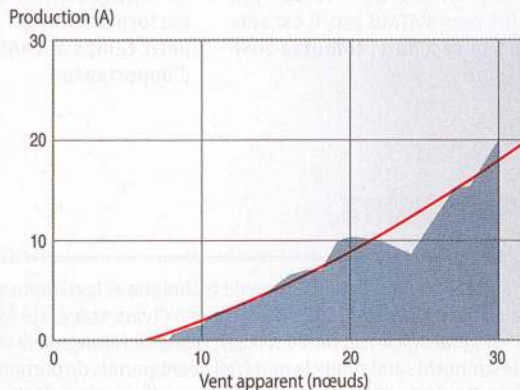
C'est clairement le modèle qui sort du lot pour différentes raisons : ses performances tout d'abord, mais aussi sa qualité de fabrication et même son caractère plutôt silencieux – pour autant que nous ayons pu en juger. La production commence assez tôt et la charge monte de façon régulière quand le vent augmente. Qu'il s'agisse des pales ou des roulements, l'ensemble paraît très robuste et manifestement l'empennage, d'une surface importante, est très efficace pour la stabilité, bien que la Superwind soit l'une des plus lourdes avec ses 11,5 kilos. Cette machine est aussi l'une des plus chères, mais en l'occurrence, le prix semble justifié !



Malgré son poids et grâce à son grand empennage, la Superwind est bien stable.



La qualité des roulements et des matériaux utilisés ne fait guère de doute.

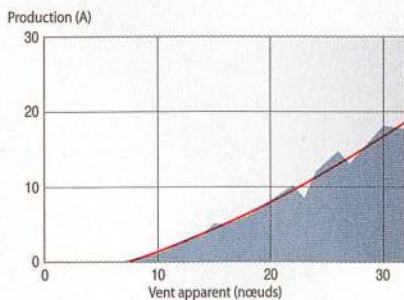


Aero6Gen
Xylem

2 120 €

Une valeur sûre

Si sa conception est un peu ancienne, cette éolienne n'a rien à envier à ses concurrentes plus récentes. Malgré son poids relativement important (12 kilos), elle fait preuve d'une bonne stabilité dans les vagues, sans doute grâce à son empennage de surface généreuse. La courbe de production montre d'ailleurs une montée en charge plutôt régulière, ce qui est bon signe. L'Aero6Gen nous a en outre paru assez silen-



cieuse. Pour des bateaux de taille modeste, on choisira plutôt le modèle Aero4Gen, dont la puissance est limitée à 240 watts, mais qui ne pèse que 8,5 kilos (avec un rotor de 0,87 mètre au lieu de 1,22 mètre) et coûte nettement moins cher (un peu plus de 1000 euros).



Le look peut sembler daté, mais cette éolienne est encore dans le coup !

D400
Eclectic Energy

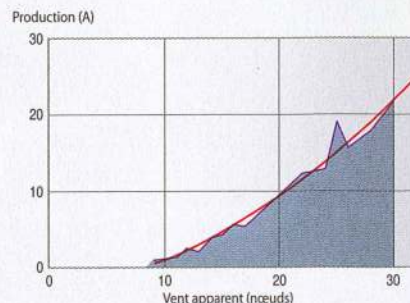
2 170 €

Plutôt pour les gros

Ce modèle à cinq pales présente pas mal de qualités, avec en particulier de bonnes aptitudes dans les petits airs (on a 0,5 ampère sous 12 volts avec 8,5 nœuds de vent) mais il a un défaut assez évident : son poids, qui atteint 17 kilos alors que les autres éoliennes sont plutôt autour de 10 kilos, voire en dessous. Nous avons pu observer lors de nos tests que la D400 était assez gênée par son poids ; à la gîte, même avec un vent assez soutenu, le rotor a du mal à se mettre bien dans l'axe. On ne peut pas dire non plus que cela l'empêche de produire du courant. Simplement, on peut considérer que cet équipement est plutôt adapté aux bateaux d'une certaine taille. Et le poids de l'engin nécessite aussi une fixation robuste. L'alternateur est le même que celui de l'hydrogénérateur Sail-Gen (un modèle testé à l'occasion de notre comparatif, VV n° 539), de sorte qu'il est possible de convertir l'éolienne en hydrogénérateur et vice versa.



Très lourde, cette puissante éolienne n'est pas adaptée aux petits bateaux.

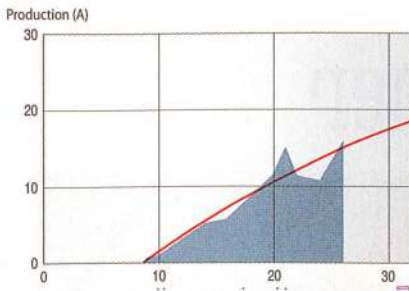


**ATMB 350
ATMB**

950 €

**Un prix
alléchant**

Assez proche de la Silentwind, cette éolienne est dotée de pales différentes et le régulateur – livré en standard – est bien plus léger. Si les performances sont correctes, y compris par vent faible, la stabilité dans les vagues est moyenne. Par ailleurs, avec 28 nœuds de vent, le régulateur a stoppé l'éolienne, ce qui semble un peu tôt. Comme celui de la Silentwind, le régulateur est muni d'une sortie Bluetooth qui permet de visualiser la production sur un appareil Android. Il intègre en outre un interrupteur. Si cette éolienne n'est pas la plus efficace, elle a un tarif assez alléchant.



Pas trop chère, et plutôt légère, l'ATMB 350 a obtenu des résultats honorables lors de nos tests. En bref, un bon compromis.

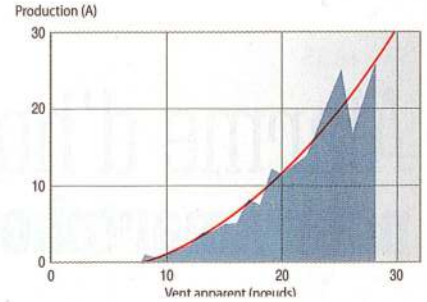


**Silentwind
Rulis Eléctrica**

1750 €

**La meilleure
par vent fort**

C'est la seule qui ait été capable, par vent fort, de dépasser nettement les 20 ampères sous 12 volts. En revanche, ses performances dans le petit temps sont moyennes: il faut 11 nœuds de vent pour amorcer la production. On a aussi noté de grosses variations de charge; l'éolienne était assez perturbée par les vagues. Par rapport à l'ATMB 350 qui utilise la même base mécanique, la Silentwind se positionne comme un modèle plus haut de gamme. Le régulateur (fourni) n'est pas le même et il est lui aussi doté d'une sortie Bluetooth (application Android). Les pales en carbone sont censées être plus silencieuses que celles de l'ATMB 350. Nous sommes un peu sceptiques sur ce point. Certes, ces pales n'étaient pas parfaitement positionnées. En effet, en principe,



comme pour toute éolienne, les trois bouts de pale doivent former un triangle équilatéral, or ce n'était pas le cas. De surcroît, la méthode permettant de recaler les pales ne semble pas évidente à maîtriser...



Dotée de pales en carbone, la Silentwind est censée être plus silencieuse que les autres. A voir...

**Rutland 1200
Marlec**

1700 €

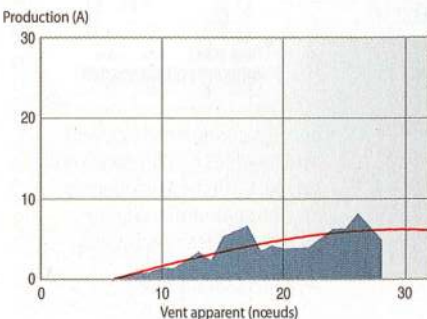
Une vraie déception

Ce modèle affiche plutôt de bonnes performances par petit temps, mais la Rutland 1200 a beaucoup de mal à s'amorcer – il faut pas moins de 13 nœuds de vent, ce qui est élevé! Et quand le vent se renforce, cette éolienne monte difficilement en charge. A vrai dire, c'est assez incompréhensible: lors de nos tests, au-delà de 17-18 nœuds de vent, la production a carrément

Ce nouveau modèle a eu bien du mal à monter en charge. Etrange.



chuté! La stabilité dans les vagues est très moyenne, mais on ne saurait dire si c'est là une explication suffisante. En outre, les matériaux utilisés (beaucoup de matière plastique assez souple, y compris pour l'empennage) ne semblent pas très haut de gamme... Or cette machine est par ailleurs l'une des plus chères que nous ayons testées. Et c'est un nouveau modèle... Autant dire que nous ne sommes pas convaincus...

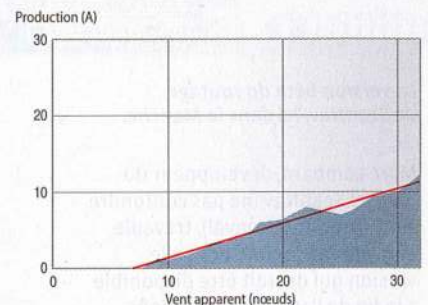


**LE-300
Leading Edge**

1200 €

**Une bonne
surprise**

Pas trop chère, très légère, bien stable dans les vagues et capable de produire 0,5 ampère sous 12 volts avec seulement 8 nœuds de vent, cette éolienne a beaucoup de qualités, même si elle ne monte pas très haut en charge quand le vent augmente. Nous avons cependant un doute sur la manière dont ce modèle peut résister à un long séjour dans un milieu marin: la mécanique interne semble assez mal protégée de la corrosion. Il s'agit pourtant de la version marinisée de la LE-300.



Cette version n'est d'ailleurs pas beaucoup plus chère que la version standard du même modèle.



Légère, efficace, la LE-300 est disponible dans cette version marinisée que nous avons testée. Nous n'avons bien sûr pas pu vérifier la qualité de cette marinisation.