



ENERGIES A BORD

Vive le renouvelable!

Eoliennes, panneaux solaires et autres piles à combustible sont d'infatigables pourvoyeurs d'énergie. Mais avant de les tester à bord, un petit tour d'horizon permet d'évaluer les points forts et les limites de chacun...

Texte : Jean-Yves Poirier. Photos : François-Xavier de Crécy.

A CE JOUR, rien n'empêche de rêver d'un futur où il ne sera plus nécessaire de faire le plein de gasoil de son voilier avant de partir en croisière, le bateau étant capable de fournir l'énergie nécessaire pour vivre à bord en toute autonomie, dans le temps comme dans l'espace, sans consommer aucun produit fossile. Cette belle histoire reste encore à écrire mais certains chapitres le sont déjà largement. Des technologies, longtemps réservées à une élite fortunée, sont rentrées dans un schéma de production et de commercialisation accessible à la majorité. L'énergie photovoltaïque est un bon exemple de cette tendance.

Francis Joyon a réalisé un tour du monde

avec son trimaran de 25 m, *IDEC II*, sans groupe électrogène et Raphaël Dinelli a couru le Vendée Globe sans consommer de carburants fossiles. Depuis quelques années, certains chantiers ont pris en marche le train des énergies renouvelables et déroulent une communication calibrée pour séduire la clientèle avec des arguments « écolo-compatibles ». Mais ils omettent le plus souvent de préciser que les exigences du confort domestique à bord font assez mauvais ménage avec la sobriété nécessaire aux énergies alternatives. Reste que l'idée de disposer d'une énergie autonome inépuisable est diablement séduisante et que certains équipements sont d'ores et déjà capables

d'améliorer la production d'un bateau conventionnel et d'en réduire les coûts d'usage. En l'état actuel des technologies, aucun dispositif dit renouvelable ne peut être qualifié d'universel et remplacer à lui seul tous les autres, car le vent et le soleil sont des éléments naturels fluctuants dont la disponibilité varie constamment d'un lieu et d'un moment à un autre. Le mix énergétique est une solution pertinente et fiable mais il complique l'installation à bord en raison de la multiplication des producteurs et augmente sensiblement le budget. En cas de panne d'un système, les autres peuvent prendre le relais et aider à conserver une capacité de recharge presque intacte.



Les panneaux solaires ont beaucoup progressé, mais leur impact sur l'environnement est souvent sous-estimé.

PRODUCTION JOURNALIERE MOYENNE DE CHAQUE SYSTEME

- **Eolienne** : 50 Ah ou plus (en fonction du vent, de l'allure et de l'emplacement du bateau).

Dans la panoplie du renouvelable, le potentiel théorique d'une éolienne est l'un des plus élevés mais dans la pratique, certains modèles n'atteignent sur un an que le dixième de leur capacité nominale. Avec une turbine de 1,20 m, une moyenne journalière de 50 Ah devrait être atteinte sans trop de difficultés, mais un vent soutenu de 15 nœuds sur 24 heures peut plus que doubler la mise.

- **Panneau solaire** : 60 Ah (dans les conditions les plus favorables).

Sur la base de deux panneaux de 100 W, on peut s'attendre à engranger environ 60 Ah dans les meilleures conditions d'ensoleillement (sous l'effet des nuages, l'énergie solaire au sol varie d'un facteur de 1 à 10...), d'orientation des panneaux (au-delà de 30° d'incidence, l'effet photovoltaïque devient très faible) et d'absence d'ombres parasites. Notez qu'en France, l'énergie solaire moyenne disponible est de 160 W/m²/an.

- **Hydrogénérateur** : 175 Ah (à 6 nœuds de moyenne).

Sur la base d'un voilier capable d'aligner 150 milles par jour, soit un peu plus de 6 nœuds de moyenne, un modèle de 300 W devrait contribuer à l'énergie du bord à hauteur de 175 Ah, voire 275 Ah à 7 nœuds de moyenne. Mais toutes les unités ne cavalent pas à cette allure et à 5 nœuds, la production tombe à 120 Ah... De quoi inciter à soigner ses réglages !

- **Pile à combustible** : de 70 à 200 Ah selon le modèle.

A la différence des éléments précédents, la production de cet appareil est prévisible et constante, un modèle 70 W débitant un peu plus de 110 Ah réels par jour en fonctionnement continu. Avec une consommation moyenne de l'ordre du litre par jour, un bidon de 5 l à 40 € sera vidé tous les quatre jours...



▲ Eolienne, panneau solaire et hydrogénérateur : quand on part loin et longtemps comme ce Garcia Exploration 45, mieux vaut multiplier les sources d'énergie.

► LES EOLIENNES

Du vent dans les pales

Pendant des décennies, les éoliennes ont été emblématiques de la grande croisière et, sur le papier, leur puissance est telle qu'elles peuvent répondre à l'intégralité des besoins d'une unité de 13 à 15 mètres. Mais dans le monde réel, elles ont autant de défauts que de qualités, à commencer par le bruit et les vibrations émis par vent fort. Plus gênant encore, leur rendement baisse sérieusement au portant, en raison de l'inévitable diminution du vent apparent. Or pour d'évidentes raisons de confort et de capacités accrues de progression, la plupart des routes de croisière favorisent la marche au portant plutôt qu'au près. Pour les mêmes raisons de confort, les mouillages sont le plus souvent situés dans des zones abritées du vent et de la houle, personne ne souhaitant s'arrêter dans un endroit trop exposé. Mais dans des vents faibles ou nuls, la production des éoliennes devient marginale, au moment même où les ressources du bord sont les plus sollicitées. Malgré ces limites, l'éolienne reste un producteur fiable et puissant, disponible dans une gamme de prix assez large, de l'ordre de 500 à 2 000 € selon la capacité, hors accessoires (mât, régulateur, embases, câbles...).



Production importante dans un vent fort (jusqu'à 500 Ah)



Bruit et vibrations potentielles
Encombrement et poids (jusqu'à 15 kg)
Faible rendement dans les mouillages abrités et au portant



► LES HYDROGENERATEURS

Généreux pendant les grandes traversées



Depuis les rustiques modèles britanniques des années soixante, l'hydrogénérateur a retrouvé de la vigueur grâce aux efforts de modernisation et d'optimisation entrepris par Watt & Sea sur les 60' de course au large. Ils ont permis de développer des appareils très puissants, avec une trainée et une perte de vitesse minimales. Dans les périodes d'arrêt, ils peuvent facilement être sortis de l'eau grâce à un montage au tableau et à une structure similaire à celle d'un moteur hors bord. Selon le modèle, la production atteint 300 ou 600 W, avec un excellent rendement, de l'ordre de 120 W à 5 nœuds et plus de 250 à 7,5 nœuds. Sur 24 heures, il est ainsi possible à une unité de grande croisière d'atteindre l'autosuffisance, dessalinisateur et groupe froid compris. Faute d'une production vraiment industrielle et d'un marché digne de ce nom, les tarifs restent assez élevés, de 3 500 à 5 000 € environ et, selon le bateau, l'installation au tableau peut être compliquée. Il existe des alternatives un peu plus économiques chez nos voisins britanniques, de 1 000 à 3 000 €, mais elles n'ont pas le même rendement et sont moins commodes à utiliser, en particulier les modèles à hélice trainée. Autre solution, les alternateurs d'arbre permettent, sous voiles, de transformer le moteur auxiliaire en générateur électrique, mais la trainée de l'hélice principale est élevée et diminue la moyenne d'un bon nœud voire plus, et tous les inverseurs ne s'adaptent pas à cet usage. Mais quelle que soit la solution retenue, la production de l'hydrogénérateur est nulle à l'arrêt et reste dépendante de la vitesse propre du bateau, ce qui peut poser problème sur une unité peu performante.



▲ Les innovations du Watt & Sea ont complètement relancé le marché de l'hydrogénérateur.



Haut niveau de production
Trainée limitée
Moins encombrant qu'une éolienne



Souvent coûteux
Relativement exposé aux chocs
Ne fonctionne qu'en route
Difficile à utiliser par mer forte

Puissante et durable, l'éolienne reste incontournable sur les bateaux de voyage qui passent beaucoup de temps au mouillage.

Quelle énergie pour quelle mer ?

Compte tenu de ce qui précède, la production d'énergie renouvelable varie de manière considérable d'un bassin de navigation à un autre, la disponibilité du soleil et du vent n'étant pas constante dans le monde. Mais, comme toujours en matière d'énergie « verte », il est plus rentable de diminuer la consommation que d'augmenter à tout prix la production. Les éclairages à LED, les groupes froids et les équipements électroniques – tablettes et smartphones – d'aujourd'hui tendent à consommer moins d'énergie que ceux d'hier, à condition de bien maîtriser leur installation et d'éviter leur accumulation. Un bilan électrique complet et détaillé vous y aidera, sachant qu'une unité de grande croisière généreusement équipée peut exiger jusqu'à 280 A par jour, voire plus si ses occupants sont des adeptes de la climatisation, un équipement particulièrement glouton en énergie. Faire preuve d'une certaine sobriété dans son niveau de confort est de loin la meilleure solution qui soit...

Tour du monde

Pour une navigation au long cours, la variété des bassins et des conditions climatiques va de pair avec la multiplication des sources de production. Une panoplie complète de producteurs s'impose, qui permettra aussi de sécuriser l'approvisionnement en énergie du bateau dans toutes les conditions.

Transatlantique

L'hydrogénérateur (ou l'alternateur d'arbre) est le roi des longues traversées au cours desquelles il délivre de l'énergie à profusion. C'est moins vrai pour l'éolienne, handicapée par la marche au portant qui réduit le vent apparent et donc le rendement de l'appareil. Le panneau solaire est aussi moins à son aise car la durée d'ensoleillement quotidienne est assez courte sur un parcours est-ouest. Dans le sens inverse, le trajet emprunte une route située plus au nord, où le jour est plus long.

Antilles

L'énergie solaire est bien sûr la plus adaptée à cette zone, mais comme l'hiver est la période la plus favorable à la voile, la durée du jour assez courte vient ternir un bilan énergétique a priori favorable. Heureusement, la vigueur des alizés permet de compenser largement les pertes en énergie grâce à une éolienne qui aidera à maintenir un bilan élevé.

Méditerranée

Le soleil a beau y briller plus qu'ailleurs, les panneaux solaires ne semblent pas fleurir sur les voiliers méditerranéens. La présence du courant de quai dans toutes les marinas en est peut-être la cause, ainsi qu'une pratique de navigation favorisant le cabotage d'un port à l'autre. Les petits airs estivaux sont peu favorables à l'usage d'un hydrogénérateur ou d'une éolienne, d'autant que le régime des vents méditerranéens est réputé pour son inconstance.

Europe du Nord

Paradoxalement, l'énergie solaire présente un intérêt accru dans les bassins de navigation du Nord, car la période diurne est très longue en été et la fraîcheur de la température augmente le rendement énergétique des panneaux. L'énergie éolienne varie avec la zone de navigation et la période de l'année. En été, les vents sur la Baltique sont souvent faibles. En fin de période estivale, des vents forts balaient souvent la côte occidentale de l'Ecosse, ce qui vient compenser la nébulosité du ciel. Un hydrogénérateur sera moins utile à bord d'une unité de croisière côtière, où les étapes à la voile sont courtes, de 100 à 200 milles rarement plus, que sur un voilier de grande croisière dédié aux longs parcours sous voiles.



Sur son Exploration 45, Jimmy Cornell a choisi un Sail-Gen, plus rustique que le Watt & Sea.



L'été en Norvège, il serait dommage de se passer de l'énergie solaire qui donne presque en continu...

► LES PANNEAUX SOLAIRES

Une technologie en mutation

Développée à l'origine pour alimenter les satellites, l'électricité photovoltaïque s'est depuis fait une place à terre comme en mer. La production industrielle, qui a crû de 3 000% en dix ans (!), a contribué à faire baisser les prix. Le développement de nouvelles technologies, à base de films polymétalliques semi-conducteurs, facilite aussi la diminution des coûts de production. Et les rendements ne cessent d'augmenter, jusqu'à atteindre aujourd'hui les 16%. Mais le fait de conserver une exposition perpendiculaire aux rayons lumineux afin d'optimiser le rendement des panneaux complique l'installation à bord, d'autant qu'il faut éviter les ombres portées. En outre, la fabrication des panneaux silicium n'a rien d'écologique et consomme une grande quantité d'eau pure, nécessaire pour l'usinage des cristaux. La nouvelle technologie des films minces est à ce titre plus vertueuse mais son rendement (10 à 12%), est inférieur à celui du silicium monocristallin. L'entretien est nul mais, contrairement aux apparences, les panneaux solaires s'usent et leur production baisse irrémédiablement passé dix à vingt ans.



Prix en baisse
Adapté à tous les programmes de navigation
Fiabilité élevée et entretien nul



Encombrement important (production liée à la surface)
La production diminue dans le temps



▲ Les cellules souples de nouvelle technologie ont un rendement moindre mais elles sont pratiques... et plus écologiques à la production.



▲ Le rendement d'un panneau solaire varie rapidement en fonction de l'incidence des rayons, d'où l'intérêt de pouvoir l'orienter.

L'énergie dans les voiles

Nous avons déjà évoqué le récent développement de ces panneaux solaires sous forme de films minces et de dépôts métalliques sous vide. Ces panneaux légers et souples peuvent désormais s'intégrer aux tissus composites des voiles et assurer une production suffisante aux besoins d'une unité de croisière d'une quinzaine de mètres. Développé sous le nom de SolarClothSystem par UK Sailmakers, le procédé utilise un film photovoltaïque de 65 microns d'épaisseur et d'un poids de 100 g seulement au mètre carré laminé dans le tissu composite de la voile ou collé sur une voile existante. Grâce à sa semi-transparence, la voile solaire Power Sail est capable d'engendrer du courant sur chaque face en même temps. Le côté opposé au soleil voit son rendement baisser mais la lumière indirecte permet de tirer encore 30 à 40% du rendement de la face éclairée. Cette technique peut aussi s'adapter aux protections en toile du type capote, taud ou bimini. L'innovation se paie au prix fort avec un coût au mètre carré de l'ordre de 1 000 €, mais une production de série devrait autoriser des baisses substantielles de prix.



Technologie prometteuse
Adaptable à de nombreux programmes
Absence d'entretien



Coût élevé
Doit faire la preuve de sa fiabilité
et de sa durabilité

► LES PILES A COMBUSTIBLE

Carburez au méthanol !

La pile à hydrogène a suscité de grands espoirs, mais elle reste technologiquement complexe, et le stockage de l'hydrogène pur est un problème. D'où le développement de cette pile grand public au méthanol, liquide inflammable contenant une forte proportion d'hydrogène. Le fonctionnement est très simple pour l'utilisateur, la charge démarre toute seule dès que le voltage descend en dessous d'un certain seuil et s'arrête une fois la batterie chargée. L'appareil est silencieux et la réaction catalytique ne dégage qu'un peu de chaleur et d'eau. La puissance reste modeste, de 40 à 100 W environ (3 à 9 A), mais l'appareil peut fonctionner 24/24 h, soit une capacité journalière plutôt confortable de 80 à 200 A. Les tarifs restent musclés, de 2 500 à 5 500 €, proches de ceux d'un groupe électrogène conventionnel. Les coûts d'usage sont aussi assez élevés en raison du prix du carburant et de sa disponibilité limitée à certains points de vente. La durée de vie du catalyseur en platine varie de 5 000 à 8 000 heures, soit une année complète de fonctionnement. Dans ces conditions, l'appareil n'est pas le mieux adapté à un usage au long cours mais il reste intéressant pour une utilisation ponctuelle, pour compléter un hydrogénérateur au mouillage par exemple.



Silence, compacité et légèreté
Installation et fonctionnement très facile



Cher à l'achat comme à l'usage
Disponibilité limitée du carburant

