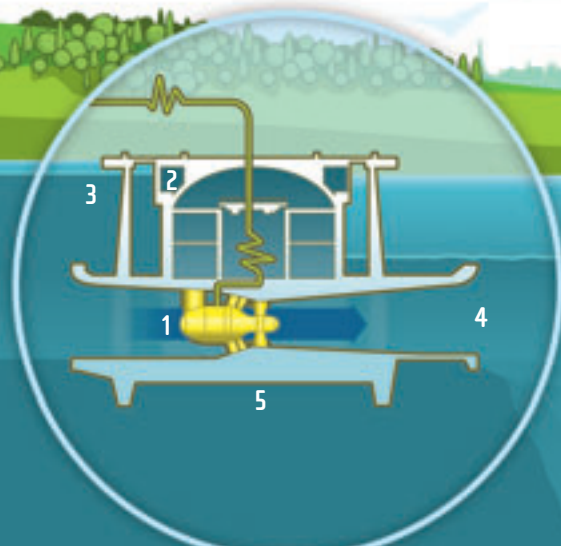




# LES ÉNERGIES MARINES

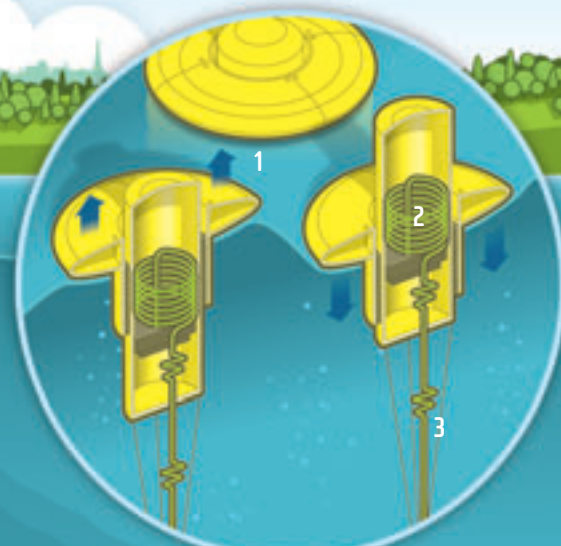
## EN QUÊTE DE MATURETÉ

Avec environ 71 % de la surface terrestre recouverts par les océans, la «houille bleue» pourrait-elle constituer la plus vaste et la plus sûre ressource d'énergie? Un jour, peut-être... Mais il reste encore beaucoup à faire.



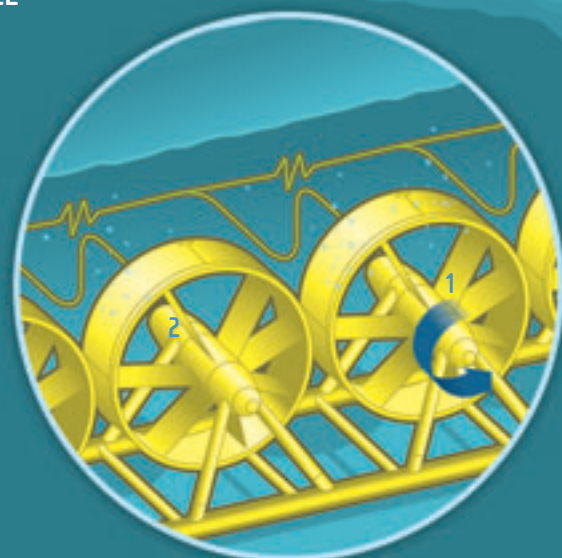
### ÉNERGIE MARÉOTRICE

1. Turbine
2. Barrage
3. Niveau de haute mer
4. Niveau de basse mer
5. Fond de l'estuaire



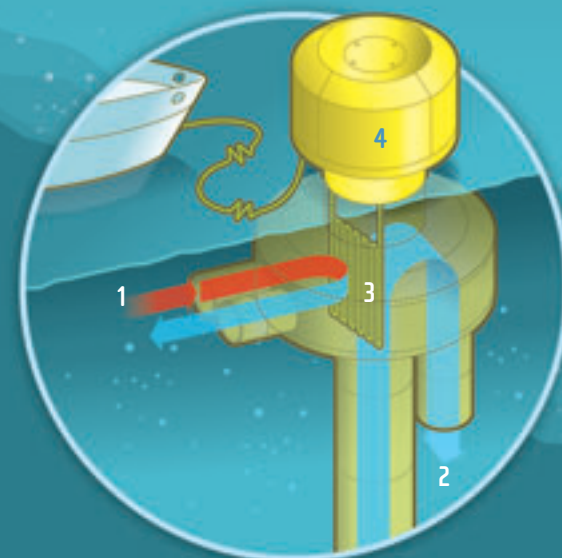
### ÉNERGIE HOULOMOTRICE

1. Mouvements de la houle
2. Rotor lié à un ressort
3. Lien attachant la bouée au fond marin



### ÉNERGIE HYDROLIENNE

1. Générateur électrique
2. Rotation



### ÉNERGIE THERMIQUE DES MERS

1. Eau de mer chaude
2. Eau de mer froide
3. Condensateur et évaporateur
4. Turbine

La ressource gigantesque et intrinsèquement renouvelable que constituent les énergies marines est au cœur de l'actualité. La mer étant toujours en mouvement, on doit parler d'«énergies marines», au pluriel. Elles se répartissent en quatre filières principales :

- l'énergie marémotrice, produite par les marées ;
- l'énergie houlomotrice, provoquée par les vagues ;
- l'énergie hydrolienne, portée par les courants ;
- l'énergie thermique des mers, due à la circulation de masses d'eau de températures différentes.

S'y ajoutent deux autres filières : l'énergie algale (voir encadré page 14), qui s'apparente davantage à une forme spécifique d'agriculture de la mer, et l'énergie osmotique<sup>(1)</sup>, tirant parti de la salinité.

Mais, si les développements sont riches de promesses, les réalisations sont encore rares, et les équations économiques (exploitation *versus* rentabilité) très partiellement résolues.

### La marée n'a pas attendu la haute technologie

Depuis les premiers moulins à marée installés au Moyen Âge dans les estuaires européens pour moudre le grain, les progrès ont été fort lents. Ainsi, la vénérable usine marémotrice de la Rance (Côtes-d'Armor), avec ses 24 turbines pour une puissance installée de 240 MW, reste la doyenne mondiale et la plus puissante usine marémotrice à ce jour. Le procédé est simple : les flux montants et descendants circulent dans des groupes bulbes constitués d'une turbine associée à un alternateur. Les pales des turbines sont orientables pour exploiter la force des marées dans les deux sens, et les turbines, lorsqu'elles sont alimentées par le réseau, peuvent servir au pompage pour compléter le remplissage du bassin en amont du barrage. Mais, comme tout barrage, celui de la Rance n'a pas manqué de provoquer divers déséquilibres sur l'écosystème : envasement de l'estuaire, impact sur les faunes piscicole et aviaire... Des craintes qui font hésiter, entre autres,

les Britanniques à lancer l'ambitieux projet d'une usine marémotrice géante sur la Severn, en Écosse, qui serait dotée de 216 turbines avec 8,6 GW de puissance installée.

### L'énergie houlomotrice doit encore faire ses preuves

L'exploitation du mouvement des vagues pour actionner un générateur d'électricité est séduisante, et les projets abondent, mais nombreux sont ceux qui resteront sur la grève. L'énergie des vagues peut en effet être captée selon différents procédés. Des systèmes à oscillation, équipés de vérins pneumatiques ou hydrauliques, intégrés dans des bouées, sont mis en mouvement par la houle et transmettent leur énergie à un générateur. D'autres systèmes à vérins, installés sur des digues artificielles, sont mus par le ressac. Ou encore, des capteurs de houle, immergés sous le fond sous-marin, envoient par une canalisation de l'eau comprimée vers des turbines à terre et actionnent celles-ci. Tous ces concepts sont en cours de développement, »



## ZOOM

### L'énergie houlomotrice

Le potentiel énergétique des vagues est considéré comme très prometteur, car les installations, dès lors qu'elles sont flottantes et non pas immergées, sont notamment plus facilement réalisables que celles des autres filières. Le potentiel est estimé entre 1,3 et 2 TW<sup>(1)</sup>, et pourrait donc atteindre près de la moitié de la puissance électrique mondiale installée (4 TWe selon l'AIE).

[1] 1 TW = 1 000 milliards de watts.

► mais aucun n'a véritablement fait ses preuves. Des progrès restent donc encore à faire pour que cette source d'énergie ne devienne pas un « serpent de mer », à l'image du projet Pelamis (serpent en grec), première centrale houlomotrice au monde inaugurée sur la côte portugaise en novembre 2008, mais qui a dû être démontée au printemps 2009 en raison de problèmes techniques récurrents.

### L'efficacité avérée des hydroliennes

Plus classiques, en revanche, sont les hydroliennes, transposition sous-marine des éoliennes à terre ou en mer. Avec une densité de l'eau 800 fois supérieure à celle de l'air, les pales des turbines se contentent de faibles courants (environ 3 m/s) pour entraîner les rotors des générateurs d'électricité. Autre avantage : la grande compacité des hydroliennes en comparaison de leurs homologues à l'air libre. Ainsi, pour une puissance d'1 MW, les pales d'une hydrolienne développeront un diamètre de 16 m, contre 60 pour une éolienne en pleine mer. Enfin,



Installée en 2008, la centrale électrique avec turbine double de Marine Current Turbines Ltd., appelée SeaGen, produit 1,2 MW d'électricité pour environ 800 maisons dans les secteurs de Portaferry et Strangford en Irlande du Nord.

comme elles sont immergées, leur discrétion est indiscutable, et le cycle des marées les rend plus régulières en termes de production par rapport aux sautes de vent que subissent leurs homologues aériennes. Mais leur installation et leur maintenance en milieu sous-marin ne sont pas les moindres inconvénients sur les plans technique et financier.

### Un rendement encore faible pour l'énergie thermique des mers

Si, à 20 000 lieues sous les mers, la température de l'eau est autour de 4 °C, elle peut atteindre jusqu'à 28 °C en surface sous les latitudes tropicales. Et le principe de l'échange thermique générateur d'électricité en mer – qui n'avait pas échappé à Jules Verne – se révèle là aussi un formidable réservoir d'énergie, pour l'instant toujours inexploité. Sur le principe de la pompe à chaleur, l'eau chaude prélevée

en surface fournit la chaleur nécessaire à la formation de vapeur, tandis que l'eau froide pompée à quelques centaines de mètres de profondeur assure la condensation. Certes, les surfaces des mers tropicales sont immenses (plus de 60 millions de km<sup>2</sup>), et la conversion par le procédé ETM<sup>(2)</sup> de cette ressource d'origine solaire permettrait la production de 100 000 TWh d'électricité par an. Mais le faible différentiel des températures n'offre qu'un maigre rendement de l'ordre de 2,7 %, et le transport par câble sous-marin suppose d'importants investissements. ■

(1) L'énergie osmotique exploite l'augmentation de la pression lors de la migration d'une eau douce vers une eau salée, lorsque celles-ci ne sont séparées que par une très fine membrane semi-perméable. Cette pression actionne une turbine, qui sert à créer un courant électrique à hauteur de 1 MW pour un débit de 1 m<sup>3</sup>/s.

(2) Énergie thermique de la mer, OTEC/Ocean Thermal Energy Conversion en anglais.

### Les microalgues, carburant de troisième génération ?

La capacité des microalgues à accumuler près de 80 % de leur poids en acides gras (transformables en carburant après raffinage) produirait un rendement à l'hectare près de 30 fois supérieur aux oléagineux, outre des récoltes en continu tout au long de l'année et des sous-produits valorisables (engrais, aliments pour bétail, combustibles...). Leur culture intensive permettrait de produire un biocarburant alternatif aux agrocarburants de première génération (végétaux alimentaires comme le blé, le maïs, le colza, etc.) et de deuxième génération (bois, déchets agricoles...), et ce, sans menacer les réserves vivrières ni favoriser la déforestation. Abondamment présentes dans les océans, les fleuves, les rivières et les plans d'eau, elles n'ont besoin pour croître que de soleil, d'eau et... de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>). Un recyclage tout trouvé pour ce dernier, qui pourrait être récupéré à partir des effluents industriels. Carburant idéal ? Peut-être. Mais l'exploitation de la biomasse algale n'en est qu'au stade du laboratoire. La sélection des variétés les plus aptes à une culture à grande échelle (moyennant le recours aux OGM...) et le choix de procédés de raffinage industriels économiquement viables ne permettront pas, de sitôt, de faire le plein avec ce très prometteur biocarburant.



- Énergie osmotique : <http://www.statkraft.com/energy-sources/osmotic-power>
- Énergie houlomotrice : brochure WESRF sur <http://eecs.oregonstate.edu/wesrf>
- Énergie hydrolienne : <http://www.sabella.fr>
- Énergie marémotrice : <http://www.edf.fr/html/en/decouvertes/voyage/usine/retour-usine.html>
- Énergie thermique des mers : <http://www.nrel.gov/otec>
- Énergie algale : [http://www-sop.inria.fr/comore/shamash/Ladoret\\_Bernard\\_BiodieselMicroalgues\\_2008.pdf](http://www-sop.inria.fr/comore/shamash/Ladoret_Bernard_BiodieselMicroalgues_2008.pdf)
- Sur le contexte français des énergies marines, un dossier très complet : [http://www.enerpresse.com/pdf/Dossier\\_Energies\\_Marines\\_Renouvelables.pdf](http://www.enerpresse.com/pdf/Dossier_Energies_Marines_Renouvelables.pdf)