

Les hydroliennes et les marées motrices

Rapide historique

L'énergie hydrolienne exploite l'énergie cinétique des masses d'eau. L'eau est mise en mouvement par les courants océaniques (tel que le Gulf Stream) ainsi que par les marées. Le long des côtes européennes, seuls les courants de marée induisent des vitesses d'eau suffisantes pour envisager une exploitation économique de cette forme d'énergie. L'énergie de ces courants fait l'objet depuis des siècles d'une exploitation énergétique sous forme de moulins à marée comportant un barrage et une roue à eau. C'est sur le même principe qu'a été construit le barrage de la Rance pour la production d'électricité grâce à des turbines réversibles.

C'est beaucoup plus récemment que sont apparues les premières hydroliennes, machines semblables à des éoliennes qui tourneraient dans l'eau. A la différence des usines marémotrices, il n'y a pas de barrage construit en travers du courant pour provoquer une retenue d'eau.

La ressource théorique, évaluée à 50 TWh/an environ, dont 10 TWh/an sur les côtes françaises, est modeste. La ressource effectivement exploitable n'est bien entendu qu'une fraction de cette ressource théorique.

Les marées suivent un cycle astronomique et peuvent être prédites longtemps à l'avance. Toutefois, la vitesse du courant varie fortement selon les heures, les phases de la lune et les saisons, si bien que le taux de fonctionnement équivalent des machines à puissance nominale est d'environ 3 000 à 4 000 h/an.

Les courants sont particulièrement puissants là où la configuration de la côte provoque un renforcement local de vitesse du courant. Les sites favorables sont donc toujours localisés à proximité d'un rivage dans des profondeurs d'eau limitées. Dans un chenal de courant, il est envisageable d'installer plusieurs hydroliennes et d'exporter à terre le courant produit par des câbles électriques sous-marins.

Les hydroliennes comportent un rotor qui peut tourner autour d'un axe horizontal ou vertical. De nombreux concepts sont actuellement en cours de développement et de test en mer. Il existe un grand nombre de variantes technologiques : hydroliennes flottantes ou posées sur le fond, rotor orientable ou non, caréné ou non, etc.. L'expérience acquise ne permet pas encore de prédire quels concepts s'avéreront les plus prometteurs. On peut toutefois noter que la dimension des machines restera forcément limitée à cause des faibles profondeurs d'eau (rotors de 10 à 20 m de diamètre). La puissance unitaire sera donc de quelques centaines de kW à 1 ou 2 MW. Une exploitation à grande échelle supposera donc l'implantation d'un grand nombre d'hydroliennes dont il sera nécessaire d'assurer la maintenance de façon économique et en toute sécurité.

L'exploitation des courants marins offre des analogies avec l'exploitation du vent. La puissance disponible pour les deux fluides en mouvement s'exprime par la formule $P = 1/2rAV$ où r est la masse spécifique du fluide, V sa vitesse et A la section du flux intercepté (par l'hydrolienne ou l'éolienne). La ressource exprimée en kW/m² de surface balayée par les pales est donc très sensible à la vitesse du fluide. Il faut par ailleurs noter que la masse spécifique r de l'eau est 1 000 fois supérieure à celle de l'air. Le tableau ci-dessous permet de comparer les performances des éoliennes et des hydroliennes.

Ressource	Courant marin		Vent
Vitesse en m/s	1,5	2	13
Puissance en kW/m ²	1,7	3,9	1,4

Un courant marin dont la vitesse atteint 2 m/s offre une ressource près de deux fois plus intense que celle d'un vent « type » de 13 m/s. Ceci explique l'intérêt de certains promoteurs pour le développement des hydroliennes dans des sites où les courants de marée peuvent atteindre des vitesses supérieures à 4 m/s et par conséquent fournir plusieurs dizaines de kW/m².

L'énergie des marées en bref

Ressource : 50 TWh au niveau mondial dont 10 en France.

Deux filières :

- Marémotrices et moulins à marée (technologie mature, très peu de sites équipables)
- Hydroliennes (encore à l'état de R&D). Quelques prototypes en fonctionnement ou en projet dans la gamme 0,1 à 2 MW.

Perspectives :

Coût d'investissement cible : 3 000 €/kW

Coût de production cible : 5 à 10 ct€/kWh

État de l'art

Le pays le plus avancé dans ce domaine est le Royaume-Uni. Ce pays dispose de la principale ressource en Europe et affiche une volonté politique forte d'être leader sur ce sujet. Le projet le plus emblématique à ce jour est le projet SeaGen. Ce prototype d'hydrolienne est installé sur un mât planté dans le sol. Un bras transversal symétrique par rapport au mât porte un rotor bipale de 20 m de diamètre à chaque extrémité. Le mât émerge au-dessus de l'eau et le bras peut être relevé pour intervenir sur les rotors pour les opérations de maintenance. Le prototype de 1 MW est implanté dans le fjord de Strangford Lough en Irlande du Nord.

En France, on peut citer les projets Marénergie (Rotor à axe horizontal fixe posé au fond), Harvest (Rotor à axe vertical posé au fond), Hydrogen (Roue à aubes flottante).

D'autres projets ont déjà été testés en mer en Italie (Enermar), Norvège (Hammerfest Strom), USA (Hudson River). De nombreux autres sont à des stades divers de développement.

Coûts

Le manque de maturité de la technologie ne permet pas de déterminer ce que seront les coûts réels de l'énergie hydrolienne dans quelques années. Toutefois, par analogie avec les retours d'expérience de l'éolien off-shore, on peut penser que le coût des investissements sera de l'ordre de 2 500 €/kW à 3 500 €/kW selon la profondeur d'eau, le type de sol, la distance à la côte, la taille du parc.

Perspectives.

Le prix de revient de l'énergie dépendra notamment des solutions apportées aux problèmes de maintenance. Étant donné le grand nombre d'unités nécessaires en cas de production massive, il sera probablement indispensable de mettre au point de petits navires adaptés, très manœuvrant, capables d'intervenir sur les machines en présence du courant, car la durée cumulée des périodes de renverse durant lesquelles le courant est nul est insuffisante pour satisfaire les besoins de maintenance d'un grand parc.

La ressource est abondante et représente à titre d'exemple dans le seul Raz Blanchard entre le Cap de la Hague et Aurigny une puissance de 2000 MW. L'exploitation requerrait plusieurs milliers de machines, si bien que la cohabitation de cette activité avec les autres usages de la mer doit faire l'objet d'une concertation poussée.

Plusieurs régions du Monde peuvent profiter de l'énergie hydrolienne qui peut constituer un appoint appréciable localement, en Europe, au Canada, aux Philippines, en Nouvelle-Zélande, etc.