

L'énergie des marées ou « Houille bleue » : l'usine marémotrice de la Rance

Michel Bornuat¹.

L'effet gravitationnel de la lune et du soleil agit sur la masse liquide des océans. La déformation de la surface océanique et donc les marées sont amplifiées dans certains sites côtiers. C'est cette énergie renouvelable non soumise aux aléas climatiques et qualifiée de « houille bleue » en 1918, due à la dénivellation créée par les marées, que l'homme essaye de maîtriser, encore timidement, dans les usines marémotrices, véritables centrales hydrauliques en eau de mer.

Historique

L'utilisation prouvée de l'énergie des marées remonte au IX^e siècle mais il est probable qu'elle est beaucoup plus ancienne. Les moulins à marée en sont un exemple très répandu, au Royaume-Uni, en Belgique, en France où ceux de la Rance fonctionnèrent durant huit siècles et jusque vers 1950. En Angleterre, à Hayle, on a aussi utilisé cette énergie pour curer un canal de navigation en libérant brutalement des volumes d'eau « emmagasinés » à marée haute.

L'énergie mécanique produite par ces moulins et barrages était faible car sur les 12 heures 25 que dure en moyenne le cycle des marées, seules 2 à 3 heures étaient « efficaces ». Il faudra attendre le XX^e siècle pour que l'énergie marémotrice soit vraiment étudiée durant la première moitié du siècle puis utilisée pour la production d'électricité. C'est en 1967 que sera opérationnelle la centrale marémotrice de la Rance, seule usine actuelle de ce type produisant de l'électricité en quantité importante et de manière continue au flot (marée montante) comme au jusant (marée descendante).

Centrales existantes

L'usine de la Rance a, en effet, une puissance de 240 MWe et produit, en moyenne, 550 GWh par an, de quoi alimenter 250 000 foyers domestiques. La deuxième production dans le monde, beaucoup plus faible (17 MWe) est celle du barrage d'Annapolis Royale, en Nouvelle Écosse (Canada), installé en 1982. Par ailleurs, il existe une dizaine de petites unités de 100 à 500 kWe, au pays de Galles (Swansea Bay), en Chine, etc., destinées à fournir une énergie non commerciale à des ouvrages spécifiques.

Ce faible développement des centrales marémotrices a plusieurs causes :

- les sites adéquats (marées de forte amplitude, barrages possibles) sont assez peu nombreux ;
- les investissements nécessaires sont très importants ;
- les prix actuels des combustibles fossiles et l'avènement de l'énergie nucléaire ne créent pas des conditions favorables ;
- les problèmes d'environnement et le syndrome « nimby » (not in my backyard) sont encore plus aigus que pour les barrages en montagne.

Potentiel et projets

Néanmoins, durant les 30 dernières années, des études importantes ont été entreprises, notamment en Europe, pour évaluer le marché et le potentiel technique et préciser la faisabilité de projets précis. Une étude de l'Union européenne a identifié, en Europe, 106 sites pour une production potentielle de 48 TWh par an, équivalent à une capacité installée de 12 500 MWe, surtout au Royaume-Uni (47%), en France (41%), mais aussi en Irlande (estuaire du Shannon), en Allemagne, aux Pays-Bas et en Espagne.

Au Royaume-Uni, d'importantes études (près de 100 M€) ont été conduites de 1974 à 1987 sur le grand projet du « *Severn Tidal Barrage* » (STB) barrant l'estuaire de la Severn entre l'Angleterre et le pays de Galles et prévu pour produire 12% de la consommation électrique du Royaume-Uni grâce à une puissance installée de 8 640 MWe. Le marnage, la hauteur des marées, peut y atteindre 12 m et les volumes d'eau impliqués sont considérables.

Le projet a été abandonné pour des raisons économiques, mais il est probable que l'opposition des écologistes et des riverains aurait été très forte. Les effets d'un tel barrage seraient en effet considérables sur la navigation, la migration des poissons, la position et la taille de la zone intertidale et le régime des marées dans toute la région. Sur ces différents points, le projet STB bénéficiait des études entreprises sur la baie de Fundy au Canada, qui présente le plus grand marnage au monde et a donc fait l'objet de nombreux projets de centrales marémotrices.

1. Remerciements à la Direction Communication de la Branche Énergie d'EDF pour la fourniture d'un dossier.

En France, le projet le plus prometteur est celui de Chausey dont la production dépasserait 20 TWh par an. Mais, au total, aucun développement n'est attendu d'ici 2010.

L'usine marémotrice de la Rance

Située entre Saint-Malo et Dinard, dans les Côtes d'Armor (22), elle bénéficie des caractéristiques très favorables du site : grande amplitude des marées (moyenne de 8,07 m et jusqu'à 13,5 m aux équinoxes) et grand volume d'eau du réservoir de la Rance maritime (22 km² et 184 Mm³), qui permettent des pics d'écoulement de 18 000 m³ d'eau à la seconde, soit dix fois le débit moyen du Rhône. L'amplitude des marées, amplifiée par la presqu'île du Cotentin, est telle sur ces côtes qu'un projet de barrage de la baie du Mont Saint-Michel avait été étudié, puis abandonné, bien sûr pour des raisons écologiques et touristiques !

Sur la Rance, les études durent résoudre de nombreux problèmes théoriques et techniques et durèrent 25 ans. La construction débuta en 1960 ; le barrage fût inauguré le 26 novembre 1966 par le Général de Gaulle et la production d'électricité débuta à la fin de 1967 (Photos 1 et 2). Le **barrage** fermant l'estuaire de la Rance, de 750 m de longueur et 13 m de hauteur, a donc été construit en six ans (1960-66). Il comprend en fait plusieurs parties :

- la digue-usine de 390 m de long et 33 m de large, incluant les turbines ;
- une écluse (65 m) pour le passage des petits bateaux (15 à 20 000 t/an) avec deux ponts levants ;
- un déversoir ou « barrage mobile » (115 m) avec six vannes de 10 x 10 m (débit de 10 000 m³/s) ;
- une digue en enrochement de 163 m ou « digue morte », prenant appui sur le rocher de Chalibert.

La construction du barrage doit beaucoup à Albert Caquot (voir encart), sur le plan scientifique avec le développement de la mécanique des sols dont les acquis furent essentiels pour durcir le sol vaseux, pour la construction du barrage, et, sur le plan technique, le travail à sec entre deux batardeaux dont celui du nord, côté mer, nécessita une ingéniosité certaine pour fermer l'estuaire. Le courant de la Rance fut ainsi interrompu durant trois ans et l'ouvrage édifié sur substrat granitique, atteint à la cote -13 m.

L'**usine**, située dans la digue creuse présente plusieurs caractéristiques innovantes, à commencer par les « groupes bulbes », ensembles monoblocs turbine-alternateur en aciers spéciaux d'un poids et d'une puissance



Photos 1 et 2. Vues aériennes de l'usine marémotrice de la Rance (clichés EDF Médiathèque G. Halary).

unitaires de 470 t et 10 MWe (Photo 3). Les 24 « bulbes » fonctionnent dans les deux sens du flux et sans arrêt depuis l'origine. Ils sont aussi capables de fonctionner comme pompes pour accélérer le remplissage du réservoir lorsque la mer est haute et permettent ainsi de s'adapter aux demandes d'électricité. Depuis le début, ces turbines ont permis de produire 16 TWh à un prix très compétitif de moins de 3 centimes d'euro par kWh. Il est prévu de remplacer les groupes sur 10 ans, à raison de 2 ou 3 par an.

Les retombées locales et générales de cet ouvrage sont nombreuses. En plus des retombées économiques liées à la construction : emploi, commerces... et à l'exploitation : taxes locales de 2,3 M€ par an, le barrage a réduit la distance Saint-Malo – Dinard de 45 à 15 km grâce à la route à quatre voies qui le surmonte (et aux ponts mobiles sur l'écluse). Le tourisme a aussi bénéficié de la création du réservoir protégé : sports nautiques et visiteurs de l'usine : 300 000 par an jusqu'en 1996, avant application du plan Vigipirate.



Photo 3. La salle des machines (cliché EDF Médiathèque C. Cieutat).

Les groupes bulbes, très innovants à l'époque, et l'utilisation d'un procédé de protection cathodique pour des alliages spécialement mis au point pour résister à la corrosion par l'eau de mer, ont donné naissance à une nouvelle génération de turbines utilisée dans le monde entier pour les chutes inférieures à 15 m.

L'environnement a bien sûr été affecté par l'ouvrage mais EDF adapte la gestion du réservoir et des

marées de façon à préserver au mieux l'écosystème. Des études sur la faune de l'estuaire (MNHN et IFREMER)¹ et le bilan sédimentaire de la Rance montrent qu'un nouvel équilibre écologique s'est établi après 10 années de fonctionnement (120 espèces d'oiseaux par exemple). Un comité d'élus et d'usagers (« Cœur ») auquel participe EDF définit le contenu et le financement des projets et études prévus au contrat de la baie de Rance, tels que : qualité de l'eau, rives, navigabilité, fermes marines, etc.

Quelques références

- ADEME, 1997 : Atlas, contribution.
- Altener Report, 1995: Total renewable energy resource in Ireland.
- Clare R., 1992: Tidal power trends and developments. Ed. Th. Tilford (Londres).
- Coll., 1997 : Dossier de la "Houille blanche" pour le 30^{ème} anniversaire de la Rance, n°3.
- EDF, 1996 : L'usine marémotrice de la Rance.
- ETSU, 1989: Severn Barrage Project Detailed Report (UK).
- ETSU, 1990: The environmental effects of tidal energy (UK).
- ETSU, 1996: Tidal energy. Department of Trade and Industry Rand D. Programme 1979-1994.
- EU/DG XVII, 1996: Improving market penetration for new energy technologies; prospects for pre-competitive support (including wave and tidal energy).
- EU/EUREC Agency, 1996: The future for renewable energy-prospects and directions.
- HMSO, 1994: New and renewable energy: future prospects in the UK. Energy paper n°62.

Albert Caquot (1881-1976) a joué un rôle majeur dans l'édification de la centrale marémotrice de la Rance. Mais ce polytechnicien et ingénieur des ponts, ingénieur et scientifique mondialement connu au XX^e siècle, a marqué de nombreux domaines :

- l'aérostation, en concevant des ballons allongés à empennage arrière (« saucisses » de la Grande Guerre) et l'aviation dont il fut directeur général technique ;
- les matériaux de construction : béton fritté, vibreur des bétons, déformations ;
- la construction d'ouvrages, audacieux et parfois records du monde, en France et ailleurs : nombreux ponts, à haubans et tablier rigide en particulier, barrages (Vézins, Sautet, Girotte, Rance, Arzal) et ouvrages maritimes ;
- le domaine scientifique, ce qui lui valut d'être élu président de l'Académie des sciences en 1952.

Son rôle ne doit cependant pas faire oublier, pour l'usine de la Rance, celui des pionniers que furent G. Boisnier (1921), R. Gibrat (1940-50) et la société Neyrpic (1941-60). La Poste lui a rendu hommage en lui consacrant un timbre à 4,50 F (0,69 euro) le 2 juillet 2001.

1. MNHN : Muséum national d'histoire naturelle.
IFREMER : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.