

la baie de fundy

R. H. CLARK *

La croissance de la demande en énergie reste un des faits marquants de notre époque. Dans le domaine de la production électrique, à côté de l'énergie nucléaire, l'eau, dans les pays où elle est abondante, offre l'avantage d'être une source non polluante. Nous présentons ici le projet de l'usine marémotrice de la baie de Fundy en Nouvelle-Ecosse, (Canada). Ce serait le 2^e aménagement de ce type dans le monde (après le barrage de la Rance en France). Son exécution présente des difficultés, eu égard à son coût élevé.

La région de la baie de Fundy, très découpée, enferme les plus puissantes marées du monde. Le Canada dispose ainsi d'un potentiel d'aménagement marémoteur très important. La voie est ouverte depuis quelque 10 ans : la première grande installation marémotrice moderne était construite en France dans l'estuaire de la Rance, près de Saint-Malo. Une installation marémotrice expérimentale était construite en U.R.S.S. pour étudier l'aménagement marémoteur du site de la mer Blanche. A l'échelle du globe, le potentiel énergétique des marées est estimé à environ 1 240 milliards de kWh par an ; l'énergie marémotrice est un atout non polluant face à une demande énergétique croissante.

Ces considérations ont incité les Gouvernements du Canada et des provinces de la Nouvelle Ecosse et du Nouveau Brunswick à entreprendre une étude comparative de l'énergie marémotrice au regard d'autres sources d'énergie ; cette étude a été soumise aux Gouvernements considérés en octobre 1969.

Les marées de la baie de Fundy : 14 à 16 mètres

Leur amplitude est exceptionnelle : 16 m dans le bassin de Minas et 14 m dans la baie de Chignecto (12 m dans l'estuaire de la Rance). Leur régularité est également très favorable à l'utilisation de leur puissance marémotrice : elles sont du type bi-journalier, d'amplitude sensiblement égale, d'un rythme de 24 h/50 mn. Leurs variations au cours du cycle lunaire sont assez faibles.

Les dimensions de la baie de Fundy sont telles qu'elles réagissent comme un résonateur sur les oscillations naturelles de la marée dans le golfe du Maine. Ces oscillations sont amplifiées presque 5 fois du fait du rétrécissement de la baie. L'heure de la marée haute à l'embouchure du Shepody se produit environ 40 mn plus tard qu'à l'embouchure de la baie de Fundy ; dans le bassin de Minas, la marée haute a un décalage d'environ 40 mn sur l'extérieur du bassin. Une implantation marémotrice mo-

difierait ces rapports de phases : la baie est déjà plus courte que la longueur de résonance et un barrage la raccourcirait encore en diminuant par voie de conséquence l'amplitude des marées et la production d'énergie. Les 3 sites exploitables sont visibles sur la carte ci-contre.

Difficultés d'exploitation : la dispersion, le stockage

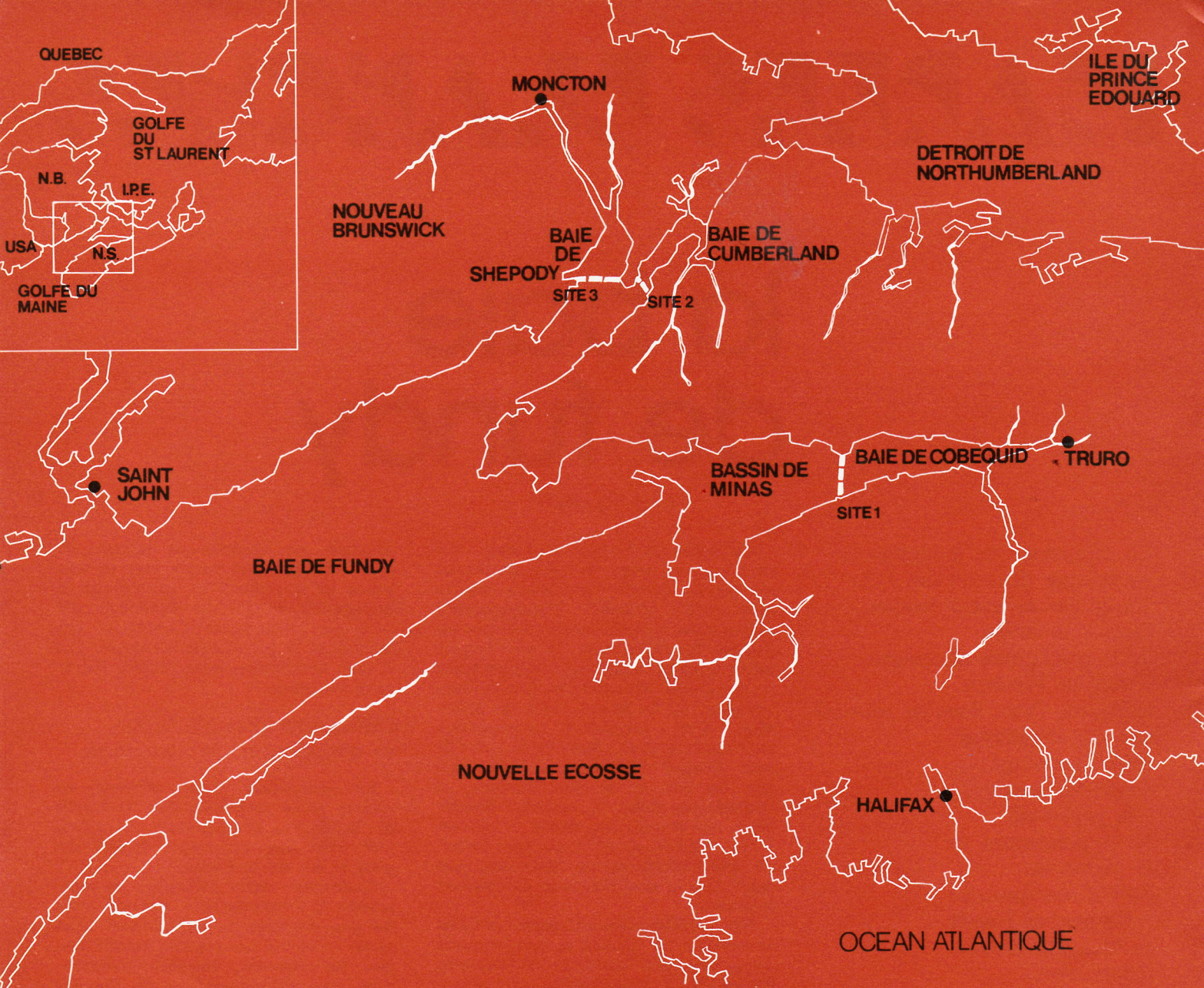
Le mouvement d'eau déplacée en volume et en amplitude dans le bassin de Minas est considérable : 54 GWh (10⁹ kWh par an) contre 2 GWh/an pour le site de la Rance.

Cependant deux difficultés se présentent à l'exploitation : d'abord cette énergie, résultant du déplacement d'un grand volume d'eau sur une grande surface, est dispersée ; une usine marémotrice aura obligatoirement de grandes dimensions. D'autre part, cette énergie n'est pas stockable : elle dépend de la différence constamment variable des niveaux d'eau entre le bassin et la mer. Il faut donc exploiter l'énergie disponible à chaque marée au moment où la chute est suffisante ; l'énergie qui n'est pas exploitée à une marée est définitivement perdue. Son prix de vente dépendant de la demande, il faudra essayer de donner à l'installation marémotrice une certaine souplesse permettant de déplacer les cycles de production d'électricité par rapport au cycle des marées, sans diminuer exagérément la productivité, de manière à obtenir une production maximale durant les heures de pointe de la consommation.

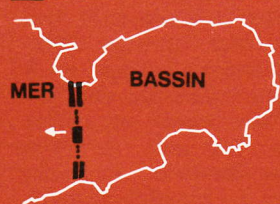
Quatre solutions possibles

A la différence des autres sources d'énergie hydraulique, l'énergie marémotrice s'exerce alternativement dans deux directions opposées. Les turbines utilisées peuvent être soit du type classique, « à simple effet », fonctionnant dans un seul sens d'écoulement d'eau,

* Ce texte est extrait du rapport présenté en juillet 1971 à la 8^e Conférence mondiale de l'énergie qui s'est tenue à Bucarest, par R.H. Clark, Conseiller spécial au Département de l'énergie et des ressources minières du Gouvernement canadien.

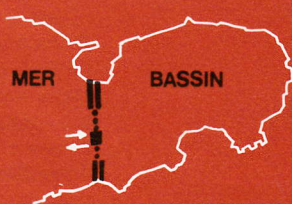


■ DIGUE ECLUSE ■ USINE



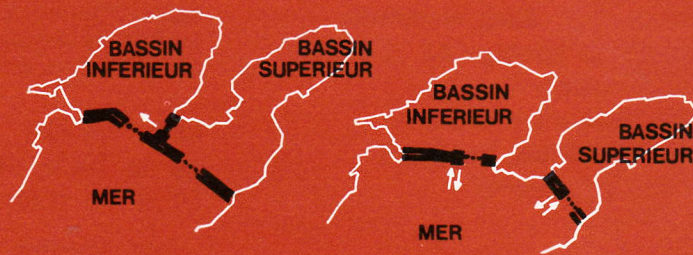
Bassin unique et groupe à simple effet, avec ou sans possibilité de pompage.

Turbinage dans le sens bassin-mer : la chute est plus importante d'où meilleure productivité. Par un pompage on peut améliorer le remplissage du bassin à marée haute lorsque celle-ci se produit à une heure creuse (énergie électrique à bon marché) afin d'augmenter l'énergie disponible durant le turbinage suivant (heure de pointe, énergie électrique chère).



Bassin unique et groupes à double effet.

A puissance installée égale, on n'obtient pas une production plus importante, l'utilisation de l'installation dans les deux sens ayant tendance à diminuer la chute disponible et par conséquent le rendement. Par contre, on obtient une meilleure adaptation des heures de production à la consommation. Le pompage est également possible aux heures de faible consommation.



Deux bassins couplés hydrauliquement et groupes à simple effet.

L'usine est disposée entre les deux bassins dont l'un est maintenu à niveau élevé et l'autre à niveau bas au moyen de vannes donnant sur la mer. Solution pouvant assurer une production continue, mais sans intérêt pratique, la productivité étant inférieure à celle de bassins indépendants. Le coût d'installation serait plus élevé.

Deux bassins indépendants équipés de groupes à double effet interconnectés électriquement.

Fonctionnant soit en solution n° 2, soit alternativement dans un seul sens, ce qui permet donc une production continue comme dans le cas précédent. De plus, le pompage (durant les heures de faible consommation) à marée haute pour l'un, basse pour l'autre, permet la récupération de l'énergie produite par l'installation jumelle et ce au moment où son rendement est maximal (chute maximale).

soit d'un type spécialement élaboré, dit « à double effet », permettant le fonctionnement dans les deux sens. C'est le cas de l'usine de la Rance. L'utilisation de deux séries de turbines à simple effet n'est pas acceptable du point de vue économique.

En combinant ces deux parties avec les différentes possibilités d'aménagement des bassins, on obtient les solutions suivantes montrées page précédente.

Digues-vannes-turbines

Les données sont différentes de celles d'une usine hydroélectrique ordinaire : corrosion par l'eau salée — nombreuses manipulations (à chaque marée, soit 705 par an) — conditions climatiques rigoureuses (tempêtes et blocage par les glaces) — chute d'eau de faible hauteur et à régime variable. L'expérience de la Rance a été largement utilisée dans cette étude.

Résultats de l'étude économique

Du fait de la constante variation de l'énergie disponible, le maximum n'étant atteint que durant de courtes périodes, l'étude économique est relativement complexe. Elle a été réalisée par simulation sur ordinateur des diverses possibilités de fonctionnement d'environ 80 combinaisons différentes d'aménagement pour chaque site. Le site qui s'avère le plus intéressant est celui du bassin de Minas.

La solution la plus intéressante combine l'installation marémotrice à simple effet et une installation de récupération par pompage-turbinage, ce qui permet à l'ensemble de fournir de la puissance de pointe. Elle semble à la fois moins onéreuse et plus rentable que la solution double-effet avec pompage. Ceci prouve la nécessité de placer l'installation marémotrice dans un complexe comprenant des installations de récupération.

Les études réalisées pour les autres sites aménageables de la baie de Fundy montrent que les projets à deux bassins permettent d'augmenter la puissance de pointe d'environ 25 %, mais le coût unitaire est alors porté à 39 dollars/kWh/an.

Un projet coûteux

Devant ces résultats, la Commission d'Etude canadienne conclut à l'inintérêt, dans le contexte actuel, de la réalisation d'un tel projet.

On remarquera que, du fait de l'importance de l'investissement nécessité par de telles réalisations (4 à 8 fois, à capacité de production égale, celui des autres types d'installation), leur rentabilité dépend en grande partie du taux de remboursement du capital. Avec le taux de 7 % (adopté pour cette étude), le remboursement représente environ 90 % des charges annuelles. Si ce taux baissait aux environs de 4 %, les installations marémotrices deviendraient plus compétitives. Par contre, on peut craindre une croissance du taux : à 10 % les conclusions sont pessimistes.

D'autres facteurs favorables pourraient rendre compétitive l'installation marémotrice :

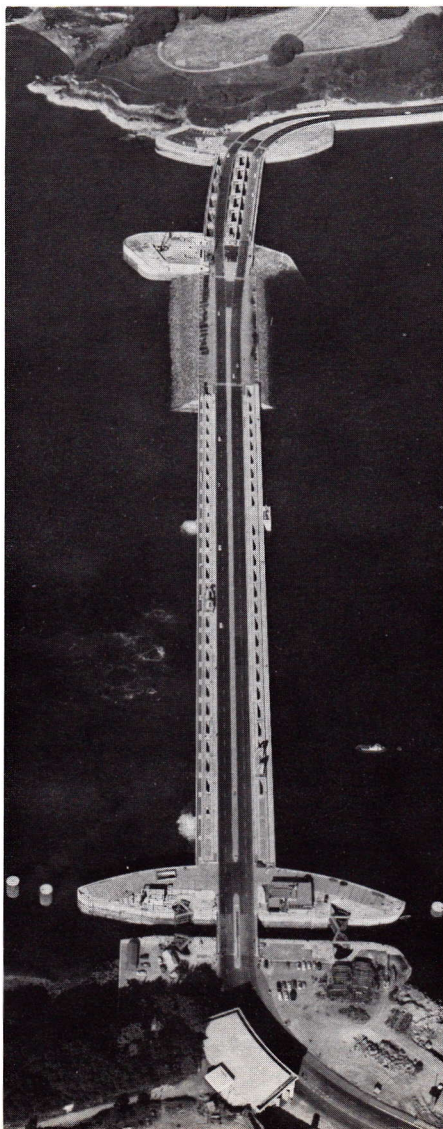
- une variation importante du prix des autres sources d'énergie (voir fluctuations actuelles du prix du pétrole) ou une raréfaction de celles-ci (épuiement) ;
- le fait que les problèmes posés par la pollution augmentent substantiellement le coût des installations classiques ou même en interdisent l'exploitation (par impossibilité de respecter les taux maxima de pollution imposés).

Alors apparaîtrait l'intérêt de cette source d'énergie inépuisable et non polluante.

R. H. C.

Cette étude représente pour la France un intérêt tout particulier ; celle-ci dispose en effet, avec la baie de Chausey et ses extensions, du plus beau site d'implantation marémotrice du monde : 66,0 GWh d'énergie théoriquement disponible, contre 54,2 pour le bassin des Minas (87,1 pour les 3 sites de la baie de Fundy, 2,0 pour le site de l'usine marémotrice de la Rance, ci-contre).

Une étude d'aménagement de ce site est reprise actuellement avec un projet de 4 500 MW (puissance installée).



La baie James au Québec

Un autre « grand projet » canadien, est, celui-là, en train de voir le jour actuellement : l'aménagement des cinq rivières de la baie James au Québec. Aménagement hydro-électrique classique mais d'une grande ampleur : potentiel de 10 millions de kW sur un territoire encore inviolé, grand comme la moitié de la France. La « Société de Développement de la baie James » a été créée afin d'organiser la mise en valeur globale de toute la région (ressources hydro-électriques, forêts, mines et tourisme) dans une perspective de « protection du milieu naturel ».