

# L'énergie marémotrice dans le monde

## L'usine marémotrice de la Rance et l'environnement

par R. Gibrat

Ancien Ingénieur-conseil d'E.D.F. pour  
les usines marémotrices.

1. — *L'auteur rappelle les caractéristiques principales du principal projet d'Usine Marémotrice étudié à l'étranger depuis la réalisation de la Rance, celui de la baie de Fundy au Canada et met en évidence la conclusion essentielle de l'important rapport de 1969 : nécessité pour rendre le projet viable d'une diminution très sensible du taux d'intérêt ou d'une véritable révolution dans les procédés de génie civil et la construction des machines.*

*A noter que, pour la première fois, il est envisagé que bientôt les problèmes d'environnement pourraient jouer un rôle.*

2. — *L'auteur résume ensuite le projet très récent (1972) de M. Caquot pour la baie du Mont-Saint-Michel (32 milliards de KWh).*

*Ici encore, le taux d'intérêt est essentiel, l'insertion dans le réseau de cette masse d'énergie n'étant plus aujourd'hui un problème insoluble.*

3. — *L'auteur passe ensuite en revue les différents problèmes d'environnement que pose a priori la réalisation d'une usine hydraulique et conclut que la Rance en est complètement exempte.*

*Il termine en exprimant l'espoir que des conditions économiques et sociales modifiées permettront bientôt, à la Société Hydrotechnique de France, d'examiner, sous un nouveau jour, le problème des Usines Marémotrices.*

\*\*

M. GIBRAT. — Le programme annonce deux sujets à traiter en un seul exposé : l'énergie marémotrice dans le monde, et l'usine de la Rance et l'environnement.

### I

Dans les dernières années, les seules études, à ma connaissance, un peu approfondies auxquelles a donné lieu à l'étranger l'énergie marémotrice, ont été faites au Canada. C'est une vieille tradition puisque le début des études canadiennes remonte, je crois, à 1919; et l'on voit déjà apparaître un cycle à deux bassins en 1920.

#### 1.

Mais, pendant longtemps, pour des raisons purement politiques, les études ont été concentrées sur la frontière entre les Etats-Unis et le Canada, sur l'océan Atlantique, où les marées sont beaucoup moins importantes que sur la Rance, puisqu'à cet endroit, la marée type pour 107 est de 7,50 m seulement.

On comprend bien pourquoi ce projet est né au moment du *New Deal* de Roosevelt. Il a donné naissance à des travaux assez importants sur place; mais il a été stoppé dès que les menaces de crise ont disparu.

En 1961, le Président Kennedy a demandé à ce qu'on réétudie la question; et, en 1964, les premières conclusions ont été tirées.

Il s'agissait de faire, entre deux bassins, deux usines de 500 MW électriques... ce qui était bien pour 1964. Ces usines auraient fonctionné en pointe, en liaison avec une centrale hydraulique de 750 MWe. Telle était la meilleure combinaison que les Etats-Unis et le Canada avaient trouvée pour utiliser ces emplacements frontières.

En fait, c'est le lieu où il y a le plus faible marnage; et aussi le plus grand nombre de difficultés sociales : pêcheries, ports, etc.

Je crois pouvoir dire que jamais E.D.F. n'aurait même commencé l'étude de ce projet. Il fallait un taux d'intérêt de 2,7% pour rendre rentable l'opération, compte tenu des critères très vagues que possédaient les Etats-Unis et le Canada à cette époque-là.

Aussi, on n'en a plus entendu parler.

## 2.

Le Canada, pour la partie purement canadienne, donc dans des emplacements différents, a refait des études très complètes<sup>(\*)</sup> en 1966, mettant 2 millions de dollars à la disposition d'un bureau d'étude spécialement créé pour ce but... ce qui n'est pas négligeable.

Nous avons eu alors beaucoup de contacts avec les Canadiens. Les Sociétés françaises ont, d'ailleurs, participé à certaines études, en particulier SOGREAH, pour les calculs.

Le rapport, rédigé vers 1969, est un monument. Il a 450 pages et 228 planches. On y a étudié toutes les possibilités d'installation soit au nord, soit dans le bassin des Mines, soit dans deux petites baies.

Je passe tout de suite aux conclusions :

Pour que le meilleur projet vaille la peine d'être entrepris, il faut encore un taux d'intérêt assez bas... aux environs de 4 %, ce qui, à une certaine époque de la vie mondiale, n'était pas absurde.

Pour l'avenir, ou bien il n'y aurait pas de variation de taux d'intérêt et il fallait — indiquait le rapport — ou arriver à une modification fondamentale dans les coûts de génie civil ou de machines; ou que les sources d'énergie les moins économiques disparaissent (par exemple le charbon, ou le fuel oil).

Enfin, pour la première fois dans des rapports de ce genre, on mettait en jeu le fait que les questions de pollution et de qualité de la vie, donc d'environnement, pouvaient être un facteur supplémentaire permettant de réanimer ce grand projet.

Donc, d'abord taux d'intérêt assez bas... Un certain nombre d'économistes estiment que le taux d'intérêt est lié au taux de croissance; par conséquent, les grands taux de croissance industrielle récents sont responsables des taux d'intérêt très élevés que nous avons.

Les Français, une fois de plus, sont encore plus subtils. Ils distinguent entre taux de réalisation à partir duquel l'Etat estime qu'il faut agir, et taux d'intérêt pour les prêts.

Enfin, si l'on veut un peu paradoxer, il faut espérer, pour les amoureux de l'utilisation des marées, que le Club de Rome aura un jour raison, c'est-à-dire que la croissance sera ramenée à zéro, auquel cas les taux d'intérêt seront voisins de zéro, et les usines marémotrices s'imposeront alors de façon définitive...

M. LE PRÉSIDENT. — Pour faire face à quelle croissance ?

M. GIBRAT. — ... pour remplacer les usines qui auront vieilli.

Second point : modification des machines...

De toute évidence, elles ont fait des progrès continuels, et le fait que vous étudiez demain les retombées des grou-

pes bulbes en est la preuve. Mais là aussi, les marémotrices en profiteront.

D'ailleurs, le projet du Canada prévoyait des groupes de 30 à 38 MWe, c'est-à-dire des groupes plus gros que ce qui était directement réalisable il y a six ans, au début de l'étude. C'est parfaitement possible maintenant, sans doute...

Peut-être, comme disait M. Aubert tout à l'heure, y a-t-il en préparation des progrès de génie civil fabuleux qui changeront la dépense correspondante ?...

Troisième problème : sources d'énergie plus économiques...

Tout à l'heure mon ami Wyart m'a taquiné en disant, qu'à son avis, le prix du fuel diminuait...

Je reste persuadé, qu'en liaison avec les problèmes de pollution, les prix du fuel sont assurés de subir le choc de la désulfuration, et que ce choc, pour autant qu'on puisse le savoir à l'heure actuelle, représentera 30 à 40 % supplémentaires.

Ceci dit, je ne pense pas, même en admettant dans un avenir proche (je ne tiens pas compte ici des contrats à long terme) une augmentation de ce genre, que cela puisse justifier que nous changions d'avis dans un proche avenir sur le problème des marémotrices.

## 3.

Cependant, certains d'entre vous ont vu l'année dernière, en France, le Premier Ministre de la Nouvelle Ecosse, une des provinces qui s'intéressent aux marémotrices et qui est située entre la baie de Fundy et l'Atlantique... Cet homme jeune, très brillant, était, il y a à peine un an, partisan de créer une Compagnie pour une usine marémotrice de la baie de Fundy, pensant à un projet de 4 000 MWe... projet qui aurait donné 17 milliards de kilowatts/heure pour un prix de 2 milliards de dollars.

Il proposait de lancer une première étude conduisant en première étape, après la première étude, à une Société d'économie mixte disposant d'une dizaine de millions de dollars.

Peut-être qu'E.D.F. a eu plus de renseignements que moi. Je ne sais pas si ce feu d'artifice, tiré à la Chambre de Commerce du Canada à Paris le 5 mai 1971, s'est prolongé dans les discussions... Si quelqu'un a eu connaissance de quelque chose, cela m'intéresserait.

En tout cas, ceci démontre que cette idée provoque toujours, chez les hommes politiques, un certain goût de s'en occuper.

## 4.

De ces études faites au Canada, je ne retiendrai que ce qui est très différent de ce qui a été fait pour la Rance; car ces études ont été très profondément influencées par toutes nos méthodes et par tous les travaux faits par E.D.F.

Je voudrais, au passage, vous raconter une anecdote. Quelque chose m'a frappé dans les études canadiennes : chaque fois qu'on veut faire de très grands ouvrages (ce serait le cas pour nous à Chaussey), il faut tenir compte dans les calculs des tempêtes et des vents.

Eh bien ! j'ai découvert, grâce à ce rapport, qu'il y avait des tempêtes qu'on appelle les tempêtes de « Saxby », du nom d'un lieutenant de vaisseau de la Marine royale, qui avait publié dans un journal anglais — et cette opinion a été reproduite dans le monde entier — l'avis qu'un mois

(\*) Voir pour les détails et les figures, notre article paru dans *La Revue Française de l'Energie*, 22<sup>e</sup> année, n° 233, août 1971, pp. 453-469 : « Les Usines Marémotrices et le Canada ».

plus tard, soit le 5 octobre 1869, la nouvelle lune étant sur l'équateur de la terre dans son périégée, il y aurait des tempêtes épouvantables, qu'il fallait au plus vite réparer les digues un peu partout, et qu'il demandait qu'on fasse circuler cet avertissement à travers le monde par la voie des journaux.

Chose curieuse, le 5 octobre 1869, il y a eu effectivement dans le monde entier des tempêtes considérables. C'est sur ces tempêtes, justement, qu'ont été bâtis tous les calculs des marémotrices du Canada, car ce sont les plus grandes tempêtes connues. On ne faisait probablement pas, en 1869, des mesures aussi perfectionnées que celles d'aujourd'hui, mais, en tout cas, on en a gardé trace et l'on sait ce qui s'est passé.

Il faudra essayer de rechercher ce qui s'est passé le 5 octobre 1869 dans la baie du Mont-Saint-Michel quand on reprendra les études.

Deuxième problème aussi que nous n'avons pas eu à étudier :

Le remous des usines, c'est-à-dire le fait — sur lequel l'attention a été attirée depuis très longtemps — qu'il ne suffit pas qu'on ait à un endroit donné, aujourd'hui, une certaine marée et un certain débit, pour pouvoir dire que l'énergie qu'on pourra tirer est le produit de ce débit par les hauteurs de chute correspondantes, multiplié par tous les coefficients qu'on voudra, énergie que j'ai appelé « naturelle ».

Il faut que cette énergie arrive de la Manche ou de l'Océan... Je propose toujours la comparaison avec le phénomène électrique : avec une prise de 220 V, vous ne pouvez tirer chez vous un million de kilowatts...

Les Canadiens ont eu beaucoup de peine à trouver la façon d'étudier le problème :

Au début, ils ont fait des études très simples en pensant uniquement au renflement dû à la partie convergente... « Coriolis » ne leur était pas très familier; pour nous, vous le savez, ç'a été un grand problème et je me rappelle une réunion, autour de ce problème, des treize savants et techniciens français les plus compétents que nous connaissions. Le hasard a fait que je présidais. Il s'agissait de savoir si l'effet Coriolis était important ou non sur la marée à Saint-Malo.

Il y a eu six voix « pour » et six voix « contre », et moi qui n'avais pas d'avis.

Ce n'est qu'après bien des calculs et la réalisation de modèles que nous avons maîtrisé la question et il n'y a plus de mystère pour les marées de la Manche, et, grâce à la plaque tournante de Grenoble, on a reproduit tout avec une précision qui ne laisse place à aucun doute.

Par contre, il est très curieux de lire le compte rendu des approches successives du Canada. Finalement d'ailleurs, trouvant que cela coûtait trop cher, il n'a pas construit de plaque tournante. Je regrette que les Canadiens n'aient pas eu l'idée d'utiliser celle de Grenoble, cela leur aurait permis de résoudre plus vite la question.

Pour des projets très raisonnables, correspondant à des utilisations du genre à peu près de celle qu'on fait sur la Rance, il y a une réduction de marnage importante puisque si l'on n'installe qu'une seule usine dans le bassin des Mines, la réduction de marnage est de 9 % dans des calculs; et si les trois sites étaient équipés, la réduction atteindrait jusqu'à 13 %... Nous sommes très loin du 1 % de la Rance admis par tous à titre indicatif.

En ce qui concerne l'énergie, le remous est encore plus important parce qu'il y a variation de phase.

Avec trois usines en exploitation simultanée, il y aurait 23 % de baisse d'énergie. Ces deux facteurs sont ici fondamentaux alors qu'ils ont été pour nous secondaires.

## 5.

Les études supplémentaires auxquelles ont procédé les Canadiens ont été fort intéressantes.

Par exemple, à un certain endroit, il y a fermeture de la baie par un cap : ils ont pensé à supprimer ce cap pensant améliorer les problèmes de pénétration de la marée dans le bassin des Mines. En fait, ils ont constaté avec regret que cela entraînerait, au contraire, une diminution de la marée.

Ceci démontre, une fois de plus, que la marée est un phénomène complexe que le bon sens ne suffit pas à dominer... (Je pense que M. Gougenheim ici présent ne me contredira pas.)

Donc la seconde question à examiner avec soin si l'on veut construire de grands ouvrages, c'est cette question de remous.

Un troisième problème est de bien comprendre le problème économique. C'est d'ailleurs, à mon avis, le seul point qui, dans ce rapport canadien, très bien fait, très complet par ailleurs, donne lieu à de graves critiques :

En ce qui concerne le bilan d'une usine marémotrice, on sait bien calculer les dépenses. Je ne veux pas dire qu'on sait les calculer justes; mais enfin on sait faire les calculs. Malheureusement on sait moins faire des calculs de recettes.

Or, de toute évidence, les Canadiens n'étaient pas arrivés au degré de maturité qu'on rencontre dans l'école française, et qu'on doit en particulier à son chef M. Pierre Massé et à ceux qui ont travaillé avec lui. Les Canadiens font un mélange, assez discutable, du prix de l'énergie de pointe, du prix d'une énergie qui n'est pas de pointe : ils utilisent à la fois ce qu'on appelle en économie politique, le prix des facteurs et le prix des quantités, alors qu'il faut faire un choix; car la répartition entre les énergies de pointe et les énergies totales annuelles par exemple changera la valeur de chacun de ces deux chiffres.

Ceci noté, ce n'est pas en recalculant d'une autre façon, peut-être bien conçue à l'avance, qu'on changerait beaucoup de conclusions; mais enfin, il est bon, quand on veut étudier un projet aussi complexe qu'une usine marémotrice, de commencer par bien réfléchir sur la façon dont on examinera son bilan, sans oublier la souplesse qu'elle représente en s'adaptant à un moment à une situation et par la suite à une autre. Ceci représente un avantage certain qu'il est assez difficile de préciser.

Au Canada, trois sociétés d'Engineering ont étudié chacune l'un des trois sous-bassins. Inutile de vous dire que, naturellement, le coût des groupes implantés joue lourdement sur l'économie des projets.

Pour l'usine de la Rance, on a utilisé des groupes bulbes : on les retrouve au Canada. De même, les vannes étaient celles de la Rance. Par contre, le génie civil était fait de façon assez différente.

Enfin, tout cela constitue un corps de doctrine actuellement inemployé, mais qui pourrait être utilisé si le besoin s'en faisait sentir.

## 6.

Comment se présenterait la situation en France si des circonstances favorables apparaissaient ?

S'il y avait une étude à faire, ce serait l'étude du Mont-

Saint-Michel qu'il faudrait reprendre. M. Caquot, depuis quelques années, s'y consacre toujours avec son autorité et sa jeunesse extraordinaire... Je l'ai revu il y a trois semaines : il a dépassé quatre vingt-dix ans et est toujours parfaitement capable de rédiger, sans aucune aide matérielle, un mémoire important... Je crois que son travail a été étudié par quelqu'un d'E.D.F. qui est ici présent.

Quel est le projet à l'heure actuelle auquel s'intéresse M. Caquot ?

Il a fait un premier projet il y a deux ans, et les conclusions de ce projet l'ont amené à poursuivre et à rendre encore plus ambitieuses ses premières idées :

Le projet 1972 consiste à remblayer une immense plateforme jusqu'à Chausey (15 000 hectares) en laissant de côté le port de Granville, puis à construire des digues qui passent très au large de Chausey... L'une aboutit, par exemple, à Rotheneuf...

Il y aura deux bassins, avec des vannes permettant à l'eau de passer du bassin supérieur au bassin inférieur.

Chaque bassin fait environ 1 000 km<sup>2</sup> (la Rance doit en faire une vingtaine au maximum). Le total de la production représenterait 32 milliards de kilowatts/heure.

Les études de M. Caquot se font, pratiquement, à production constante. Il a bien fait quelques modulations, mais c'est essentiellement en production constante puisqu'il ne s'agit pas, pour lui, de présenter un dossier complètement fini.

M. Caquot a pris en compte 10 % pour le fameux remous dont j'ai parlé. C'est probablement un chiffre assez optimiste; il faudrait naturellement procéder aux études correspondantes pour le corriger.

On parle toujours du projet du Mont-Saint-Michel, mais on a tort puisqu'en fait digues et vannes sont à 40 ou 50 km du Mont; donc, il ne se passerait rien en ce qui concerne le Mont lui-même.

Ces 32 milliards de kilowatts/heure se placeraient facilement à l'époque où la construction serait terminée, aussi M. Caquot estime que le Mont-Saint-Michel pourrait produire dès 1976, ce qui est évidemment très optimiste.

L'usine de fabrication serait sur le terre-plein, qui serait par ailleurs utilisé pour des centrales nucléaires faciles à refroidir (150 000 MWe par 1 000 km<sup>2</sup> de bassin). Ce terre-plein, fait avec peu d'argent, est donc extrêmement précieux.

Nous avons estimé, autrefois, qu'on pouvait installer des usines marémotrices jusqu'à environ 8 à 10 % de la puissance à laquelle elles étaient raccordées (à savoir le réseau français à ce moment-là), et profiter pleinement des possibilités qu'on a en matière de pompage, sous réserve que le réseau soit d'un bout à l'autre complètement constitué.

Quelle serait la puissance — je pose la question — à laquelle on pourrait estimer qu'en 1980 serait raccordée l'usine?... Vous parlez du réseau européen : c'est déjà 125 millions de kilowatts... Ce serait probablement 200 millions. On peut donc installer 10 ou 12 millions de kilowatts de marémotrices.

Peu d'entre vous, sans doute, savent que les Minquiers ont fait l'objet d'une dispute internationale importante entre la France et l'Angleterre. Il y a encore seulement quinze ans, c'était une terre non attribuée... un peu parce qu'il n'y avait pas d'habitants.

Quand nous y allions, il y avait deux mâts de drapeau; sur l'un les Anglais mettaient leur drapeau et, sur l'autre, le nôtre... et on descendait le drapeau au départ.

La Cour de La Haye a tranché, il y a une quinzaine d'années, en donnant à la France les droits de souveraineté sur les Ecrehou et à l'Angleterre sur les Minquiers, avec cette restriction que la Grande-Bretagne devait s'engager à permettre toutes les possibilités d'utilisation en matière de marémotrice.

## II

La seconde partie de mon exposé risque, *a priori*, de paraître un peu comique, puisque tout le monde s'accorde à dire qu'il n'y a pas de problème d'environnement sur la Rance. Pourquoi cependant ce sujet ?...

Depuis quelques années, nous constatons que les problèmes d'environnement commencent à jouer pour les usines hydrauliques, alors que pendant longtemps, nous avons pensé que c'était un problème spécial aux mineurs de charbon à 50 ou 60 % de cendres.

A la Conférence de Stockholm de mai 1972, à laquelle j'ai assisté comme observateur, les rapports ont mis en évidence les difficultés que peuvent éventuellement présenter les centrales hydrauliques.

Le premier est l'influence sur les épidémies (sic). En fait, il ne faut pas trop en rire, bien que je sois persuadé qu'il n'y a pas de danger, ni pour la Rance, ni pour la France; mais la situation est différente dans certains pays. A Assouan, en particulier, cette question donne lieu à des travaux importants.

Une des faiblesses de l'Egypte, c'est la bilharziose qui attaque un Egyptien sur trois et qui se transmet par l'eau. On craint beaucoup que le lac d'Assouan ne soit une cause de plus de sa diffusion. Ne retenez que l'ordre de grandeur du chiffre : environ 15 % des ouvriers qui ont travaillé à Assouan l'ont eu, maladie extrêmement débilitante.

En ce qui concerne la Rance, personne ne pense qu'il y ait de danger de ce genre. Au contraire, on a constaté qu'un certain nombre de coquillages prolifèrent avec plus d'entrain dans la Rance, je ne sais d'ailleurs pas pourquoi... Aussi, est-il dommage, qu'avant la création du barrage de la Rance, on ait déclaré d'autorité que les coquillages de la Rance étaient désormais insalubres... peut-être l'usine de la Rance les rend-elles salubres !

Donc, cette question de diffusion des épidémies ne se pose pas pour nous.

Un second problème, beaucoup plus intéressant sur le plan théorique, c'est le changement de climat dans la région.

Quand il y a une petite rivière, elle tient une petite place sur la terre; quand il y a un lac immense, cela transforme les prairies... le coefficient de réflexion du soleil devient très différent et vous pouvez craindre une modification de climat. C'est ainsi, qu'à propos de tous les projets présentés aux Etats-Unis, le N.E.P.A., organisme chargé d'étudier les problèmes d'environnement, se préoccupe de ces problèmes de réflexion solaire et de climat.

La seule chose que l'on sache bien des climats, c'est qu'ils sont probablement très instables et qu'il suffit de relativement peu de chose pour les changer. La Rance ne changera pas la surface du plan d'eau : donc pas de problème.

Un troisième problème est celui de l'influence sur les tremblements de terre.

Une école assez sérieuse estime, qu'à l'heure actuelle, les modifications de charge qu'apporte le fait de mettre 100 m de hauteur d'eau, là où il y en avait autrefois 1 m, peuvent

avoir une action néfaste dans certaines régions. Ce sont des questions sérieusement étudiées, mais on ne sait pas grand chose.

Sur la Rance, les modifications sont purement de phase et non d'amplitude, pas de problème donc.

Enfin, vous voyez qu'en reprenant les objections présentées au Congrès de Stockholm, il est assez difficile de trouver quelque chose en ce qui concerne la Rance.

Un quatrième problème est celui des transferts de population... Eh bien ! je ne crois pas que personne ait quitté les rivages de la Rance parce qu'on a installé l'Usine...

On a parlé d'un village qui se trouve dans le fond de la Rance, après en tout cas Port-Saint-Hubert. Il a été fondé, autrefois, par des Hollandais chassés de Hollande... Il était inondé systématiquement quelques heures par an lors de la grande marée... Je me souviens très bien d'un certain cul-de-jatte qu'on installait sur un grand tabouret pour qu'il puisse regarder la marée monter dans les rues inondées. L'eau montait de 20 ou 30 cm dans la rue... Actuellement, on perd un peu de ce pittoresque parce qu'E.D.F. a installé un certain nombre de petits barrages.

Mais enfin, là encore, l'influence sur les populations n'est pas très grande. D'ailleurs on n'en entend jamais parler.

Reste le problème des sites.

Eh bien ! on constate que la navigation de plaisance s'est développée de façon extraordinaire, ce qui est caractéristique d'un site agréable.

Je me souviens de la négociation que nous avons menée, à l'époque, avec le Ministère de la Marine, en raison de l'existence d'une loi qui interdisait, sans son accord, de barrer un estuaire. Je ne suis pas sûr que la satisfaction ait été très grande de l'accord que j'ai rapporté : beaucoup pensaient qu'on aurait peut-être pu s'accommoder d'une écluse plus petite.

Maintenant, les exploitants de l'usine de la Rance commencent à trouver que l'écluse n'est pas grande. Heureusement, la navigation de plaisance est venue après nous, car il y a des jours où les gens font la queue pour passer le barrage.

Une seconde preuve résulte du nombre de voitures qui passent sur le pont...

Avant l'intervention qu'a faite tout à l'heure M. Wyart, j'avais fait un petit calcul pour me faire une idée de ce que cela pouvait valoir... Au mois d'août, il passe bien 100 000

voitures sur le barrage de la Rance<sup>(b)</sup> : on évite ainsi un très long détour, et l'on peut comparer l'économie d'essence correspondante à ce que l'on pourrait faire, par exemple, sur l'autoroute du midi dans les 200 premiers kilomètres.

Pour une voiture moyenne, sur cette autoroute, je paie 9 F. Rien qu'au mois d'août, au barrage de la Rance on aurait pu demander 900 000 F !<sup>(b)</sup>. Admettons que l'on double pour l'année (car la circulation est loin d'être aussi dense pendant les autres mois), cela représente tout de même quelque 2 millions de francs nouveaux par an... que nous aurions pu avoir comme fonds de concours.

Quant au nombre de visiteurs de l'usine, je n'ose pas en parler... Les visiteurs se comptent par centaines de mille : le barrage de la Rance est aussi visité que les endroits les plus fréquentés de France.

Quels sont donc les éléments à propos desquels on pourrait parler encore d'un problème d'environnement ?...

L'Usine de la Rance peut *a priori*, représenter un danger pour le bateau qui, au lieu de passer par l'écluse, passe par les vannes. C'est arrivé malheureusement...

E.D.F. a installé, dès le début, un balisage qui explique parfaitement qu'il ne faut pas s'approcher à plus d'une certaine distance du barrage; et E.D.F. a accepté, récemment, de mettre une protection physique qui est en cours d'installation.

C'était le dernier problème qui restait. Après plus de six ans d'exploitation, on a donc épuisé toutes les réclamations.

En conclusion, un jour, le taux d'intérêt baissant, les problèmes de qualité de la vie prenant de plus en plus d'importance, la désulfuration du fuel ou des fumées coûtant davantage, nous aurons sans doute à reprendre l'idée d'usines marémotrices. Elle n'est pas encore venue malgré le désir que je pourrais en avoir; mais personne, ni vous, ni moi, ne peut affirmer que nous ne nous retrouverons pas bientôt, à la Société Hydrotechnique de France, pour examiner le problème tel qu'il se présentera sous un nouveau jour.

<sup>(b)</sup> Au cours de l'après-midi, M. le François a rectifié cette indication, en précisant qu'il s'agissait de 500 000 voitures en réalité et non pas de 100 000. Le chiffre de 2 millions de francs devrait donc être remplacé par 10 millions de nouveaux francs. Ce qui se passe de commentaires.

## Discussion

Président : M. P. WYART

M. le Président remercie M. GIBRAT pour son exposé plein d'intérêt et ouvre la discussion.

M. GIBRAT peut-il indiquer la situation actuelle des projets soviétiques, demande M. KAMMERLOCHER ?

Les soviétiques, répond M. GIBRAT, se sont beaucoup intéressés à la question. Ils ont traduit en russe à peu près tous les articles publiés sur les marémotrices. Un intérêt considérable s'est manifesté pour celles-ci et un ingénieur russe M. BERNSTEIN a écrit des ouvrages et s'est fait le champion des marémotrices.

Mais, à ma connaissance, tout ce qui a été réalisé, c'est la construction dans une petite baie de l'Arctique d'une petite usine avec

deux groupes de 250 kW. Je ne crois pas que les Russes aient actuellement dépassé ce stade. Mais je dois dire que depuis deux ou trois ans je n'ai pas recherché d'information sur ce point.

Par contre, les Russes se sont acharnés — ce qui est une retombée pour eux comme pour nous — sur les groupes bulbe; il y a déjà longtemps que l'usine de Kiev est équipée de ce type de machine.

D'une façon générale, il faut dire aussi que les circonstances ne sont pas très favorables à l'implantation de marémotrices en U.R.S.S. : les marées importantes se trouvent, en effet, sur l'Océan glacial... Par ailleurs, le pays étant extrêmement riche en ressources naturelles, les Russes n'ont pas de raison de se précipiter sur les « marémotrices » pas plus d'ailleurs qu'ils ne se précipitent sur le

« nucléaire ». Ils ont encore beaucoup d'autres ressources à étudier et à utiliser.

Tout ceci fait que je ne pense pas qu'ils aient changé leur politique au cours de ces dernières années. Ils gardent en réserve la possibilité de faire des usines marémotrices : ils ont beaucoup d'ingénieurs capables de suivre ce qui se fait dans ce domaine mais je ne pense pas qu'actuellement, ils aillent plus loin.

M. HYACINTHE (C.N.E.X.O.) s'intéresse aux conséquences de l'aménagement de l'usine de la Rance sur l'écologie de l'estuaire.

M. GIBRAT, qui n'a parlé de la prolifération des coquillages qu'à titre anecdotique, ne pense pas que l'exploitation de l'usine modifie cette écologie, car dit-il, une usine marémotrice ne provoque pas, comme un barrage, une modification du régime. Le régime des amplitudes des marées reste pratiquement le même; en tout cas, d'après la concession, nous n'avons pas le droit de monter au-dessus du niveau qui correspond au niveau des plus hautes marées connues avant la construction de l'usine; donc, nous avons les mêmes amplitudes.

En outre, nous avons les mêmes courants, à peu de chose près. La seule différence (il faut bien qu'il y en ait une, sinon on ne comprendrait pas), c'est qu'avant l'existence du barrage, les courants et les amplitudes étaient déphasés dans le temps de 90° : c'est au moment où la mer était la plus haute qu'il n'y avait plus de courant, et c'est à mi-marée que le courant était maximum; alors qu'actuellement, cette corrélation est presque inversée : c'est la rançon de l'énergie produite.

Mais c'est un changement sur lequel nous n'avons eu encore aucune preuve (bien que nous ayons un laboratoire au voisinage) qu'il modifie l'écologie.

En tout cas, pour les estuaires, rien ne nous fait penser qu'il y ait une modification écologique. C'est d'ailleurs la conclusion à laquelle est arrivé le Canada, pays où les pêcheries sont extrêmement importantes sur le plan politique.

Peut-on envisager, demande M. HYACINTHE, l'installation de petites usines marémotrices dans des régions isolées et déshéritées en vue d'alimenter, par une source autonome d'énergie, des petites industries locales (aquaculture, par exemple).

Il ne faut pas oublier, répond M. GIBRAT, qu'une usine marémotrice ne peut alimenter d'une façon continue un réseau que si elle est associée à une autre usine susceptible de la remplacer lors des périodes improductives que comporte son cycle de fonctionnement. Il est difficile d'imaginer une usine marémotrice seule, sauf à avoir plusieurs bassins. Enfin on peut le faire, mais cela conduira inévitablement à de grosses dépenses. Dans le cas considéré, il vaudrait mieux faire une centrale nucléaire, ce qui correspond à un très faible transport de matériel; à la limite, on pourrait même refaire ce qui a été fait jusqu'à présent, c'est-à-dire, une centrale à fuel.

Personne ne demandant plus la parole, M. le Président clôt la discussion et aussi la séance par l'allocution suivante :

En votre nom, je remercie les auteurs des rapports, ceux qui ont bien voulu animer cette réunion en posant des questions fort intéressantes, et aussi les personnes qui, à l'improvvisu, ont donné des réponses satisfaisantes.

Je crois qu'on ne peut qu'admirer qu'une entreprise aussi compliquée que l'aménagement de la Rance donne de bons résultats. Comme le disait M. BANAL tout à l'heure, au début les gens ont pensé que cela ne marcherait pas et depuis, comme on n'en parlait pas, d'autres ont pensé que cela ne marchait plus. En fait, cela marche fort bien. L'usine fonctionne au voisinage de son rendement maximum, ce qui montre la qualité de ceux qui l'ont étudié sur le plan théorique sous l'égide de M. GIBRAT.

Je me souviens de conférences que nous faisait M. GIBRAT, il y a plus de trente ans, je crois, sur ce sujet de la Rance. Eh bien ! penser que toute cette équipe de savants mathématiciens et de chercheurs a finalement mis sur pied des applications pratiques aussi précises et aussi bien conçues, est quelque chose d'admirable.

Je crois qu'on peut aussi admirer les constructeurs de matériel qui ont résolu des problèmes entièrement nouveaux, dans un milieu nouveau. Les hydrauliciens enfin ont montré qu'ils pouvaient travailler à la mer avec des débits extraordinaires.

Tout cela finalement, dans la réalité de tous les jours, joue son rôle dans le réseau d'Electricité de France comme une centrale ordinaire. Or, c'est la seule centrale de ce type dans le monde : je crois que ceci fait honneur à notre industrie comme à nos savants; nous pouvons admirer leur œuvre.



