



**HAL**  
open science

# Une première mondiale énergétique française : l'usine marémotrice de la Rance

Paul Naegel

► **To cite this version:**

Paul Naegel. Une première mondiale énergétique française : l'usine marémotrice de la Rance. 2012. halshs-00746910

**HAL Id: halshs-00746910**

**<https://shs.hal.science/halshs-00746910>**

Preprint submitted on 30 Oct 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Une première mondiale énergétique française : l'usine marémotrice de la Rance

par Paul Naegel<sup>1</sup>

*Au milieu des années 1950, Électricité de France, opérateur largement dominant dans la production et la distribution d'énergie sous forme électrique, du fait de l'avenir encore incertain du nucléaire civil, a opté, avec la construction de l'usine marémotrice sur l'estuaire de la Rance, pour une énergie renouvelable d'un type encore inusité à l'échelle industrielle. Cette centrale hydroélectrique, en de nombreux points particulièrement innovante, inaugurée en 1967, sera pourtant la seule de ce type réalisée en France. Elle est toujours en service.*

*A un moment où la question des énergies renouvelables est pour le moins à l'ordre du jour, même si les réalisations restent modestes en termes industriels en France, il nous a semblé intéressant de mobiliser l'histoire d'une réalisation qui a, depuis des lustres, produit ce que nous considérons comme une bifurcation énergétique, dont l'avenir reste largement à construire.*

## **L'usine marémotrice de la Rance**

Un grand nombre d'articles a déjà été publiés à propos de l'usine marémotrice de la Rance. A elle seule, la revue « La Houille Blanche<sup>2</sup> » en a édité 21 entre 1962 et 1997. Plus généralement, on trouve au moins 39 publications dont le titre comporte le mot « Rance » entre 1956 et 1997. La plupart portent sur des aspects techniques, ou des résultats d'exploitation de cette usine. Un numéro spécial de la « Revue française de l'énergie » a par ailleurs été consacré à l'usine marémotrice de la Rance<sup>3</sup>.

Notre approche est d'une autre nature : elle se veut historique. Nous montrerons que l'usine marémotrice de la Rance a failli ne pas exister, une bifurcation s'étant ouverte en 1959 dans la décision de sa construction. Nous ferons ensuite un bref rappel des caractéristiques de l'usine marémotrice, et des innovations qui ont été faites pour cette première mondiale dans l'utilisation industrielle de l'énergie de la mer.

## **Historique de l'usine marémotrice de la Rance**

Utiliser l'énergie des marées n'était pas en elle-même une idée nouvelle, notamment en Bretagne, où il subsiste des moulins à marée. Par ailleurs, les traversées d'estuaires ont connu des solutions diverses, telles que par exemple les ponts à transbordeurs<sup>4</sup>, ou encore à Saint-Malo une sorte de *pont roulant* qui permettait de relier les rives de cette ville à celles de Saint-Servan, au grand dam des bateliers qui assuraient ce service<sup>5</sup>.

---

<sup>1</sup> Docteur en histoire des techniques, chercheur associé du Centre François Viète, Université de Nantes

<sup>2</sup> La Houille Blanche, revue internationale de l'eau - Une publication de la Société Hydrotechnique de France – URL : <http://www.shf-lhb.org/>

<sup>3</sup> Revue française de l'énergie, 17<sup>ème</sup> année, nr.183, septembre-octobre 1966

<sup>4</sup> Il n'a jamais été envisagé de construire ce type d'ouvrage pour traverser la Rance. Par contre un projet de tunnel a été imaginé, mais abandonné dès 1939

<sup>5</sup> Voir à ce sujet : LEROUX René, *La Chambre de commerce et d'Industrie de Saint-Malo (1803-1993)*, p.100

Une société d'études sur l'utilisation des marées (SEUM) fut créée 8 octobre 1941. D'un point de vue juridique, la construction d'une usine hydroélectrique que la Rance était soumise à la loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique, ainsi qu'au décret du 29 décembre 1926 fixant notamment la forme et la procédure d'instruction des demandes de concession de forces hydrauliques, modifié par le décret n°50.640 du 7 juin 1950. Il convient de rappeler également la loi du 8 avril 1946 sur la nationalisation du gaz et de l'électricité. C'est dans ce cadre que fut formulée, par Electricité de France (EDF), entreprise nationale, le 26 mars 1952, une demande pour la concession et la déclaration d'utilité publique (DUP) de l'aménagement de l'estuaire de la Rance. Puis un modèle réduit (au 1/150<sup>ème</sup>) de l'estuaire de la Rance fut construit par les soins du Laboratoire national d'hydraulique de Chatou<sup>6</sup>, et il permit de nombreux essais pour le compte de la SEUM.

Tout cela suscita immédiatement des oppositions polémiques. Nous citerons par exemple un article paru le 22 mai 1952 dans L'Echo malouin<sup>7</sup>, sous la signature de Jean C. Frehel, qui s'élevait contre le projet d'usine marémotrice, en prenant le parti de l'énergie nucléaire, laquelle était encore dans les limbes à l'époque. On trouve également, paru dans « Le Figaro » du 16 octobre 1952, un article de la Société d'Histoire et d'Archéologie de Saint Malo qui s'élève contre le projet, affirmant entre autres que ces constructions lèseraient fortement les intérêts touristiques.

La mise à l'enquête publique fut néanmoins autorisée par le ministre de l'industrie le 5 février 1953<sup>8</sup>. Elle le fut même une seconde fois le 5 mai 1953, et curieusement, dans les deux cas, avant même la demande de concession par EDF (faite le 26 mars 1952, voir supra). A nouveau, on peut être surpris de trouver une nouvelle demande de concession en date du 7 mai 1953<sup>9</sup>. Un avant projet était sans doute joint à cette demande, le rapport de l'ingénieur en chef (sans doute des Ponts et Chaussées) sur ce projet d'EDF étant du 26 mai 1953<sup>10</sup>. Lorsque des intérêts importants sont en jeu, il semble que les différents corps des ingénieurs sont à même de faire avancer les affaires très rapidement.

La nomination des membres de la commission d'enquête publique n'a pas tardé non plus : elle est intervenue à Rennes le 16 juillet 1953<sup>11</sup>, et comprenait plus de 4 à membres. Nous ferons grâce au lecteur de leur liste détaillée.

Puis, selon une note manuscrite donnant un certain nombre de dates avec les événements correspondants<sup>12</sup>, il semble que le projet ait été approuvé le 28 août 1953. Selon la même note, la construction de la route d'accès au chantier de la future usine aurait commencé le 9 juillet 1954. Le correspondant local du journal « Ouest France » publia le 16 octobre 1954 une photo des travaux préliminaires<sup>13</sup>, avec commentaire suivant :

*Le bois de Coudraye, ainsi que la grève sont livrés à une entreprise qui prépare (de loin) les travaux du barrage de la Rance. Dans le bois circulent des wagonnets*

---

<sup>6</sup> AM-Saint-Malo, 45 S 1 – Etudes sur modèle réduit de l'usine marémotrice de la Rance

<sup>7</sup> CCI Saint-Malo – Cote 7 R 6

<sup>8</sup> Ibid.

<sup>9</sup> Ibid.

<sup>10</sup> Ibid.

<sup>11</sup> Ibid.

<sup>12</sup> AM Saint-Malo - 59 W 493

<sup>13</sup> Ibid.

transportant des matériaux. On effectue également le recule du mur de la propriété de la Briandais, ce qui change l'aspect de cette grève qui est appelée à subir d'autres modifications.



Source : AM Saint-Malo - 59 W 493

Une résolution demandant des crédits pour 1955 est datée du 1<sup>er</sup> décembre 1954. Dans le « Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches - Série A - N°2 – 1967<sup>14</sup> » on trouve la mention, en 1955, d'un « Rapport à la Commission des investissements ». Concernant le modèle réduit dont il a été question plus haut, une première notice<sup>15</sup> du 21 janvier 1955 contient une « Note sur le choix des courbes marées type pour l'étalonnage du modèle ». Il y aura en tout 48 comptes rendus relatifs aux essais effectués sur le modèle réduit entre le 21 janvier 1955 et le 1<sup>er</sup> octobre 1963.

Etant donné que le mode de turbinage a été modifié par rapport au projet initial, un courrier de la Chambre de Commerce et d'Industrie (CCI) de Saint-Malo fait remarquer que puisqu'il y aura *substitution d'une usine à turbinage en double effet à l'usine à simple effet primitivement prévue, il y a nécessité d'une nouvelle enquête publique réglementaire*<sup>16</sup>.

Il était évidemment prévu une écluse à une extrémité du barrage, pour maintenir la possibilité de la navigation entre la Rance et la mer. On apprend le 18 mars 1958 que<sup>17</sup> :

*"Le projet actuel (1960) prévoit une écluse de dimensions moins grandes que celles du projet 1959, mais conforme aux caractéristiques retenues le 18 mars 1958 par la Direction des Ports et Voies Navigables, après avis du Conseil Général des Ponts-et-Chaussées."*

Le 27 mars 1956, la Loi portant approbation du 2<sup>ème</sup> plan de modernisation et d'équipement était prête<sup>18</sup>. Tout semblait donc se présenter sous les meilleurs

<sup>14</sup> AM Saint-Malo 45 S 1

<sup>15</sup> AM Saint-Malo 45 S 2

<sup>16</sup> CCI Saint-Malo – 7 R 6 – 16/4/1955

<sup>17</sup> AM Saint-Malo - 59 W 493 - Historique du 16/2/1960

<sup>18</sup> AM Saint-Malo 45 S 1 - page 11

auspices pour la réalisation de l'usine marémotrice. Mais le 16 juillet 1956, le conseil municipal de Saint-Servan<sup>19</sup> vote une délibération dont on retient que<sup>20</sup> :

*Le Conseil municipal exprime son étonnement et son inquiétude de ce que le projet de loi autorisant la construction du Barrage de la Rance ne soit pas encore déposé à l'Assemblée Nationale, alors que les vacances parlementaires vont commencer dans quelques jours.*

*Il redoute vivement un ajournement des travaux qui devraient normalement commencer en automne 1956, alors que la ville de Saint Servan a engagé à ses frais, et terminés à la date convenue avec l'E.D.F., de coûteux frais de voirie destinés à permettre la desserte du chantier. [.]*

Le même conseil municipal émet le 18 juillet 1956 un vœu demandant vote de la Loi. C'est tout ce que ce conseil municipal pouvait faire, celui de Saint-Malo ne semblant pas s'être manifesté à cet égard. La Loi demandée fut votée le 2 août 1956. Un peu plus tard, le 8 mars 1957 intervint le décret *autorisant, déclarant d'utilité publique et concédant à EDF - Service National - l'aménagement et l'exploitation d'une usine marémotrice dans l'estuaire de la Rance*<sup>21</sup>. Sont intervenues ensuite les opérations de délimitation des rivages de la mer<sup>22</sup>, le 17 mars 1957 ; elles feront l'objet ultérieurement d'un décret le 10 janvier 1962.

Les choses ont commencé à se gêner au début de 1959, et on peut citer ici une lettre que le président de la CCI de Saint-Malo, Marcel Delplace, adressa le 9 avril 1959 au ministre du commerce et de l'industrie, Jean-Marcel Jeanneney<sup>23</sup>. On relève dans ce document que le président de la CCI s'inquiète d'un *ajournement des travaux* [du barrage de la Rance] *parce que non inscrits dans la loi programme de 1960 [...]*. Et il fait remarquer au ministre que *la construction du barrage de la Rance apparaît comme un impératif*. Ce qui semble avant tout préoccuper Marcel Delplace est la construction du barrage, plus que de l'usine marémotrice. Il se trouve en effet que cette usine, par suite des modifications apportées au projet initial (voir plus loin), devait servir de pont pour relier Saint-Malo à Dinard. Or c'est en argumentant sur le coût trop élevé du kWh que devait produire l'usine marémotrice que la ministre explique dans sa réponse au président de la CCI, le 8 juillet 1959, pourquoi le projet « Rance » ne peut pas être inscrit dans la loi programme de 1960<sup>24</sup>. Cette réponse conduira à une intense mobilisation de la CCI et autres personnalités, dans le détail de laquelle il serait trop long d'entrer.

Toujours est-il qu'un compromis fut trouvé rapidement. Le ministre suggéra en effet, le 22 juillet 1959 dans une déclaration au Sénat que, *si, dans ce cas* (c'est-à-dire si on faisait en sorte que le barrage serve de pont routier), *l'on calculait l'avantage, pour la collectivité, de la route empruntant la crête du barrage, en la comparant à un ouvrage indépendant de mêmes caractéristiques pour la traversée de la Rance, il y aurait lieu de porter au crédit de l'usine marémotrice de la Rance une somme de 10 millions de nouveaux francs (NF)*<sup>25</sup>. Cette économie est à rapprocher du montant du

---

<sup>19</sup> Cette commune, autrefois indépendante, fait maintenant partie de Saint-Malo.

<sup>20</sup> AM Saint-Malo - 59 W 493

<sup>21</sup> AM Saint-Malo - 59 W 495 - PV de recolement du 13/11/1968

<sup>22</sup> Ibid.

<sup>23</sup> CCI Saint-Malo – Cote 7 R 6

<sup>24</sup> Ibid.

<sup>25</sup> AM Saint-Malo - 59 W 493 - Note sur le projet de 1960 – p.2

devis de s'ensemble de l'ouvrage, soit 395 millions de NF<sup>26</sup>, auxquels il fallait ajouter un supplément de 2,1 millions pour pouvoir utiliser le barrage comme pont routier. Le bilan s'établissait donc à :  $395 + 2,1 - 10 = 387,1$  millions de NF. Soit environ 2% de moins que prévu, ce qui ne constituait à l'évidence pas, compte tenu des approximations habituelles, un facteur de décision rationnel.

Aussi faut-il rappeler, comme l'indique un rapport<sup>27</sup> du 16 février 1960 de présentation du nouveau projet (voir plus loin) que *le projet établi en 1958 par EDF avait été conçu avec l'idée d'obtenir du site de la Rance le maximum raisonnable d'énergie, le prix de revient de celle-ci n'étant pas un critère essentiel*. Mais, poursuit le même rapport, et c'est là que se trouve le véritable choix face à une *bifurcation possible* :

*Les découvertes récentes de pétrole et de gaz au Sahara ont conduit à revoir le projet dans une nouvelle optique, en considérant que, s'il était d'un grand intérêt de disposer sur le territoire métropolitain d'une importante source d'énergie, le prix de revient de celle-ci devait être compétitif avec celui des aménagements en cours, et qu'en conséquence, il valait mieux, comme le disait au Sénat, le 5 décembre 1959, Monsieur le Ministre de l'Industrie, « produire quelques kilowatt-heures de moins à condition que les autres soient moins coûteux ».*

Ecrit par un ingénieur d'EDF, mais sortie de son contexte, et visant à justifier les modifications intervenues dans le projet initial de cet organisme, le paragraphe que nous venons de citer est pour le moins sibyllin. Il reste qu'après des objections très précoces au projet, au motif d'une énergie nucléaire qui devait le rendre inutile (voir plus haut), s'ajoutait en 1960 la perspective d'une énergie à bon marché issue du Sahara, alors que ce qu'on appellera plus tard la guerre d'Algérie avait commencé en 1954. On sait quelle en fut l'issue.

Les travaux préparatoires pour la réalisation de l'usine marémotrice de la Rance commencèrent le 6 janvier 1961<sup>28</sup>. Un décret du 13 avril 1961 approuvera un premier avenant au cahier des charges annexé à la convention de concession de l'usine marémotrice de la Rance. Le 19 novembre 1962 l'écluse fut mise en service.

---

<sup>26</sup> Cette somme ne dépassait que de 1 millions le coût d'une usine hydroélectrique classique

<sup>27</sup> AM Saint-Malo - 59 W 493 - Note sur le projet de 1960 – p.1

<sup>28</sup> AM Saint-Malo 45 S 1 - page 19



Les portes de l'écluse coté mer – Source : Photo P. Naegel, 2012

Ce n'est pourtant que le 25 septembre 1963 que le projet présenté par EDF en juin 1961 fut approuvé par décision ministérielle<sup>29</sup>.

Finalement, l'usine marémotrice de la Rance délivra son premier kilowatt le 19 août 1966 à 13 h 31<sup>30</sup>, et trois mois plus tard, le Général de Gaulle procédait à son inauguration, le 26 novembre 1966.

Que tirer comme conclusion partielle de l'historique que nous venons de brosser à grands traits ? Sans doute quelques constats :

- dans les années 1950-1960, les ingénieurs, et notamment ceux d'EDF, avaient un réel pouvoir d'influence et pouvaient faire avancer leurs projets d'équipements avec une assez grande autonomie par rapport aux décideurs politiques ;
- au cours des mêmes années, l'effort de reconstruction de la France après la Seconde Guerre mondiale était vécu comme un devoir incontesté ; produire de l'électricité avec un taux de croissance de 8 % par an était pratiquement la règle, et toutes les sources d'énergie primaire étaient les bienvenues ; la problématique actuelle de leur caractère renouvelable ou non était à l'époque accessoire, voire ignorée ;
- un grand projet, même s'il doit être amendé en cours de route, finit généralement par se réaliser, quels que soient les obstacles de toute nature visant à l'arrêter.

### ***Innovations pour l'usine marémotrice de la Rance***

Il existe une littérature abondante qui concerne l'usine marémotrice de la Rance et ses caractéristiques techniques. Notre propos n'est pas de la commenter, mais

---

<sup>29</sup> AM Saint-Malo - 59 W 495 - PV de recolement du 13/11/1968

<sup>30</sup> LEROUX René, *La Chambre de commerce et d'Industrie de Saint-Malo (1803-1993)*, p.94

seulement, après avoir rappelé quelques éléments de contexte, de mettre en évidence quelques caractères innovants de cette centrale.

Au début des années 1950, plusieurs centrales hydrauliques à relativement faible chute d'eau ont été mises en service en France. Ainsi, l'ouvrage de Donzère-Mondragon, sur le Rhône, comporte six turbines verticales Kaplan de 59 MW chacune, et a été inauguré en 1952. Construit un peu plus tard, dans la continuité de l'usine de Kembs<sup>31</sup>, réalisée avant la Seconde Guerre mondiale sur une dérivation du Rhin, l'ouvrage hydroélectrique d'Ottmarsheim fut mis en service en 1953. Il comportait quatre turbines verticales Kaplan fournissant ensemble 160 MW. Il s'agit dans les deux cas d'ouvrages qui utilisent un débit important de l'eau, plus que sa hauteur de chute. La puissance théorique qu'il est possible d'extraire d'une chute d'eau est en effet égale au produit de sa hauteur par son débit. En réalité, cette puissance maximale n'est jamais atteinte pour différentes raisons, dont les plus évidentes sont les rendements propres des turbines et des alternateurs. De plus, le débit des grands fleuves, comme le Rhône et le Rhin, est variable en cours d'année, dans un rapport qui peut aller de 1 à 4. Par contre, la hauteur de turbinage peut être maintenue pratiquement constante, du fait de la construction d'un canal de dérivation latéral au fleuve. C'est le cas du *Grand Canal d'Alsace* pour le Rhin, lequel présente naturellement une dénivellation d'environ 1 m/km. On a donc optimisé l'implantation des ouvrages sur la Grand Canal d'Alsace en les espaçant d'environ 14 km, ce qui produit donc un hauteur de chute de 14 mètres, et donne un rendement satisfaisant pour les turbines verticales de type Kaplan.

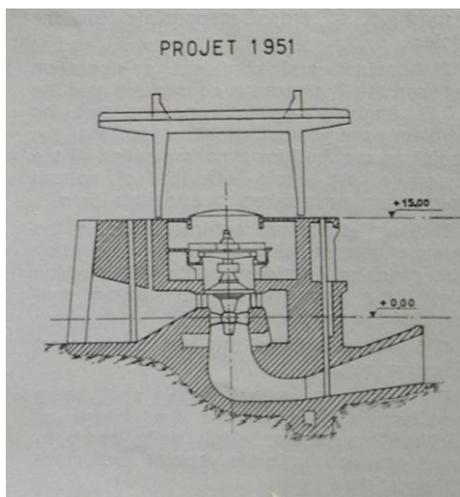
Il était donc logique que les premières études relatives à la future usine marémotrice de la Rance, où le marnage peut atteindre près de 14 mètres, soient faites en prévoyant l'utilisation de turbines Kaplan verticales, compte tenu du débit important du bassin de retenue prévu, et de l'expérience acquise en vraie grandeur sur les ouvrages que nous venons de mentionner. C'est ce que rappelle un article sur les études des groupes de la Rance, dans le document déjà cité<sup>32</sup>. On voit, sur le dessin qui suit, que le tout premier projet, en 1951 pour la Rance, comportait des turbines Kaplan verticales<sup>33</sup>.

---

<sup>31</sup> Cette centrale hydroélectrique servait principalement à fournir l'énergie électrique aux turbines / pompes de l'usine du Lac Noir, dont les eaux étaient refoulées en période creuse vers le Lac Blanc, situé 120 mètres plus haut dans le massif des Vosges. Ainsi avait été construite entre 1928 et 1933 la première station de transfert d'énergie, équipée de quatre alternateurs totalisant 80 MW. L'alternateur, la turbine et la pompe étaient placés sur le même axe, et des conduites, munies de vannes, permettaient de passer de la fonction turbine à celle de pompe.

<sup>32</sup> Revue française de l'énergie, op. cit. Georges Glasser et Francis Auroy, pp. 722-767

<sup>33</sup> Ibid., p.722



Source : Revue française de l'énergie – op.cit., p.722

Cette première idée avait un double inconvénient : elle ne permettait pas, sauf grandes complications dans la conception du barrage, d'utiliser l'énergie de la marée montante ; elle empêchait toute circulation banalisée sur le barrage pour rejoindre les deux rives de la Rance, entre Saint-Malo et Dinard. De plus, étant donné le diamètre des alternateurs, la distance entre groupes était assez importante et limitait de ce fait leur nombre, et partant la puissance totale que l'ouvrage pouvait fournir.

Mais les marées n'ont pas toutes la même amplitude, et lorsqu'elles sont de faible amplitude, celle-ci, sans être nulle, n'atteint pas, et de loin, 14 mètres de variation entre la basse et la haute mer près de l'estuaire de la Rance. Il fallait donc avant tout élaborer une *théorie des marées* pour anticiper les différents modes de fonctionnement possibles de la future usine marémotrice. C'est ce que fit Robert Gibrat (1904-1980), ingénieur conseil d'EDF pour les usines marémotrices<sup>34</sup>. Sans entrer dans les détails développés sous le titre : *Les aspects scientifiques de l'utilisation de l'énergie des marées*, il ressort de cet article qu'après un rappel historique des connaissances acquises depuis Newton sur les marées, ont été étudiés divers modes d'exploitation de l'usine projetée. Contrairement à une idée trop simple, les marées quotidiennes ne résultent pas de la seule attraction lunaire, renforcée lors des grandes marées par celle du soleil, mais sont un phénomène de résonance plus ou moins local. Sans cette résonance, l'attraction quasi quotidienne, deux fois répétée de la lune, ne produirait qu'une élévation infime du niveau de la mer<sup>35</sup>. Et les configurations géographiques jouent également un rôle déterminant dans l'amplitude des marées. Ainsi, elles sont de moins d'un mètre en moyenne en Méditerranée. Par contre, avec deux marées par jour, les plus hautes atteignent 13 mètres de variation dans la baie du Mont Saint-Michel.

Lorsqu'existe la possibilité de constituer un bassin pouvant contenir une quantité importante d'eau, comme c'est le cas pour l'estuaire naturel de la Rance<sup>36</sup>, il est évidemment souhaitable de *turbiner* non seulement à marée descendante, mais également à marée montante. Mais comme déjà dit, toutes les marées n'ont pas la même amplitude, et il faut donc optimiser la quantité d'énergie qu'il est possible de

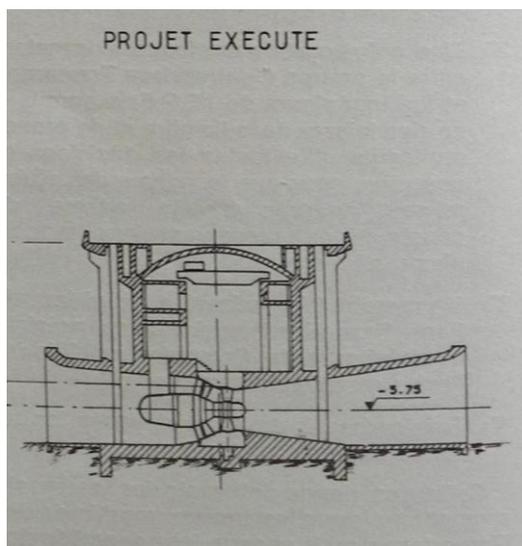
<sup>34</sup> Revue française de l'énergie, op. cit., Robert Gibrat, pp.660-684

<sup>35</sup> Il existe des rivages dans le monde qui ne connaissent qu'une seule marée par 24 heures.

<sup>36</sup> Dans le cas de l'ensemble Lac Noir – Lac Blanc évoqué plus haut, c'est le second qui tient lieu de bassin de retenue de l'eau qui y est élevée depuis le Lac Noir.

recupérer dans chaque sens d'écoulement. Cependant on peut faire encore mieux, comme le montre Robert Gibrat<sup>37</sup>. Ici encore, sans entrer dans les détails de la démonstration, il ressort qu'en combinant des phases de turbinage et de pompage dans un sens et dans l'autre, il est possible de maximiser l'énergie théorique que peut délivrer une centrale marémotrice. Il s'agit, en d'autres termes, de remplir par pompage le bassin au-delà de la hauteur naturelle de la marée, puis de le vider jusqu'à une coté inférieure à celle de la mer à marée basse<sup>38</sup>.

Mais cela suppose que l'on puisse utiliser des turbines pouvant également fonctionner en pompe (mues alors par l'alternateur fonctionnant comme moteur), et cela sans qu'il soit nécessaire de réaliser des circuits compliqués pour l'eau. C'est alors qu'est s'est imposée l'idée du *groupe bulbe axial et réversible*, représenté par la figure ci-après.



Source : Revue française de l'énergie – op.cit., p.722

Le groupes bulbes comportent, comme le montre la figure, une turbine Kaplan horizontale (extérieure au bulbe proprement dit) qui, à travers un dispositif d'étanchéité, est couplée mécaniquement à un alternateur situé à l'intérieur du bulbe. Turbine et alternateur tournent ensemble sur un même axe pour tous les régimes d'exploitation, à la même vitesse, sans qu'il y ait interposition de mécanisme de modification des vitesses respectives de la turbine et de l'alternateur. Il s'agit de vitesses lentes, inférieures à 100 tours/minute. Dans ces conditions, il est impossible de compter sur un ventilateur lié à l'axe de l'alternateur pour assurer son refroidissement. Car le courant intense qui circule dans l'alternateur produit un échauffement par effet joule, dont la valeur varie comme le carré de l'intensité<sup>39</sup>. Celle-ci est d'autant plus importante que la différence de potentiel délivrée par l'alternateur doit être maintenue à des niveaux relativement faibles, pour des raisons

<sup>37</sup> Revue française de l'énergie, op. cit., Robert Gibrat

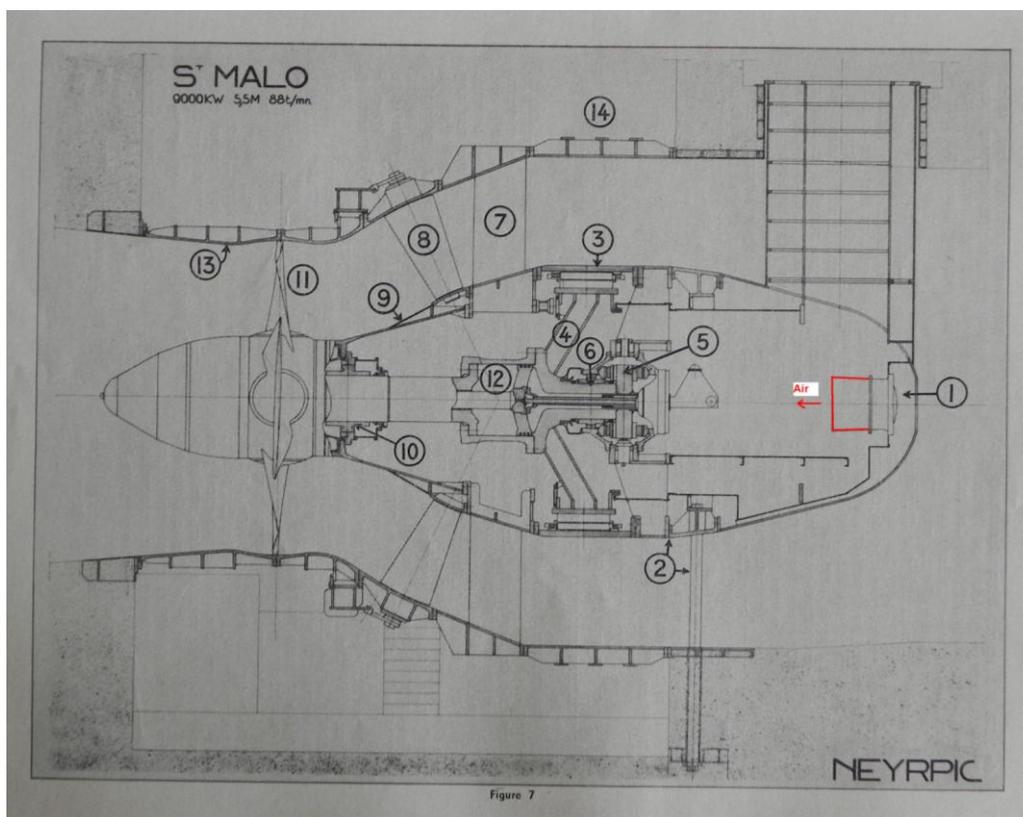
<sup>38</sup> Ibid., pp.671 et ss ; nous laissons ici de coté le problème que pose l'existence de 27 marées en 14 jours, traité par Robert Gibrat dans sa contribution

<sup>39</sup> Le problème à résoudre est similaire à celui des moteurs de traction des locomotives électriques, dont les circuits électrique sont traversés par l'intensité la plus forte au moment du démarrage du train, lorsque la vitesse du moteur est la plus faible.

liées à la nature des isolants pouvant être utilisés pour les circuits électriques de l'alternateur (essentiellement ceux du stator).

### **Essais sur un groupe prototype à Saint-Malo**

Il fallait donc imaginer un dispositif de refroidissement des alternateurs des bulbes qui ne soit pas dépendant de leur alternateur. La solution a consisté à placer dans chaque bulbe un ventilateur, mu par un moteur électrique classique, tournant à 1.500 t/min. De type axial<sup>40</sup>, à moyenne pression, il aspire l'air qui s'est refroidi au contact des parois du bulbe dont la face externe est baignée par le courant d'eau. Cet air est ensuite soufflé vers le stator et le rotor de l'alternateur, puis, échauffé, revient vers le ventilateur après s'être refroidi comme il vient d'être dit. La présence du ventilateur est clairement visible sur le dessin en coupe d'un groupe bulbe.



Source : Revue française de l'énergie – op.cit., p.739

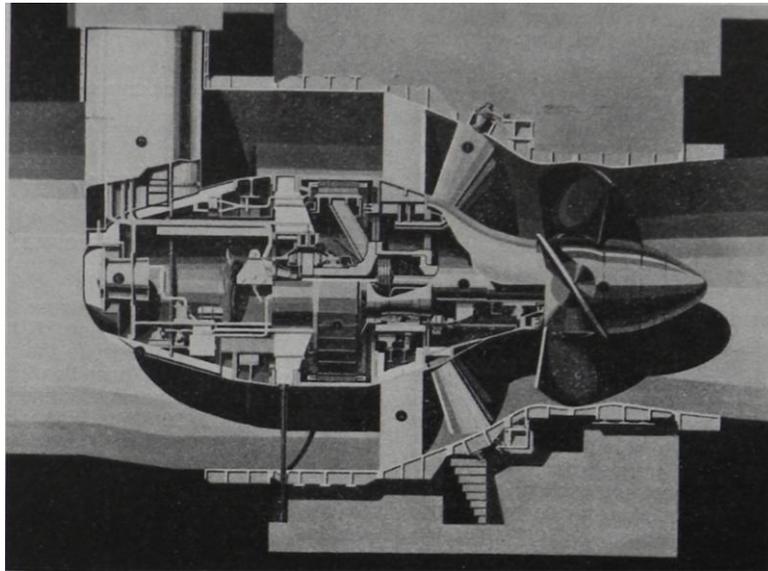
Cette figure représente le groupe bulbe expérimental installé dans une ancienne forme de radoub, transformée en écluse, dans le port de Saint-Malo. Le ventilateur est signalé par le repère «1 ». On voit également les autres organes du groupe bulbe, dont l'alternateur et la turbine. Un puits d'accès permet de descendre dans le bulbe<sup>41</sup>. Ainsi, contrairement à une légende initiée par Gilbert Simondon en 1958<sup>42</sup>,

<sup>40</sup> Par opposition à centrifuge

<sup>41</sup> C'est ce puits, qui existe également dans les 24 groupes installés sous la digue de l'usine marémotrice de la Rance, que l'auteur de ces lignes a emprunté pendant deux jours, en 1961, pour aller mesurer les performances du ventilateur fourni par la Société Lyonnaise de Ventilation Industrielle (SOLYVENT).

<sup>42</sup> SIMONDON G., *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 2001, 336p.

et reprise régulièrement telle quelle, encore récemment dans un article, plus de cinquante ans plus tard<sup>43</sup>, les alternateurs de l'usine marémotrice de la Rance ne baignent pas dans l'huile. La figure suivante montre, en coupe, la maquette des groupes bulbes de la Rance, photographiée en 1959, construite et photographiée par Neyrpic, qui fournira les 24 groupes finalement installés. On voit bien que dès l'origine, un ventilateur était prévu pour le refroidissement de l'alternateur, et non un bain d'huile.



Source : Revue française de l'Energie – op.cit., p.745

Les alternateurs tournent dans l'air comprimé à 2 bars. Cette mise sous pression a permis d'une part de porter la puissance nominale des groupes de 9.000 à 10.000 kW, et d'autre part de réduire la puissance nécessaire du moto-ventilateur assurant le refroidissement des alternateurs<sup>44</sup>.

## Conclusions

Construite il y a un peu plus de cinquante ans sur l'estuaire de la Rance, l'usine marémotrice, avec ses 24 groupes bulbes, rend encore de bons et loyaux services. Elle a fait partie des grands investissements inscrits dans la *planification à la française*. La décision de sa réalisation fut prise à *une époque où les incertitudes des différentes techniques nucléaires de production d'électricité faisaient apparaître l'énergie des marées comme une assurance supplémentaire améliorant la sécurité d'alimentation en énergie électrique de la Nation*<sup>45</sup>.

De nos jours, en 2012, la question se pose en des termes qui paraissent différents, car il est vrai que l'essentiel de l'énergie électrique française, soit environ 85%, est produite par des centrales nucléaires. Pourtant, le problème de l'assurance

---

<sup>43</sup> BONTEMS V., « Actualité d'un philosophie des machines, Gilbert Simondon, les hadrons et les nanotechnologies », Revue de synthèse, Tome 130 - 6ème série - Nr.1 - 2009, pp.37-66

<sup>44</sup> Voir à ce sujet : Revue française de l'énergie, op. cit., pp.749-753

<sup>45</sup> Avant-propos, par Raymond Marcellin, Ministre de l'Industrie, in « Revue française de l'énergie », op.cit., p.628

énergétique est loin d'être résolu, puisque les sources non renouvelables (charbon, pétrole, gaz, et même uranium) vont se tartir incontestablement.

La consommation d'énergie a augmenté en France – comme dans tous les pays dits *avancés* – de manière exponentielle depuis 1959, et le recours à des énergies *renouvelables* devient une nécessité à court terme, nonobstant le sursis que pourraient procurer les gaz de schiste, qu'on annonce abondants.

L'énergie des marées – du moins à l'échelle d'une usine comme celle de la Rance – est indéfiniment renouvelable. Il est vrai qu'il faut des sites assez exceptionnels pour mettre en œuvre une telle technologie, qui semble avoir séduit certains pays<sup>46</sup>. Mais les projets envisagés dans les années 1950, comme celui des îles Chausey<sup>47</sup> n'ont pas été réalisés. Faut-il y voir le parti-pris par les partisans et les lobbys du *tout nucléaire*, ou d'autres raisons, plus techniques ?

---

<sup>46</sup> Comme par exemple la Corée du Sud, qui devait mettre en service fin 2011 une unité de 255MW (Source : Dossier de presse EDF, « EDF et les énergies renouvelables », juillet 2011, 12 pages)

<sup>47</sup> Dans la Manche, au large de Granville