

# Énergie hydroélectrique du Rhin : les équipements à l'aval de Bâle

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **67 (1975)**

Heft 5-6

PDF erstellt am: **21.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-920920>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Les équipements à l'aval de Bâle

Electricité de France, Groupe Régional de Production Hydraulique «Rhin»<sup>1</sup>.

Il n'est pas possible de parler des Aménagements hydroélectriques sur le Rhin dans la plaine d'Alsace entre Vosges et Forêt Noire sans faire un peu d'histoire en remontant à plus d'un siècle en arrière.

On en mesurera mieux les dimensions et l'on comprendra leur importance.

## Le Rhin

Le Rhin, de sa source dans le massif du Saint-Gothard en Suisse jusqu'à la Mer du Nord, développe les 1300 km de son cours sur le territoire de cinq nations. A son entrée en France, il a un bassin versant de 37 000 km<sup>2</sup> dont environ 550 de glaciers et 1200 de lacs qui assurent à son débit une bonne régularité. Ses étiages les plus sévères sont de 350 m<sup>3</sup>/s; sa plus grande crue contemporaine, celle de 1876, n'a pas dépassé 5700 m<sup>3</sup>/s, alors que son débit moyen de 1060 m<sup>3</sup>/s est atteint sensiblement 6 mois par an.

Cette stabilité des débits a fait du Rhin une voie privilégiée de transport et d'échanges entre l'Est et l'Ouest européens. La première liaison Rhin-Danube fut créée par l'Empereur Charlemagne à la fin du VIII<sup>e</sup> siècle: soldats démobilisés et prisonniers de guerre après la campagne contre les Avars furent utilisés à ces travaux.

En 1815, les diplomates du Traité de Vienne ont confirmé la vocation du Rhin d'être une grande voie de trafic fluvial par leur décision de nommer des commissaires dont le collège, la Commission Centrale du Rhin, règle depuis «d'un commun accord tout ce qui a rapport à la navigation de cette rivière».

Cette Commission se réunit pour la première fois en 1816, mais ce n'est que le 31 mars 1831 que fut signée la «Convention pour la Navigation du Rhin» dite de Mayence, qui consacre le caractère international de la navigation

<sup>1</sup> D'après les nombreux articles déjà parus à ce sujet.

sur le Rhin et le principe de liberté totale de la navigation «de telle sorte qu'elle ne puisse être interdite à personne».

Au début du 19<sup>e</sup> siècle, le Rhin divagait dans la plaine en une multitude de bras sur une largeur qui atteignait dans certains secteurs 3 km. Cette divagation du fleuve et l'instabilité de son lit étaient désastreuses d'une part pour les riverains dont les terres et souvent les villages étaient ravagés par les inondations, d'autre part pour la navigation; après chaque période de hautes eaux, il fallait reconnaître les chenaux avant d'y engager les bateaux et les chemins de halage étaient fréquemment coupés par des bras nouveaux.

A toutes ces difficultés s'ajoutaient celles du tracé de la frontière entre l'Alsace et le pays de Bade: on peut, à ce propos, citer l'exemple de la ville de Vieux-Brisach qui était, jusque vers 1296, sur la rive gauche du Rhin et qui s'est trouvée sur la rive droite après une crue importante. C'est pour la remplacer, en tant que point d'appui de défense qu'est née bien plus tard la ville de Neuf-Brisach fortifiée par Vauban dans le plus pur style militaire du 17<sup>e</sup> siècle.

## Aménagement du fleuve

Dès 1812, Tulla, ingénieur badois, a exposé les principes d'une correction rationnelle du lit du fleuve consistant à réunir en un seul cours de 250 m de large tous les bras du Rhin, en établissant deux digues recouvertes de perrés. Ces digues, qui forment le lit mineur, sont doublées de deux autres dites de «hautes eaux» devant contenir les crues à l'intérieur d'un lit majeur. Cette rectification fut réalisée entre les années 1842 et 1876 tout le long du secteur frontière sur la base d'une convention conclue le 5 avril 1840 entre le roi Louis Philippe et le Grand Duché de Bade. L'œuvre était énorme, compte tenu des moyens dont on disposait à l'époque, et d'un coût élevé. Les peu-

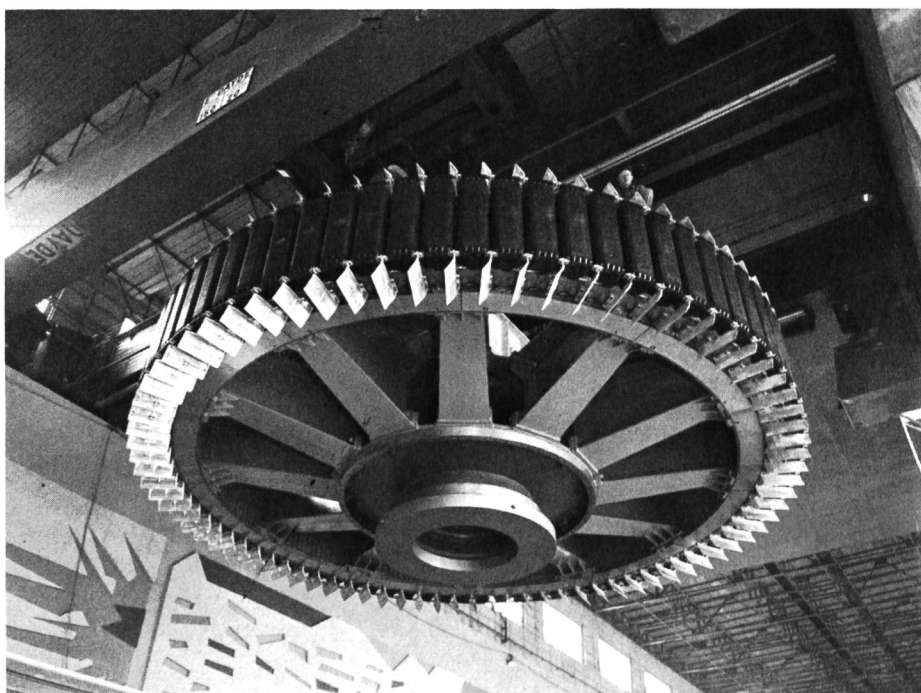


Fig. 1  
Usine de Rhinau — 1963 — Montage du rotor  $\phi$  10,28 m; poids 270 t.

Fig. 2 Usine de Kembs — 1932 — Salle des machines.

Fig. 3 Usine de Rhinau — 1962 — Bâche spirale en construction.

Fig. 4 Usine de Rhinau — 1963 — Salle des machines.

pliers centenaires et les bancs de pierre que le promeneur rencontre encore sur les berges du «vieux Rhin» témoignent de la menée à bien et de la finition poussée de cette vaste entreprise.

Alors que les chantiers battaient son plein, la Commission Centrale qui, depuis 37 ans était restée dans l'ombre, s'est vue contrainte de réviser les premières dispositions de 1831 à la suite de l'évolution des idées, du développement de la navigation à vapeur, ainsi que de l'abolition progressive des droits de navigation. Le 18 octobre 1868 fut signée une nouvelle Convention, dite de Mannheim, encore en vigueur aujourd'hui, qui confirme la liberté de navigation et l'interdiction de tout péage.

La correction du cours du Rhin a mis finalement les terres à l'abri des divagations du fleuve et permis le premier grand essor de la navigation à vapeur à la satisfaction de tous les Etats membres, jusqu'au jour où l'on s'est aperçu qu'à la suite du raccourcissement d'environ  $\frac{1}{100}$ e du cours du fleuve, il en résultait une appréciable augmentation de la vitesse de l'eau, un accroissement important de la force d'érosion et l'instabilité des bancs dans le lit mineur. A partir de l'amont, le Rhin a donc progressivement creusé son lit en s'enfonçant d'une dizaine de cm par an en même temps que la nappe d'eau naturelle locale s'abaissait d'autant. Déjà les rochers affleuraient provoquant une nouvelle gêne pour la navigation, notamment à Istein, à hauteur de l'actuelle usine de Kembs où une barre finit par empêcher l'accès du port de Bâle dont l'importance s'affirmait.

L'un des derniers bateaux qui put passer, fut le remorqueur «Justicia» en 1904 qui tirait un chaland de 300 t de houille. Il coula au retour. C'était aussi le premier navire à vapeur qui remontait le Rhin aussi haut.

C'est pourquoi dès 1900 de nombreux travaux, tendant à la stabilisation d'un chenal navigable dans le lit mineur à l'aide d'épis avaient été entrepris. Ils permirent une légère reprise de la navigation à partir de 1908, mais l'on se rendit compte dès cette époque que l'établissement d'écluses permettant aux bateaux de franchir les obstacles s'avérait absolument nécessaire si l'on voulait éviter au port de Bâle d'être totalement coupé de l'aval dans un proche avenir. Ce dernier ne put vivoter jusqu'en 1932 qu'à l'aide du trafic assuré par le canal du Rhône au Rhin et le canal de Huningue.

C'est donc bien aux écluses et aux canaux que l'ingénieur du début de notre siècle a pensé en tout premier lieu. Il n'ignorait pas cependant l'énorme quantité d'énergie qui s'écoulait entre Bâle et Strasbourg: plus de 1000 m<sup>3</sup>/s, moyenne annuelle assurée, tombant de 107 mètres sur une longueur de 123 km. En 1837 existait déjà un projet d'utilisation énergétique avec un canal passant par les grandes agglomérations de la plaine d'Alsace et dont les diverses chutes auraient été équipées de turbines pour animer des fabriques installées sur place. Mais c'est en 1902 que Monsieur René Koechlin présentait à la Société Industrielle de Mulhouse le projet de canal latéral en rive gauche dont sont issues les huit usines actuelles de Kembs à Strasbourg. Dès 1916, le Président de la Société Industrielle de Mulhouse avait attiré l'attention du Gouvernement Français sur l'intérêt du projet Koechlin. Il faut rendre hommage aux négociateurs du Traité de Versailles en 1919, d'avoir prévu

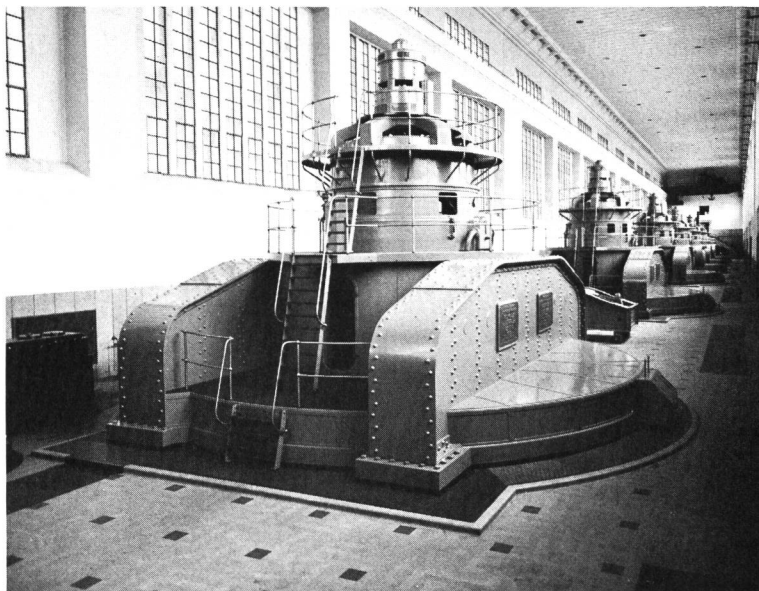


Fig. 2

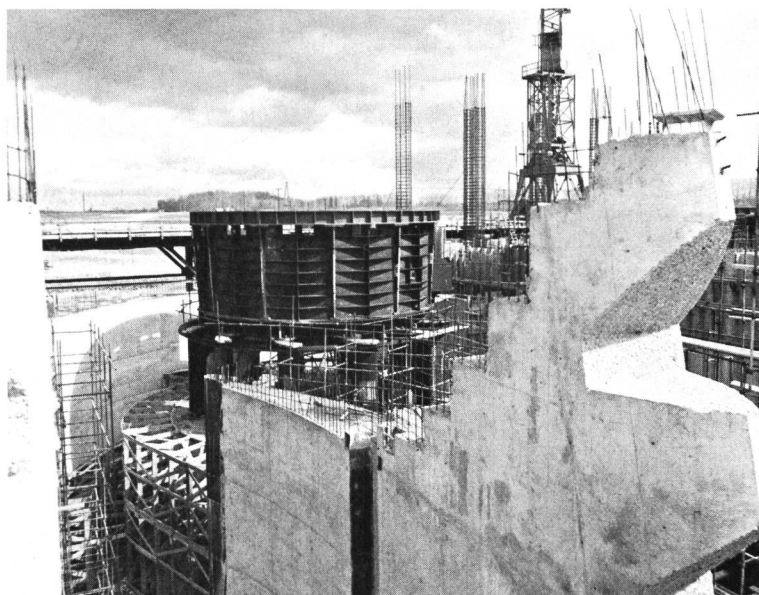
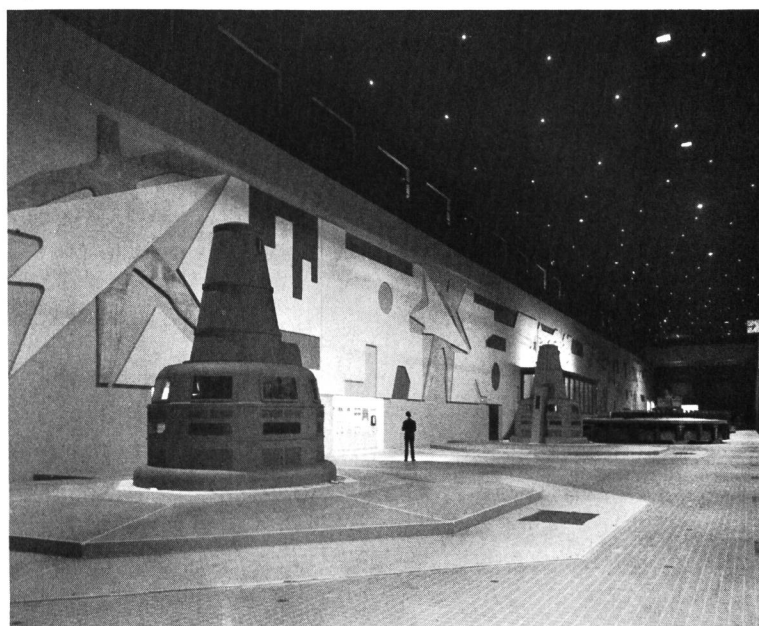


Fig. 3

Fig. 4



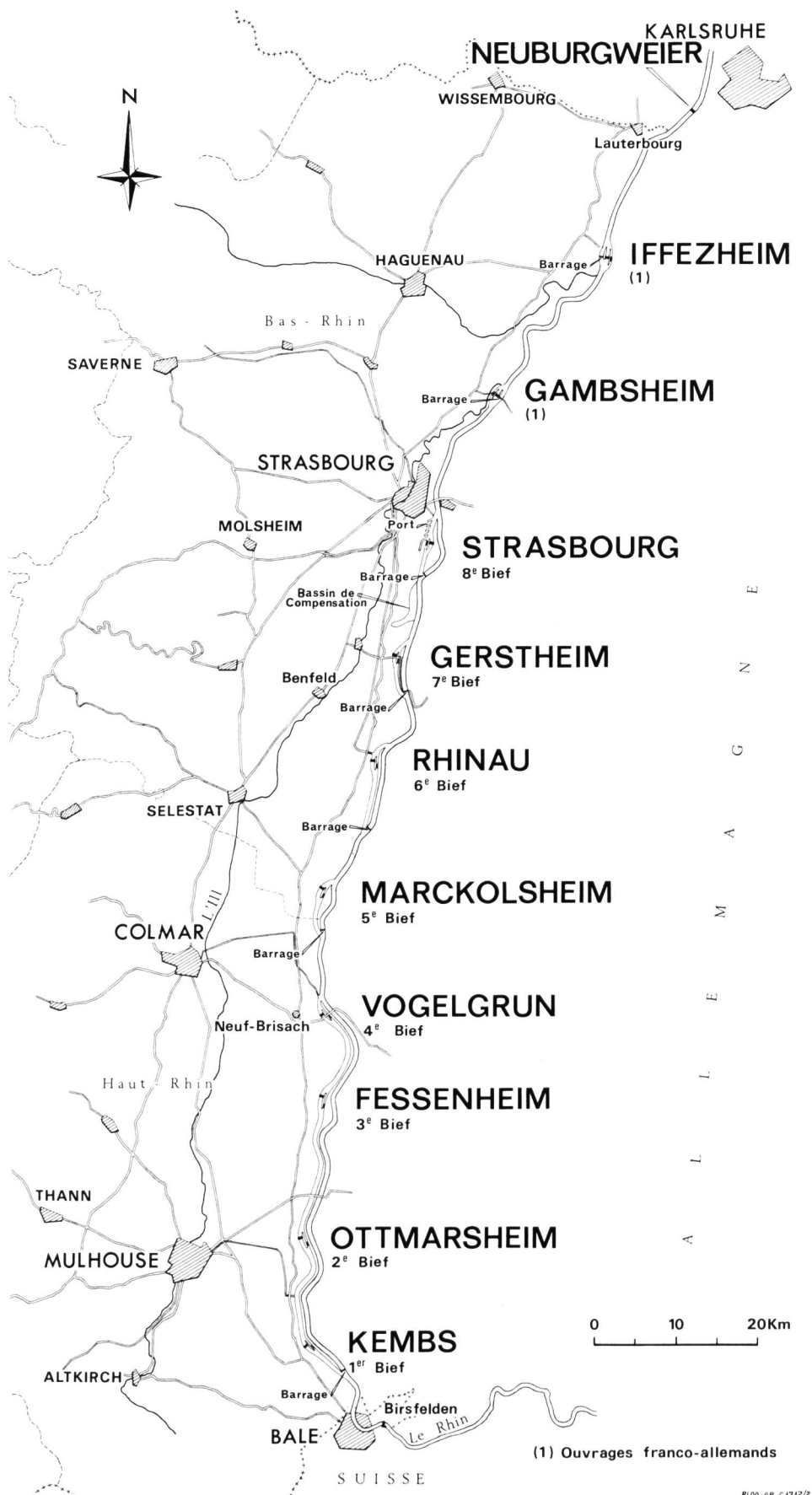
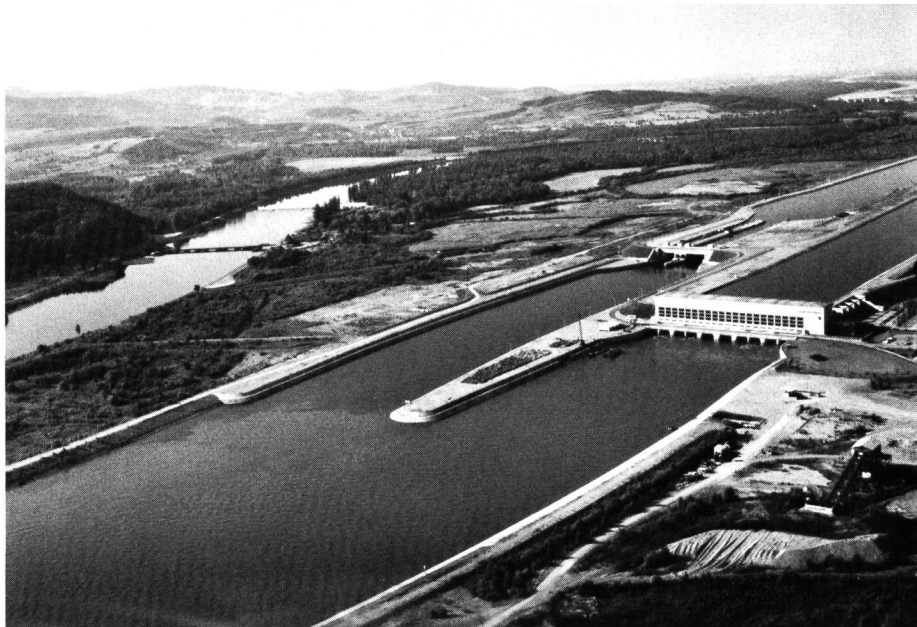


Fig. 5 Plan de situation des aménagements du Rhin de Kembs jusqu'à Neuburgweier.

Fig. 6  
Aménagement de Marckolsheim —  
1961 — Vue aérienne côté aval;  
à l'arrière-plan le Rhin avec seuil  
de retenue; au premier plan l'usine  
et les écluses.

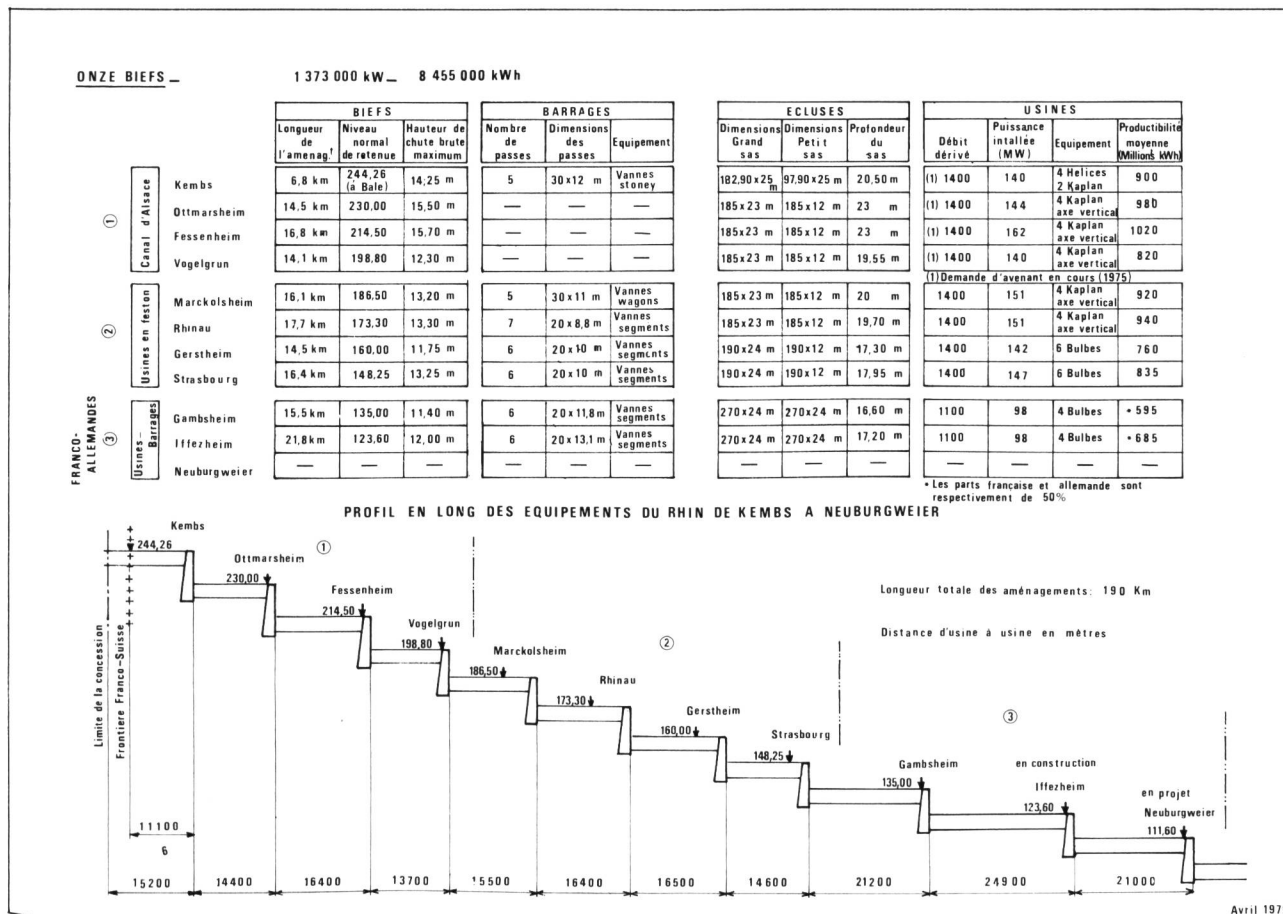


la rédaction de l'article 358 où il est précisé que c'est la France qui ferait les travaux et disposerait de la totalité de l'énergie entre Bâle et Lauterbourg. Cette dernière était évaluée à 9 milliards de kWh par an, soit trois fois la consommation de la France à l'époque. Les négociateurs avaient vu loin.

Quelques temps après, en 1922, la France présenta ce grand projet de canal latéral au Rhin, comportant huit biefs

entre Bâle et Strasbourg, à l'approbation de la Commission Centrale du Rhin. Il permettait non seulement la production de 7 milliards de kWh en année moyenne, mais surtout la construction d'écluses dans chaque bief. Aussi ce projet qui garantissait la liberté de la navigation sur le canal et les écluses sans donner lieu au moindre péage, fut-il approuvé en 1925 par la Commission Centrale.

Fig. 7 Données principales des onze aménagements du Rhin; profil en long.



EVOLUTION DES CENTRALES DU RHIN  
coupes transversales dans l'axe d'un groupe

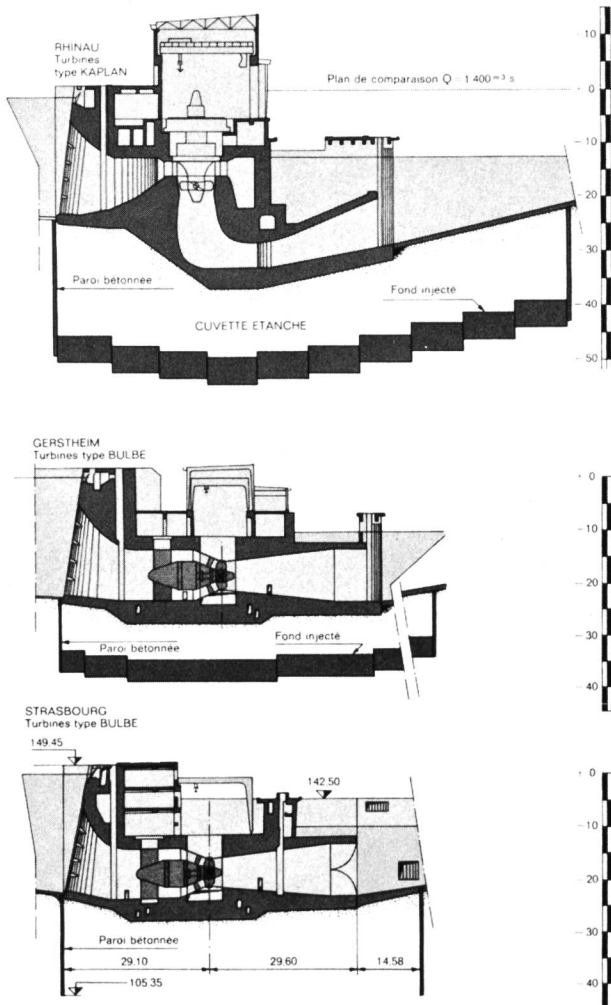


Fig. 8 Evolution des centrales du Rhin: Rhinau — Gerstheim — Strasbourg.

C'est selon ce projet qu'ont été réalisés les quatre premiers biefs de Kembs, Ottmarsheim, Fessenheim et Vogelgrün.

Toutefois, à la suite de nombreuses démarches des riverains badois du Rhin (motivées par des raisons agricoles et industrielles), la France a renoncé, en octobre 1956, par les accords de Luxembourg, au projet d'un canal unique jusque Strasbourg au profit d'un projet d'aménagement mixte comportant pour les quatre dernières chutes: un barrage sur le Rhin situé à mi-distance entre deux usines successives et complété vers l'amont par:

- un endiguement du fleuve;
- une dérivation aboutissant à l'usine et aux écluses;
- un canal de restitution au Rhin après les ouvrages de chute.

Les quatre chutes de Marckolsheim, Rhinau, Gerstheim et Strasbourg ont été construites selon ce schéma. Le projet de 1925 ne s'étendait pas au-delà de Strasbourg, car à l'aval en effet, la pente du fleuve diminue rapidement, condition défavorable à la production d'énergie électrique mais favorable à la navigation: double raison pour que l'aménagement de ce secteur n'ait pas été envisagé à l'origine.

Mais les conditions de navigation à l'aval de Strasbourg, largement suffisantes il y a quarante ans, apparaissent de moins en moins adaptées au trafic des grands convois.

D'autre part, l'érosion du lit du Rhin, stoppée par les ouvrages existants, réapparaît systématiquement au point de jonction du Rhin canalisé et du Rhin libre. Ainsi, le trafic du port de Strasbourg et par conséquent la navigation Rhénane elle-même, seraient mis en danger au bout de quelques années par l'enfoncement du lit du fleuve. Pour remédier à ces inconvénients, des études montrèrent que la méthode la plus rationnelle consistait à créer près des villages de Gamsheim et d'Iffezheim deux biefs supplémentaires dont l'aménagement aurait pour effet d'améliorer largement le chenal navigable et de transférer les érosions dans une zone où la faible pente du fleuve rend plus faciles les mesures destinées à les pallier ou à s'en accommoder.

C'est ainsi que fut signée le 4 juillet 1969, la Convention Franco-Allemande pour l'aménagement du Rhin entre Strasbourg et Lauterbourg, conséquence lointaine mais inéluctable de l'accord du 5 avril 1840 dont nous avons parlé plus haut. Les deux chutes de Gamsheim et Iffezheim dont la construction et l'exploitation seront confiées à des Sociétés franco-allemandes, permettront la production annuelle de 1,5 milliards de kWh.

Par rapport aux chutes à l'amont de Strasbourg, ces deux chutes se caractérisent par l'absence totale de canaux de dérivation, c'est-à-dire que c'est le fleuve lui-même qui est canalisé; ces dispositions entraînent la construction de digues latérales sur toute la section du fleuve concernée.

De ce fait, le barrage, l'usine hydroélectrique et les écluses sont implantés sur une même transversale, les ouvrages des deux chutes étant placés symétriquement par rapport à l'axe du Rhin, c'est-à-dire que le barrage de Gamsheim est sur la rive droite, alors que le barrage d'Iffezheim est sur la rive gauche, et inversement, l'usine et les écluses de Gamsheim sont sur la rive gauche alors que celles d'Iffezheim sont sur la rive droite.

Les étapes des travaux

Les travaux du barrage et du premier bief, celui de Kembs, ont été entrepris par la Société «L'Energie Electrique du Rhin» en 1928 et les ouvrages mis en service en 1932. La crise économique, la tension internationale et la guerre ont fait différer les travaux des chutes suivantes.

Après la remise en état des ouvrages de Kembs, endommagés par la guerre, Electricité de France, reprenant les études engagées dès 1946 par «L'Energie Electrique du Rhin», entreprend en 1948 les ouvrages de la chute d'Ottmarsheim, mise en service en 1952.

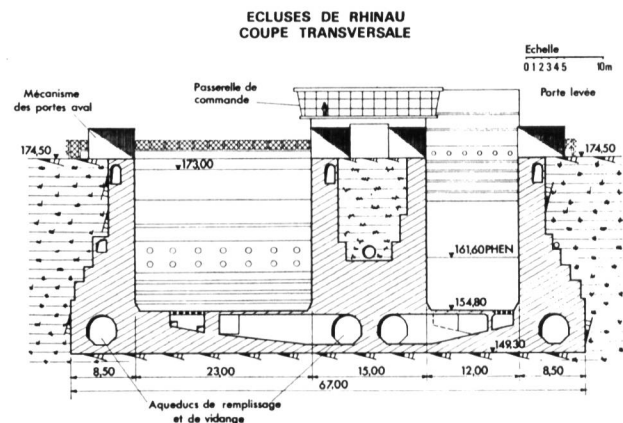


Fig. 9 Section typique à travers les écluses de navigation d'un bief du Rhin.

L'aménagement de Fessenheim, commencé en 1952, est terminé en 1957, celui de Vogelgrün est réalisé entre 1955 et 1959; celui de Marckolsheim entre 1956 et 1961; celui de Rhinau entre 1959 et 1963; celui de Gerstheim entre 1963 et 1967; celui de Strasbourg entre 1966 et 1970.

Les travaux d'aménagement de Gamsheim terminés en 1974, se sont poursuivis sans discontinuer pour l'aménagement d'Iffezheim dont la mise en service est prévue pour l'été 1977.

## Projets

Pour combattre les effets d'érosion à l'aval d'Iffezheim, le pavage du lit du Rhin initialement prévu consistait à remplacer les alluvions enlevés du fleuve par l'érosion sur une certaine épaisseur par des matériaux de granulométrie suffisamment élevée pour qu'ils résistent à la force d'érosion. Cette solution de pavage, qui repose sur une technique qui n'a jamais été mise en pratique à grande échelle, s'est révélée, après des études approfondies, coûteuse et d'une réalisation difficile. Aussi, à la suite d'un accord entre la France et l'Allemagne, a-t-il été décidé de revenir à la solution classique de la canalisation par la construction d'une troisième chute, celle de Neuburgweier.

## Téléconduite des usines de Kembs à Iffezheim

L'automatisation complète des usines d'Electricité de France s'achèvera à la fin de 1975. Les huit usines seront téléconduites depuis le «Poste de Sécurité du Rhin» (P. S. R.) dont la mise en service est prévue pour le premier semestre 1976. Les deux usines franco-allemandes de Gamsheim et d'Iffezheim seront intégrées au système de téléconduite, dès la mise en service du P. S. R. pour Gamsheim, un peu plus tard pour Iffezheim. Le P. S. R. aura la charge de la télésurveillance des critères fondamentaux de chacun des ouvrages (niveaux, débits, alarmes générales) et de la téléconduite des débits de chacun d'eux jusqu'à concurrence de leur débit d'équipement. Le débit de consigne de chaque usine sera ajusté automatiquement par ordinateur en fonction du débit du Rhin entrant dans le bief de Kembs.

Pour les débits du Rhin supérieurs au débit de saturation du Grand Canal d'Alsace, le barrage de Kembs, situé en tête de chaîne, sera ouvert sous la dépendance, non plus du P. S. R., mais d'un régulateur de niveau local. Il en sera de même pour les barrages du Rhin canalisé à partir de Marckolsheim.

## Essor de la navigation

Si l'aménagement du Rhin est réalisé pour assurer la production d'énergie, comme nous l'avons vu il ne doit en aucune mesure gêner la navigation; en fait il l'a considérablement améliorée et a permis son prodigieux développement. La vitesse de l'eau dans le canal est très inférieure à celle qui existe dans le Rhin (estimée à 3—4 m/s) et, à chaque usine, sont accolées deux écluses qui permettent de franchir la dénivellée entre deux biefs successifs.

La puissance de remorquage des chalands a été ainsi réduite dans la proportion de 4 à 1 et un gain de temps de plus de quatre heures, compte tenu des temps d'éclusage, a été réalisé sur le parcours aller et retour Bâle/Strasbourg. Le bief de Kembs a supprimé l'obstacle naturel que constituait la barre rocheuse d'Istein et celui d'Ottmarsheim a permis d'éviter le mauvais passage de Bellingen qui menaçait de devenir une nouvelle barre d'Istein.

Le trafic rhénan vers Bâle, après la mise en service du bief de Kembs en 1932, passa rapidement de 300 000 tonnes/an à 600 000 tonnes, pour atteindre près de trois millions de tonnes de fret à la veille de la guerre. En faisant abstraction de la période des hostilités, cet essor s'est poursuivi avec la mise en service des biefs suivants et l'on a enregistré 11 500 000 tonnes de fret en 1970 transporté par environ 30 000 bateaux.

## Les canaux

Dans la première partie de l'aménagement, d'une longueur totale de 52 km, la section courante du canal, sensiblement égale à celle du canal de Suez, est de forme trapézoïdale avec une largeur de 80 m au fond, une pente de berge de 1 pour 3, une profondeur d'eau de 9,4 m.

Dans la seconde partie de l'aménagement, la section du canal a été augmentée: sur le bief de Marckolsheim la profondeur a été portée à 11 m, la pente des berges et la largeur au fond restant les mêmes; sur les biefs de Rhinau, Gerstheim et Strasbourg, les profondeurs d'eau sont respectivement de 11 m, 10,70 m et 10,20 m, les largeurs au fond étant de 100 m à Rhinau, 106,50 m à Gerstheim et 90,50 m à Strasbourg. Dans ces trois biefs, la pente des berges est de 1 pour 2,5.

Les digues sont construites avec les alluvions provenant des terrassements et les berges sont protégées par un revêtement bétonné qui assure leur étanchéité et leur protection.

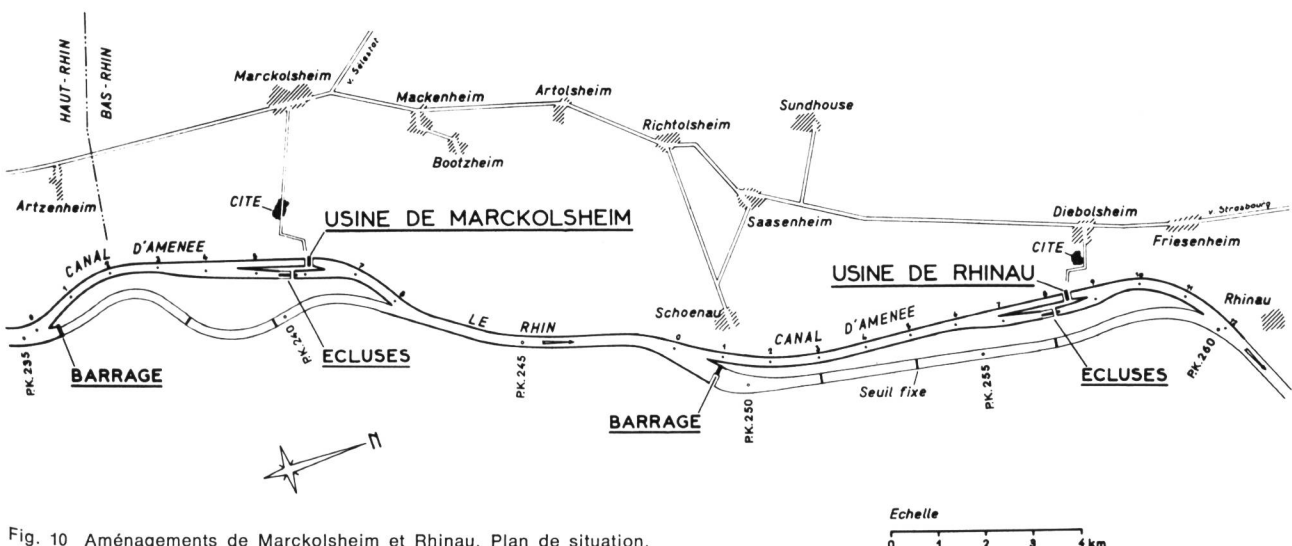


Fig. 10 Aménagements de Marckolsheim et Rhinau. Plan de situation.



Fig. 11  
Aménagement de Gamsheim 1974:  
Vue générale côté amont; de  
gauche à droite: le canal de dé-  
viation de l'Ill, le canal de navi-  
gation, les écluses comprenant  
deux sas de 270 x 24 m, l'usine  
hydro-électrique, la digue de fer-  
meture du Rhin et le barrage mo-  
bile.

Lorsque le plan d'eau du canal est au-dessus du niveau moyen de la nappe phréatique, l'étanchéité du fond du canal est assurée: par de la terre compactée avec addition éventuelle d'une argile colloïdale dans la partie centrale de chaque bief; par un revêtement bétonné dans la partie aval.

### Les écluses

Revenons en 1922 où le projet du premier bief fut mis à l'étude. A cette époque, seuls les remorqueurs à roues dont la largeur atteignait 23 m navigaient en amont de Strasbourg. On s'était donc arrêté pour les écluses de Kembs à deux sas de même largeur, 25 m, et d'inégales longueurs:

185 et 100 m. Mais à partir de 1932, lorsque le bief fut mis en service, on assiste à une double évolution de la navigation sur le Rhin:

d'une part, la disparition des remorqueurs à roues et leur remplacement par des remorqueurs à hélices d'autre part, la prédominance des automoteurs.

Les progrès de la navigation ont donc conduit à adopter, pour les écluses des autres biefs, jusque et y compris celui de Rhinau, des dimensions différentes de celles de Kembs: un grand sas de 185 x 23 m destiné en principe aux convois, et un petit sas de 185 x 12 m réservé plutôt aux automoteurs.

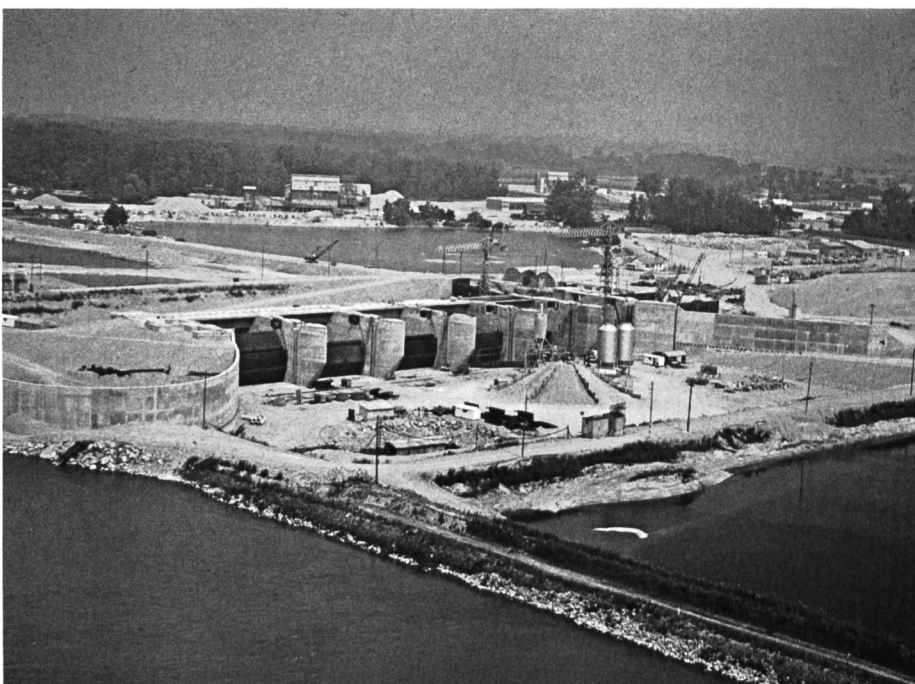


Fig. 12  
Aménagement de Gamsheim 1974:  
Chantier du barrage en rive droite  
du Rhin.





Fig. 13 Aménagement de Gamsheim 1974: Vue générale depuis la rive droite: au fond la plaine d'Alsace.

Pour Gerstheim et Strasbourg, les dimensions sont portées à 190 x 24 m et 190 x 12 m pour faciliter la manœuvre des convois poussés dont l'utilisation se multiplie.

Le remplissage et la vidange des écluses s'effectuent par des aqueducs qui débouchent au fond des sas dans un canal longitudinal relié à de multiples ouvertures percées dans le radier. Ils ont été étudiés sur modèle réduit afin de pouvoir utiliser le débit maximal sans perturbation de la surface de l'eau, c'est-à-dire sans à-coup pour les bateaux. Sauf à Kembs où le remplissage et la vidange se font à 1,1 m/minute pour le grand sas et 1,2 m/minute pour le petit sas, partout ailleurs nous avons des vitesses de 1,5 m/minute et 3 m/minute. Les chutes varient selon les biefs, de 11,65 m à 15,70 m, un bateau sort du petit sas 10 à 15 minutes après y être entré, dans les meilleures conditions, y compris le temps de manœuvre des portes.

Du point de vue mécanique, des progrès ont été forcément réalisés depuis le premier bief jusqu'à Strasbourg. Alors qu'à Kembs les treuils de manœuvre des portes levantes sont situés sur une passerelle couverte qui franchit les deux sas à un niveau supérieur à celui des portes en position levée, pour les autres chutes les mécanismes sont au niveau des quais et il ne reste pratiquement plus en superstructure que le poste de commande.

Les aménagements de Gamsheim et d'Iffezheim (en cours de réalisation) comporteront chacun des écluses équipées de deux sas identiques de 270 m de longueur utile et de 24 m de largeur. Ceci pour permettre le passage des convois poussés de 9000 tonnes. En prévision du développement de la navigation, l'emplacement d'un troisième sas semblable aux précédents est réservé.

## Navigation de nuit

Si, jusqu'à une époque récente, les bateaux ne navigaient pas la nuit sur le Rhin, c'est qu'ils n'en avaient pas la possibilité matérielle. Il n'existe en effet aucune limitation horaire dans la déclaration de liberté internationale de navigation.

Or, dans la décennie qui vient de s'écouler, deux facteurs importants ont contribué au développement progressif de la navigation de nuit: l'un technique, le pilotage au Radar, l'autre social, le remaniement de l'organisation du personnel navigant en équipes de roulement. Les premiers bateaux équipés ont amené Electricité de France à faire des éclusages nocturnes occasionnels qui ont été de plus en plus nombreux jusqu'au 28 mai 1972, date depuis laquelle les écluses fonctionnent 24 heures par jour.

## Les usines hydroélectriques

Les diverses caractéristiques des dix biefs entre Kembs et Iffezheim sont indiquées dans le tableau ci-joint (page 181).

Figures: Nos 1/4 H. Baranger + Cie., Paris; no 6 EDF; nos 11/13 Norestair, Strasbourg.

Electricité de France (EDF)  
Groupe Régional de Production Hydraulique «Rhin»  
2. Av. Roger-Salengro, Mulhouse