

HYDRAULIQUE

L'AMÉNAGEMENT DU RHÔNE

Aménagement du Bas-Rhône

PROJET RATEAU

EXTRAIT DE L'ÉTUDE GÉNÉRALE

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PROJET

Nous avons adopté, pour notre projet, la solution d'aménagement par dérivation, avec canal de navigation indépendant.

Il est évident que, tenus par des sujétions telles que : pentes du Rhône, terrains disponibles, obstacles, tels que villes et villages, etc..., nous nous sommes, dans certains cas, rapproché de ce qui avait déjà été proposé. Mais, en général, notre principe fut d'utiliser la plus grande chute possible avec un mouvement de terres restreint, nous avons tenu chaque fois que cela a été possible d'obtenir une longue dérivation, pour éviter les trop grandes diminutions de chute et, partant, de puissance dues aux hautes eaux.

Ce ne fut pas le cas pour quelques dérivations amont, entre autres pour celle de Condrieu, mais l'intérêt présenté pour l'allongement de ces dérivations n'était pas compensé par les dépenses nécessaires pour le passage d'obstacles importants, ni par la faible chute gagnée.

Le canal d'aménée (voir fig. 9), prévu suivant le cas à 8 et 10 mètres de hauteur d'eau, a une largeur en plafond variant de 22 mètres pour un débit de 800 m³/sec à 58 mètres pour 1.700 m³/sec.

La vitesse de l'eau y circulant est admise de 2,50 m/sec et la pente du plafond varie entre 0 m. 16 par km. pour 800 m³, à 0 m. 12 par km, pour 1700 m³.

Les talus de ce canal, inclinés à 1 : 1, sont revêtus par des dalles en ciment armé de 0,25 × 5 × 2 m.

Le radier est pavé avec des éléments de 0 m. 30 de hauteur minimum. Le tout avec joints cimentés et étanches.

Les talus extérieurs sont à 3 : 2 et gazonnés.

Le couronnement des digues de 5 m. de largeur est placé hors d'atteinte du niveau des crues.

Le canal de fuite a une largeur en plafond variant avec chaque dérivation. Cette largeur sera suffisante pour évacuer le débit correspondant aux différents régimes du Rhône. Le plafond du canal de fuite raccorde le fond du Rhône au point de rendue sans créer de contre-pentes.

Le canal de fuite n'est pas revêtu, sauf en sa partie amont et du côté de la vanne de décharge, si celle-ci ne déverse pas directement dans un canal indépendant.

A l'amont de l'usine et sur une longueur de 100 à 200 m., ce canal d'aménée présentera une pente en plafond plus grande que celle prévue sur le reste de sa longueur. Ceci, afin d'arriver aux grilles avec une section mouillée suffisante pour ne pas dépasser une vitesse de 0,50 m/sec, pour faciliter le travail des dégrilleuses électriques.

Enfin, dans chaque dérivation, immédiatement à l'amont de l'usine, ont été prévus :

Un déversoir arrasé à la cote du plan d'eau correspondant au débit maximum utilisable, et une vanne de décharge

permettant d'évacuer les excédents de débits non utilisés à l'usine. Le déversoir intervenant pour régulariser le niveau amont de l'usine pour de faibles variations de débit et la vanne intervenant pour écouler le débit en cas d'arrêt rapide de l'usine.

Les eaux s'écoulant par la vanne de décharge, ou par le déversoir seront évacuées, soit par un canal indépendant (à gradins, pour diminuer la vitesse de l'eau), directement dans le Rhône, soit dans le canal de fuite de l'usine.

Un écluse adjacente à chaque usine est prévue pour permettre à la batellerie descendant le Rhône de franchir la chute que nous créons. Pour éviter que la vitesse de l'eau relativement grande (2^m50 par sec.) à l'entrée de ces écluses n'entraîne les bateaux contre les grilles de l'usine, nous avons prévu des ducs d'Albe en béton armé fichés verticalement et faisant dans la vue en plan une ligne de protection inclinée à 45° sur l'axe du canal. Des pilotis seront reliés par des longrines en bois pour amortir les chocs. Il est à remarquer toutefois que l'élargissement du canal devant l'usine réduira la vitesse dans de notables proportions (jusqu'à environ 1 m. à la seconde au maximum).

Le canal de navigation, a été largement inspiré, quant à sa position tout au moins, des desiderata des grandes compagnies de navigation. Desiderata en grande partie exprimés lors du concours d'avant-projet pour l'aménagement du Rhône en 1911.

Nous estimons bien faire en nous inspirant des idées émises par les sociétés susnommées, car nous pensons que ces idées furent le fruit d'une longue expérience de leurs auteurs.

Réservant donc le canal de force motrice, pour la voie navigable descendante où la perte de temps sera minime, puisque seul le passage des écluses en sera la cause. Nous avons conçu un canal à double voie, pour la remonte, canal à plafond horizontal où la perte de temps due aux écluses sera compensée par l'augmentation de vitesse due à l'absence de pente.

Le tracé de ce canal a partout été prévu sur la rive gauche du Rhône, rive qui, de l'avis de gens autorisés, et avec lesquels nous sommes pleinement d'accord, présente le moins d'obstacles sérieux à la création de biefs navigables.

Le canal de navigation est accolé au canal de force motrice, chaque fois qu'on le peut, c'est-à-dire chaque fois que la dérivation pour force motrice est prévue sur la rive gauche du Rhône, et que des obstacles ne viennent pas s'y opposer. Il a été projeté pour l'instant seulement au droit des chutes créées par les barrages. Par la suite, un tracé a été étudié en cette prévision : les divers tronçons pourront être raccordés entre eux indépendamment du Rhône par des biefs horizontaux avec écluses. Ils formeront alors un canal continu de Lyon à Arles, se raccordant au canal d'Arles à Marseille d'une part, et au futur port de Lyon qui lui, sera le nouveau point de jonction des voies fluviales Rhône-Rhin par la Saône et de celle projetée à la Suisse, par le Haut Rhône aménagé.

Le canal de navigation a une largeur en plafond de 20 mètres des talus à 3 : 2 et une hauteur d'eau de 3 mètres. Sa largeur à la glace est donc de 29 mètres.

Le chemin de halage est partout, à au moins 1 mètre en dessus du niveau d'eau normal. Il a été prévu hors d'atteinte des crues. Sa largeur est de 5 mètres.

Dans toutes les dérivations d'une certaine importance, nous avons prévu une écluse d'entrée qui servira également au raccordement des deux biefs, lors de la construction des tronçons situés entre les dérivations projetées. En général,

une autre seule écluse au droit de l'usine permettra de franchir la chute créée par le barrage. A l'aval de cette écluse, le canal de navigation sera séparé sur un certain parcours seulement du canal de fuite de l'usine, la vitesse dans celui-ci étant très faible.

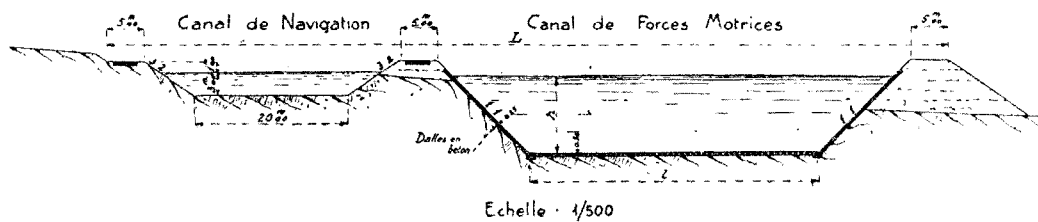
Partout où la hauteur entre le plan d'eau et le chemin de

usines projetées les plus rapprochées. Cette puissance nécessaire estimée à 10.000 kws (déclaration du 16 décembre 1918 du Ministre d'Agriculture au Syndicat des arrosants d'Arles) serait fournie encore plus économiquement que par le projet d'administration puisqu'elle n'obligerait pas à la construction d'usines spéciales sur la basse Durance.

AMÉNAGEMENT DU BAS RHÔNE

SECTEUR : LYON ARLES

PROFIL EN TRAVERS TYPE DU CANAL D'AMENÉE



Désignation des Dérivations	Pente du plafond m par m.	Section mouillée m ²	Débit semi-perm. m ³ /sec	Vitesse correspond. m/sec	Débit maximum m ³ /sec.	Vitesse maximum m/sec.	Largeur du plafond l en m.	Haut. d'eau normale h en m.	Largeur totale L en m.
Ternay	0,00016	320	800	2,50	800	2,50	32	8	100
Condrieu	0,00016	320	800	2,50	800	2,50	32	8	62
Andance	0,00016	320	800	2,50	800	2,50	32	8	97
Glun	0,00016	320	800	2,50	800	2,50	32	8	102
Valence	0,00012	680	1200	1,76	1700	2,50	58	10	135
Baix	0,00013	480	1200	2,50	1200	2,50	38	10	110
Montélimar	0,00012	680	1200	1,76	1700	2,50	58	10	135
Mondragon	0,00012	680	1200	1,76	1700	2,50	58	10	130
Avignon (Bras actuel du Rhône et Bras de Villeneuve.)	variable	env 1800	1700	env 0,95	1700	env 0,95	variable	8 à 10	larg. entre digues exist. ^{tes}

halage aura une certaine importance, un chemin de 1 mètre de largeur sera prévu à 1 mètre au-dessus de l'eau, avec escaliers dans le talus de distance en distance.

La dérivation navigable de Condrieu a été prévue en tunnel sur une partie de son tracé pour éviter le passage à travers la ville en grande tranchée, ou un tracé extérieur à court rayon. La section de ce tunnel est à voie unique.

NOTE RELATIVE A L'IRRIGATION

Nous n'avons pas prévu dans notre projet de disposition spéciale concernant l'Irrigation.

Nous nous rallions complètement aux projets étudiés en 1909 par le Ministère de l'Agriculture consistant à installer des stations de pompage pour puiser l'eau du Rhône à Comps et à Saint-Gilles.

La puissance relativement faible nécessaire aux pompes sera tout naturellement fournie par l'une ou l'autre des

En outre, si le besoin se faisait sentir d'irriguer d'autres régions que celles de la Crau, les usines projetées sur tout le cours du Bas-Rhône fourniraient dans des conditions les plus intéressantes la puissance nécessaire à l'installation de nouvelles stations de pompage.

OUVRAGES D'ART

Barrages. — Ils seront du type à « Rouleaux ». Les rouleaux seront surmontés d'une bavette mobile de faible retenue (un à deux mètres), commandée hydrauliquement par les pressions de retenue, se rapprochant en ceci des différents types de barrages automatiques tels ceux du type dit : « En toit ». L'abaissement de la bavette mobile permettra le passage dans le déversoir d'excédents de débits déjà importants et réduira ainsi la manœuvre des rouleaux à un minimum. Il est en outre reconnu que le passage de l'eau en déversoir affouille beaucoup moins le radier ou le sol de fou-

dation, que les eaux passant en chasse sous les vannes relevées en parties ou totalement.

Ouvrages de garde. — Ils seront également du type à « Rouleaux », et placés en tête des dérivations. Ils nous permettront d'être maître du niveau de l'eau dans celles-ci et interviendront en cas de réparations de ces dérivations.

Ecluses. — Elles seront prévues aux dimensions suivantes : 80 x 12 m. d'espaces libre avec 2 m. 50 de tirant d'eau sur les buscs. Elles seront en béton armé avec ou sans bassins d'épargne, suivant la hauteur à franchir. Les portes en seront levantes.

Usines. — Elles seront du type dites « Usines-Barrage » et placées en travers du canal de dérivation. Leur longueur variera suivant le débit qu'elles utiliseront de 120 à 250 mètres. Leur largeur sera comprise entre 40 et 50 m. suivant la chute et les conditions locales.

La bache des turbines sera en ciment armé faisant corps avec le bâtiment.

Les roues des turbines atteindront un diamètre de 6 à 7 mètres. Elles seront faites en plusieurs parties et montées sur place.

Le diffusur sera blindé sur une petite longueur.

Les turbines seront du type « Francis », à axe vertical et à roue simple pour les chutes de 7 à 16 mètres. Elles seront pour les chutes inférieures, du même type, mais à axe horizontal et à roues multiples ; de façon à obtenir un plus grand nombre de tours des alternateurs.

L'usine transformatrice sera partout dans le même bâtiment que l'usine génératrice, comme on le fait maintenant pour toutes les grandes centrales américaines des Etats-Unis et du Canada.

Ponts. — Tous les ponts qui franchiront nos dérivations seront, à part trois ponts-rail sur celle de Mondragon, des ponts-route en deux travées dont une sur le canal de navigation de 35 à 40 mètres de portée et l'autre sur le canal de force motrice de 50 à 75 mètres. Le tirant d'air sera de 5 m. 50 au minimum.

DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT

Nous avons déterminé pour chacune des dérivations les cubes de terrassements, le coût du mouvement des terres, ainsi qu'une estimation en nous basant sur les prix actuels des principaux ouvrages d'art.

Le prix de l'équipement hydraulique et électrique des usines génératrices et transformatrices a été fixé d'après les plus récents renseignements.

Nous avons prévu un fort prix pour les barrages en fleuve qui, quoique ayant été situés à des emplacements où le sol de fondation est connu de bonne qualité, peuvent présenter de grands aléas dans leur construction. Les imprévus ont été également, pour de mêmes raisons, tenus très larges.

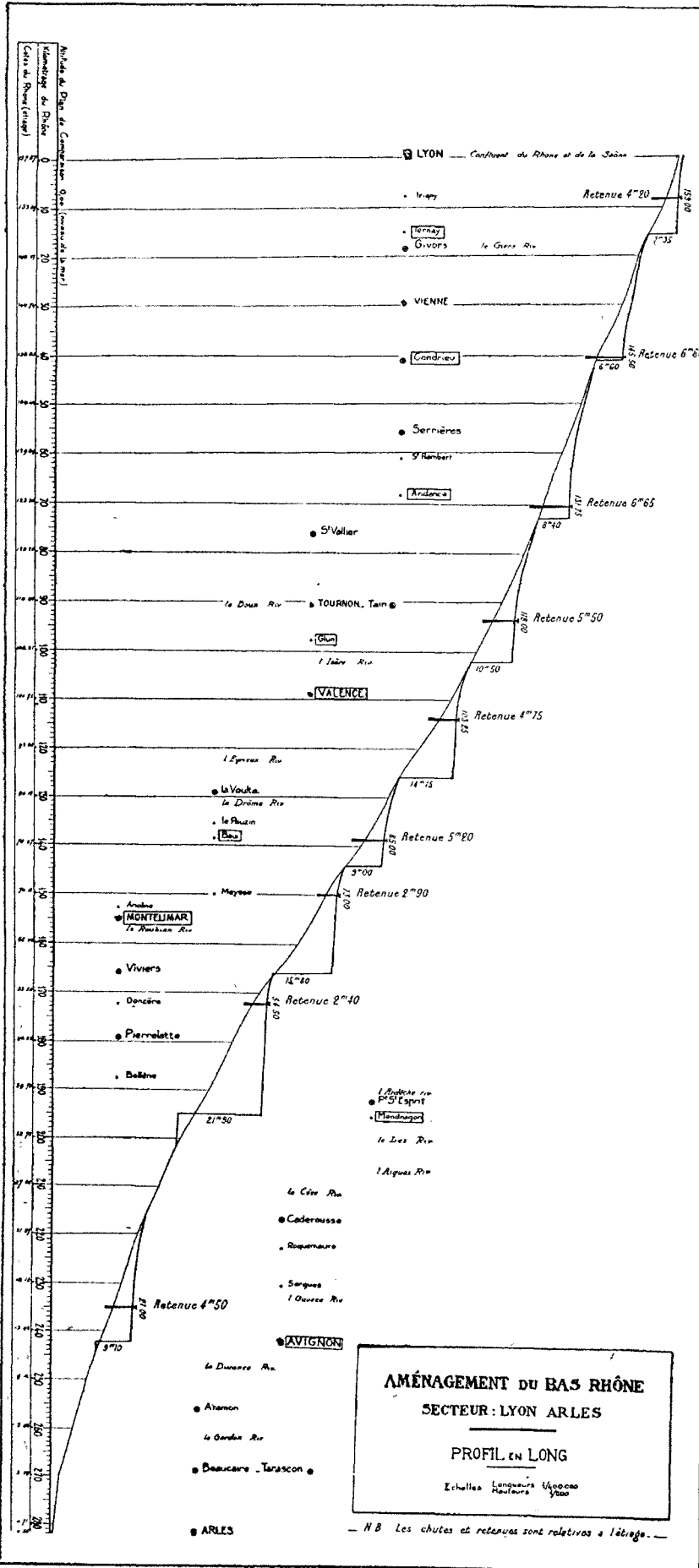
Les prix indiqués au Tableau V tiennent compte non seulement des dépenses inhérentes à la construction des usines hydroélectriques, mais de celles de la construction des canaux de navigation au droit de nos dérivations, des frais financiers et des charges annuelles de l'entreprise.

Les frais financiers comprennent :

Les intérêts du capital engagé pendant la durée des travaux ; les frais d'émission des obligations et des actions, etc.

Les charges annuelles prévoient :

L'intérêt et l'amortissement en 75 ans du capital prévu, au



Les vannes ont dans notre projet une portée de 25 à 30 mètres et une hauteur variant entre 3 et 5 mètres.

taux de 7,50 %, les impôts sur titres, charges diverses, frais généraux, ainsi que les dépenses d'exploitation et d'entretien. L'ensemble est résumé par le tableau V.

TABLEAU V

Puissances récupérables et des prix d'établissement de l'aménagement du Bas Rhône, selon projet Rateau.

DERIVATIONS	Puissance semi-permanente en HP	Prix en francs y compris navigation et frais financiers	Prix en francs du HP semi permanent installé
Ternay	36 000	85.000.000	2.630
Condrieu	37.700	74.000.000	1.965
Andance	53 500	85.000.000	1 590
Glun	64 300	114.000 000	1.775
Valence	151.800	199.000 000	1.310
Baix	68.000	119 000 000	1 525
Montélimar	175.000	217 000 000	1 240
Mondragon	246 500	295.000 000	1.200
Avignon	107 200	112.000.000	1 045
	950.000 HP	1.300.000.000	1.370 fr.

Kilowatts-heure par an (8.700 heures) : 5.800.000.000

Notons en passant que, pour l'aménagement du Haut Rhône de la frontière suisse à Jons et suivant les divers projets en cours d'étude, les chiffres correspondants sont :

- Puissance totale semi-permanente : 340.000 HP.
- Prix total de premier établissement : 915.000.000 frs.
- Prix du HP. semi-permanent installé : 2.690 frs.
- Kilowatts-heure par an (8.700 heures) : 2.600.000.000.

PRIX DE REVIENT

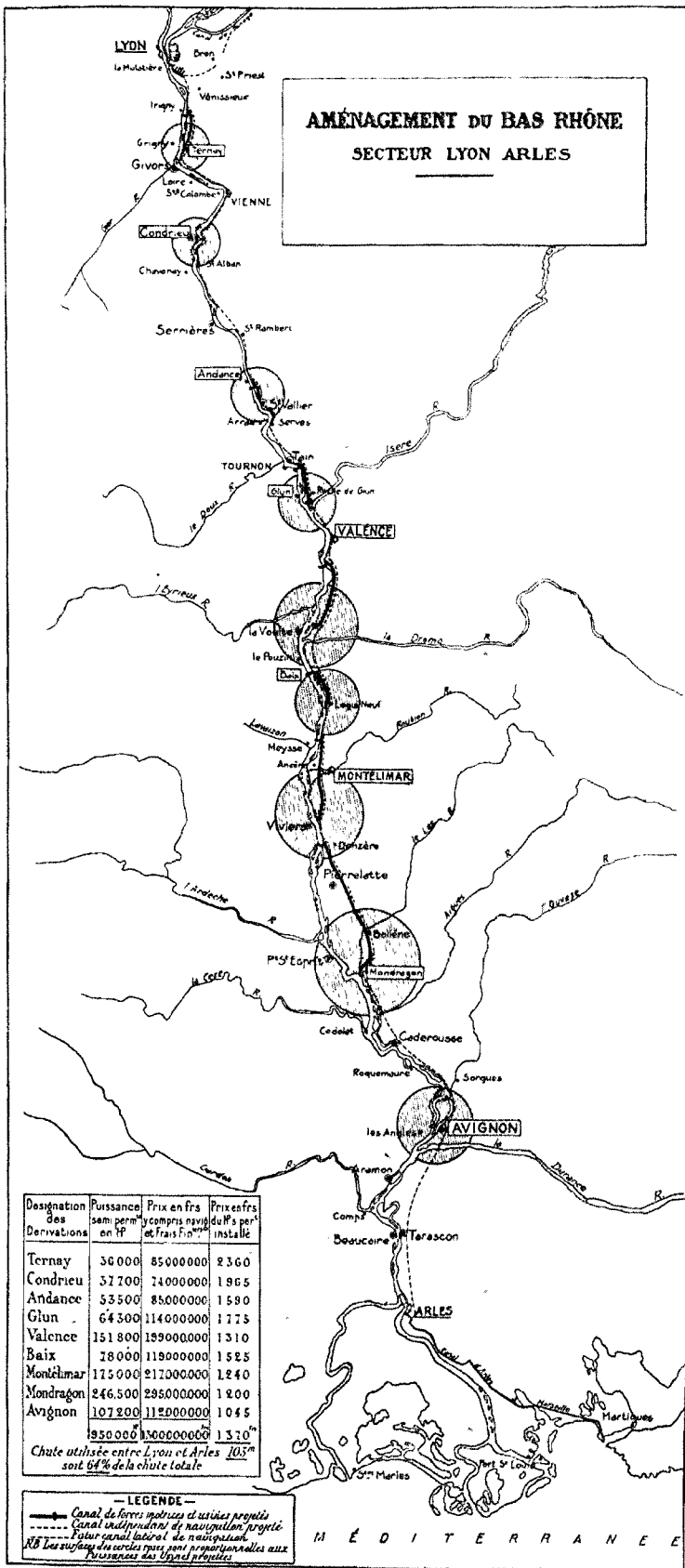
L'évaluation des dépenses de premier établissement des frais financiers, et des charges annuelles, renfermant évidemment une part d'aléas, provenant de l'impossibilité dans laquelle nous sommes actuellement de prévoir les conditions économiques à venir.

Réservant ces considérations, nous pouvons établir tout de même le prix de revient de l'énergie électrique produite par les usines projetées.

La production annuelle totale des usines ayant été évaluée à 5 milliards 800 millions, kw.h. le prix de revient du kw.h., mesuré au départ des usines génératrices, ressort à 2,25 centimes. Ce prix est un minimum théorique correspondant à une utilisation totale des quantités d'énergie disponible. Cette utilisation totale sera difficilement réalisée. Il est prudent de ne compter pratiquement que sur une utilisation annuelle d'environ 3 milliards 500 millions kw.h., à laquelle correspondrait un prix de revient voisin de 3,7 centimes.

Pour mieux apprécier tout l'intérêt de ce prix, remarquons bien que dans les évaluations ci-dessus le concessionnaire est supposé supporter seul toutes les charges de l'entreprise sans tenir compte des grands avantages qu'elle apportera à la navigation.

RATEAU.



NOTE DE LA RÉDACTION

Nous continuerons cet exposé du projet Rateau par des considérations sur « l'Aménagement du Bas-Rhône au point de vue de la Navigation » et « la Régulation du Débit par le lac du Bourget ».