L'Aménagement des Forces hydrauliques de la Bonne et du Drac.

Par M. E. DUSAUGEY.

Parmi les grands travaux d'intérêt général dont l'exécution pourrait, en application des stipulations du traité de Versailles, faire l'objet de négociations avec l'Allemagne, le Ministre des Travaux publics a, dans son exposé du 27 juin dernier, placé l'aménagement des forces hydrauliques de la Bonne et du Drac, en Dauphiné (1).

totale de chute de 561 mètres, est déjà aménagé sur 126 m. (1), pour une puissance installée d'environ 40.000 chevaux (fig. 1).

La tranche que la Société Forces Motrices Bonne et Drac a projeté de mettre en valeur, et dont elle possède la majeure partie des riverainetés, s'étend, en un seul tenant, de l'altitude 719 m. à l'altitude 487 m., soit sur une hauteur de 232 m., c'est-à-dire à peu près le double de la hauteur actuellement exploitée.

La disposition extrêmement favorable des lieux permet d'envisager l'aménagement de cette tranche, à volonté, soit en un seul palier de 209 m. de chute brute, avec dérivation de 12 kilom. de longueur, soit en deux paliers, l'un en amont, de 137 m. 50 de chute brute, avec dérivation de 5.200 mètres,

Ce n'est pas sans raison que ce projet a été retenu, car, parmi tous ceux, fort nombreux, qui sont l'objet d'études et de demandes en concession, il est peut-être celui qui se présente dans les conditions les plus favorables, au point de vue, tant du consommateur que du producteur d'énergie. Nous allons le montrer, en résumant, en quelques traits, la physionomie technique et économique de cette affaire.

Le Drac est un affluent de l'Isère, qui, sur une hauteur

l'autre en aval, de 71 mètres de chute brute, avec dérivation de 700 mètres. Dans les deux cas, on a réservé, à l'extrémité aval, une tranche de 22 mètres, qui constituera le « palier de compensation » des débits, modifiés, comme nous le verrons, par le fonctionnement des biefs supérieurs.

La Société Forces Motrices Bonne et Drac a porté son choix sur l'aménagement en deux paliers (fig. 2, en hors texte, à la fin de la brochure), non seulement parce que cette solution élimine quelques difficultés techniques inhérentes à l'aménagement en un seul palier, mais

(1) La Société Forces Motrices Bonne et Drac vient de mettre à l'étude une variante dont la réalisation serait extrêmement favorable à la régularisation des débits du Drac. Elle consiste en le relèvement du barrage du Sautet de la cote 719 à la cote 765 et en la création d'un réservoir de 120 millions de m³ dans la plaine constituée par le confluent du Drac et de la Souloise jusqu'en amont du Pont du Loup.

(1) Chute d'Etat du Pont-du-Loup : 45 m. ; chute d'Avignonnet, à la Société de Force et Lumière : 24 m. ; chute de Champ, à la Société de Fure et Morge : 39 m. ; chute du Drac-Romanche, à la Société du même nom : 18 m.

Profil en long des chute

du D

Palier amontCordéac(CHUTE DU PONT DU LOUP)

DÉPARTEMENT DES HAUTES-ALPES

DÉPARTEMENT DE L'ISÈRE

Plan de comparaison: 440,00

Altitudes de l'eau	765,00	732,50	719,00	671,15	643,20
Distances au confluent de la Bonne	1,48	19,61	1,8	14,70	1,54
Pentes moyennes	1,82%		1,42%		1,23%

surtout parce qu'elle permet de procéder à l'aménagement en deux étapes, ce qui facilite, et le placement graduel de l'énergie et la réunion des capitaux, tout en assurant à ceux-ci une rémunération plus certaine au fur et à mesure des immobilisations. Cette considération, de haute importance en tout temps, prend une valeur particulière dans la période troublée que nous traversons.

Les conditions topographiques et géologiques se prêtent d'ailleurs, de la plus heureuse façon, à la constitution de deux biefs à réservoirs, comme on le verra dans notre description sommaire.

Palier amont

L'ouvrage essentiel du palier amont, dit de Cordéac, sera constitué par un barrage de 80 mètres de hauteur construit dans le cañon du Sautet, en un point exceptionnel où la plus grande largeur du profil est d'environ 20 mètres (fig. 3 et 4) et où les parois sont constituées par des calcaires et marno-calcaires jurassiques, d'une stabilité et d'une imperméabilité très grandes, assurant un encastrement latéral parfait.

L'étude géologique des lieux a d'ailleurs été faite, avec

des installations hydro-électriques et de la Bonne

beaucoup de soin, par M. Kilian, membre de l'Institut, qui a déclaré qu'il considérerait cet emplacement comme l'un des plus favorables des Alpes françaises.

Le barrage, construit pour travailler en voûte, suivant des méthodes relativement nouvelles en Europe, pourra être établi, malgré sa hauteur importante, avec une très grande sécurité et à peu de frais.

Il créera une retenue totale d'environ 20 millions de mètres cubes, dans un bassin qui est formé de schistes, de marno-calcaires et de calcaires liasiques et jurassiques, et dont l'étanchéité est certaine.

En n'utilisant que la tranche supérieure de 13 mètres, correspondant à 12 millions de mètres cubes utiles, tranche déterminée pour assurer le rendement optimum, on constituera un ouvrage hydraulique d'une souplesse remarquable. Cette réserve ne permettra pas seulement, en effet, de relever le débit moyen d'environ 2 m³/sec. pendant les 4 mois des étiages d'hiver et d'automne, mais elle permettra surtout de débiter à volonté les basses eaux, relevées, en année moyenne, à 15 m³/sec. pour les jours ouvrables, soit à raison de 30 m³/sec. (40.000 chevaux) pendant 12 heures, soit à raison de 60 m³/sec (80.000 chevaux) pendant 6 heures,

soit à raison, si on le voulait, de 120 m³/sec. (160.000 chevaux) pendant 3 heures, soit suivant toute autre combinaison. *On disposera ainsi d'une des plus belles chutes de pointes de la région des Alpes.*

En raison de diverses considérations, les ouvrages ont été déterminés pour un débit maximum s'élevant, en régime normal, à 30 m³/sec. (ce qui correspondra à 41.000 chevaux environ sur l'arbre des turbines et à 28.000 kilowatts aux barres de l'usine) et, en régime de pointe, à 36 m³/sec. (32.000 kilowatts aux barres).

Le tunnel d'amenée, entièrement situé en terrain rocheux, aura une longueur de 5.150 mètres, une section circulaire de 4 m. 20 de diamètre, et subira une charge maximum de 22 mètres à son extrémité aval.

L'usine génératrice, située sur la commune de Cordéac, comprendra 5 groupes de 7.200 kilowatts (dont un de secours) alimentés chacun par une conduite forcée de 1 m. 70 de diamètre.

Fig. 3. — Coupe géologique du cañon du Drac au Sautet.

Palier aval

L'ouvrage essentiel du palier aval, dit de Saint-Pierre-de-Méarotz, consistera en un barrage de 70 mètres de hauteur et de 110 mètres de longueur en crête (fig. 5), par conséquent plus important que celui du Sautet, mais qui, comme lui, sera encastré dans un calcaire jurassique solide et étanche. Les fondations de ce barrage pourront s'exécuter économiquement, car les sondages tubés qui viennent d'être entrepris, ont révélé la présence de la roche en place à 1 mètre seulement au-dessous du lit d'alluvions.

Ce barrage créera une retenue totale d'environ 20 millions de m³, dont on n'utilisera que la tranche supérieure de 7 m. 50, correspondant à 6.500.000 m³ utiles.

Cette réserve, tout en permettant de relever d'environ 1 m³/sec. pendant les 4 mois des étiages d'hiver et d'automne, le débit moyen déjà relevé de 2 m³/sec. par la réserve d'amont, permettra en outre, comme cette dernière réserve, d'effectuer des pointes extrêmement intéressantes.

Comme pour le palier de Cordéac, les ouvrages ont été déterminés pour un débit maximum s'élevant, en régime normal, à 30 m³/sec. (ce qui correspondra à 21.000 chevaux environ sur l'arbre des turbines et à 14.500 kilowatts aux barres de l'usine) et, en régime de pointe, à 36 m³/sec. (16.500 kilowatts aux barres).

Le tunnel d'amenée aura la même section que celui de la chute amont, mais une longueur de 650 m. seulement.

L'usine génératrice, située sur la commune de Saint-Pierre-de-Méarotz, comprendra 5 groupes de 3.700 kilowatts (dont un de secours) alimentés chacun par une conduite forcée de 1 m. 70 de diamètre.

On conçoit le parti exceptionnel qu'il sera possible de tirer des deux réservoirs superposés, fonctionnant en conjugaison et dont le jeu sera corrigé, à l'égard des riverains inférieurs, par le réservoir du palier de compensation, d'une capacité de 800.000 m³ environ. Il n'est donc pas surprenant que ces deux chutes, essentiellement productrices d'énergie régularisée et dont l'aménagement ne présente pas d'aléas, aient retenu l'attention de ceux qui sont intéressés au développement de notre richesse hydraulique.

Fig. 4. — Emplacement du barrage du Sautet.

Chute de la Bonne-Inférieure

La Société Forces Motrices Bonne et Drac possède en outre trois chutes sur la Bonne, gros affluent du Drac ; les travaux d'équipement de la chute inférieure (de 68 mètres environ de hauteur brute), commencés pendant la guerre, sont aujourd'hui très avancés.

Il n'est pas possible de créer des réservoirs régularisateurs sur la Bonne, mais la disposition des lieux permettra de conduire les eaux de la chute inférieure dans le réservoir du palier de Saint-Pierre où elles pourront être accumulées avec celles du Drac.

Le débit maximum dérivé a été fixé, pour la chute de la Bonne-Inférieure, à 10 m³/sec., ce qui correspondra à 6.800 chevaux environ sur l'arbre des turbines, et à 4.600 kilowatts aux barres de l'usine.

Le tunnel d'amenée, dont le percement est achevé et dont le revêtement est en grande partie exécuté, a une longueur de 3.150 mètres et une section d'environ 7 m² 8.

L'usine génératrice comprendra deux groupes de 2.350 kilowatts alimentés par une conduite forcée de 1 m. 80 de diamètre. Ils seront installés dans le même bâtiment que ceux de la chute de Saint-Pierre.

Puissance et Energie disponibles

Les bassins hydrauliques de la Bonne et du Drac, alimentés par certains glaciers du Pelvoux, font partie d'une des plus riches régions de houille blanche des Alpes françaises. Leur superficie totale, au confluent des deux rivières, est d'environ 1.500 km² (fig. 6).

heure, dont 115 millions régularisés sous une puissance de 43.000 kilowatts. En d'autres termes, tandis que les chutes sans réservoirs ne peuvent débiter leur puissance installée que pendant la période des hautes eaux, c'est-à-dire pendant une très faible fraction des heures ouvrables de l'année, tandis aussi que ces mêmes chutes ne peuvent garantir que leur puissance d'étiage, les chutes de la Bonne et du Drac pourront garantir, pendant les heures ouvrables de l'année, *environ la moitié de l'énergie brute totale, sous une puissance d'environ 91 % de la puissance maximum disponible en régime normal*. Une telle énergie est ce qu'on a appelé en Suisse de « l'énergie ennoblie », celle dont le

Fig. 5. — Emplacement du barrage de Saint-Pierre.

Le régime de ces deux cours d'eau, mi-glaciaire et mi-pluvial, a été étudié par le Service des grandes Forces hydrauliques. Les documents que l'on possède permettent donc de calculer avec sécurité l'énergie qui sera disponible dans les trois chutes.

On établit ainsi que l'usine supérieure de Cordéac pourra produire annuellement 150 millions de kilowatts-heure, dont 65 millions régularisés toute l'année pendant 8 heures par jour ouvrable sous une puissance de 27.000 kilowatts, et que l'usine inférieure de St-Pierre pourra produire annuellement 80 millions de kilowatts-heure, dont 33 millions régularisés toute l'année pendant 8 heures par jour ouvrable sous une puissance de 14.000 kilowatts.

Quant à l'usine de la Bonne-Inférieure, elle pourra produire annuellement 34 millions de kilowatts-heure, dont 17 millions régularisés toute l'année pendant 24 heures par jour sous une puissance de 2.000 kilowatts.

En résumé, les trois chutes seront susceptibles de produire annuellement environ 260 millions de kilowatts-

facteur d'utilisation est de 100 % et dont la valeur industrielle est la plus grande.

A noter également que, grâce à la capacité des réserves, les pointes maxima de puissance pourront atteindre, à toute époque, de 50 à 55.000 kilowatts.

En dehors de l'énergie de première qualité dont il a été question, les disponibilités annuelles des usines comporteront, en moyenne, 145 millions de kilowatts-heure bruts, de qualité moindre et de facteur d'utilisation moins élevé, mais dont la valeur commerciale sera encore appréciable, soit pour les industries électro-métallurgiques et électro-chimiques régionales, soit pour un transport dans des régions desservies par des chutes de régime hydraulique complémentaire de celui des Alpes, comme celles du Massif Central.

Remarquons enfin, pour traduire l'importance des chutes de la Bonne et du Drac, que l'énergie qu'elles sont capables de produire correspond à une consommation annuelle d'environ 200.000 tonnes de charbon.

Dépenses d'Installation et Prix de Revient

Tout le monde est aujourd'hui d'accord pour reconnaître que le développement de nos forces hydrauliques et de la distribution de l'énergie électrique sur tout notre territoire, est un des éléments essentiels de notre relèvement économique. Travailler dans cette voie, ce n'est pas simplement améliorer les conditions de la production dans les centres industriels et dans les régions agricoles, mais c'est aussi parer à la cause d'infériorité de notre situation économique, qui découle de notre pauvreté en combustible minéral. Mais il ne faut pas perdre de vue que l'énergie, quelle que

La logique et l'intérêt veulent donc que l'aménagement intensif des chutes d'eau commence par celles qui peuvent se suffire à elles-mêmes avec le maximum d'utilisation, c'est-à-dire le minimum de prix de revient, et, ainsi qu'on l'a dit au Congrès de Bordeaux, si l'Etat doit intervenir, ce doit être pour favoriser la production des meilleurs kilowatts-heure.

Les chutes de la Bonne et du Drac sont certainement de celles-là. La disposition favorable des lieux réduit la dépense totale en travaux à 37.600.000 francs pour le palier amont, et à 47.400.000 francs pour le palier aval, la Bonne-

Forces Motrices Bonne et Drac

BASSINS DE LA BONNE ET DU DRAC

PLAN GÉNÉRAL

Bassin versant de la Bonne-Supérieure.	232 Km ²
" " " Bonne-Moyenne.	252 "
" " " Bonne-Inférieure.	362 "
" " " du Drac-Cordéac.	990 "
" " " du Drac-S ^t Pierre.	1120 "
" " " du Barrage de Compensation.	1507 "

Fig. 6.

soit son origine, ne peut concourir au développement de notre industrie nationale que si son prix de revient est suffisamment bas. Aménager des chutes en tous lieux et à tous prix, ce n'est pas seulement contribuer à la pléthore de l'énergie, mais c'est encore produire à des prix prohibitifs, souvent supérieurs à ceux de l'énergie thermique ; c'est donc aller à l'encontre du but poursuivi. Sans doute, les grands réseaux d'interconnexion entre bassins complémentaires amélioreront plus tard, dans une certaine mesure, l'utilisation saisonnière, ce qui augmentera légèrement le rendement annuel et, par suite, abaissera le prix de revient, mais l'utilisation journalière n'en restera pas moins soumise aux exigences essentiellement discontinues de la vie industrielle.

Inférieure et le palier de compensation. Le prix de revient du kilowatt-heure brut aux barres des usines, si l'on tient compte des frais improductifs représentés par les intérêts intercalaires, les frais de constitution, les commissions aux banques, etc..., sera d'environ 4 centimes.

Utilisation

L'aménagement des chutes de la Bonne et du Drac est donc l'un des plus intéressants des Alpes françaises, en raison, tant de la grande puissance disponible que de la régularisation facile et du faible prix de revient, mais il est aussi l'un des plus intéressants en raison du parti que l'on en peut tirer. Il suffit, en effet, de jeter les yeux sur la carte du bassin du Rhône (fig. 7) pour voir que la situation de ces

chutes est telle que leur énergie peut être revendiquée par les plus grandes régions industrielles de la vallée du Rhône et par la Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M., grâce aux grandes lignes de transport dont la construction est prévue entre Grenoble et Lyon-Saint-Etienne, d'un côté, et, d'un autre côté, entre Grenoble et Marseille, par la vallée de la Durance.

S'il y a actuellement, dans la période de crise que nous traversons, équilibre provisoire entre la production et la consommation d'énergie électrique, il n'est pas douteux qu'aux premiers jours d'une reprise inéluctable de l'activité générale, celle-ci dépassera celle-là et que le rétablissement et le développement des grands centres seront d'autant plus rapides que l'énergie électrique y affluera en plus grande abondance et à meilleur marché.

Des villes telles que Lyon, Saint-Etienne et peut-être encore plus Marseille, dont les perspectives de développement industriel sont immenses, sont donc particulièrement intéressées à l'aménagement d'installations hydro-électriques telles que celles de la Bonne et du Drac. Les producteurs d'énergie du Massif Central ne le sont pas moins, puisque l'étiage de leurs cours d'eau correspond au maximum de débit des cours d'eau des Alpes et que de l'interconnexion de ces régions complémentaires peut résulter une compensation des plus profitables à l'intérêt général.

Ainsi se trouve démontrée la valeur des chutes de la Bonne et du Drac et ainsi sont expliquées les raisons pour lesquelles le Ministre des Travaux publics les a placées au nombre de celles dont la réalisation s'impose à bref délai.

Ajoutons que le mérite d'avoir fait les efforts nécessaires pour mettre sur pied ce magnifique projet revient à la

Compagnie des Hauts-Fourneaux de Chasse. Après avoir fait exécuter une première tranche de travaux sur la Bonne, elle les a momentanément interrompus pour les mettre

Situation géographique des chutes Bonne et Drac

Fig. 7.

en harmonie avec les ouvrages du Drac, conformément à l'aménagement général que nous venons de décrire. Il faut espérer que l'on pourra bientôt se remettre à l'œuvre, avec l'aide, tant du concours prévu par le Ministre des Travaux publics que des concours financiers attendus par la Compagnie des Hauts-Fourneaux de Chasse et sa filiale, la Société Forces Motrices Bonne et Drac.