ÉLECTRICITÉ

L'Energie Electrique du Littoral Méditerranéen

par L. BARBILLION, *Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble*

La Société « Energie Electrique du Littoral Méditerranéen » est la plus importante entreprise française de Houille Blanche. Son rayon d'action comprend dix départements au Sud-Est de la France, où l'énergie électrique est fournie par la Société soit directement, soit indirectement par l'intermédiaire de Sociétés achetant le courant en gros. L'énergie électrique est produite actuellement par deux grandes centrales thermiques, quinze usines hydrauliques et une usine à vapeur, de moindre importance.

Usines hydrauliques

Donnons ci-après l'énumération des quatorze usines hydrauliques, avec respectivement leur puissance installée, leur hauteur de chute et leur année de mise en service, qui utilisent les eaux des principales rivières de la région, à savoir, en allant de l'Est à l'Ouest :

Dans le département des Alpes-Maritimes :

Sur la Roya,

1^o L'Usine de Fontan
11 000 Ch. 100 m. (1914)

Sur la Vésubie,

2^o L'Usine de Saint-Jean-la Rivière
3 000 Ch. 30 m. (1917)

Sur la Tinée,

3^o L'Usine du Bancairon
57 500 Ch. 310 m. (1929)

4^o L'Usine du Bauma-Négra 1 000 Ch. 9 m. (1916)

Sur le Var,

5^o L'Usine de la Mescla 2 250 Ch. 10 m. (1896)

6^o L'Usine du Plan-du-Var 6 000 Ch. 27 m. (1900)

Sur le Loup,

7^o L'Usine du Pont-du-Loup 4 000 Ch. 240 m. (1902)

Sur la Siagne,

8^o L'Usine de Saint-Cézaire 15 000 Ch. 350 m. (1907)

Dans le département du Var :

Sur l'Argens,

9^o L'Usine d'Entraigues 3 000 Ch. 20 m. (1905)

Dans le département des Bouches-du-Rhône :

Sur le canal d'irrigation du Verdon,

10^o L'Usine d'Aix
2 000 Ch. 79 m. (1907)

Sur la Durance,

Dans le département des Hautes-Alpes :

11^o L'Usine de Ventavon
44 000 Ch. 50 m. (1909)

12^o L'Usine du Poët
27 500 Ch. 25 m. (1927)

Dans le département des Basses-Alpes :

13^o L'Usine de la Brillane-Villeneuve
17 500 Ch. 23 m. (1908)

14^o L'Usine du Lague
9 000 Ch. 9 m. (1916)

15^o L'Usine de Sainte-Tulle
50 000 Ch. 34 m. (1922)

Parmi ces usines, les deux plus intéressantes sont celles de Sainte-Tulle et du Bancairon.

L'Usine de Sainte-Tulle se classe actuellement, comme la plus importante de la Société par son installation munie de tous les perfectionnements modernes. Elle constitue en réalité un ensemble de deux grandes usines, l'une hydraulique d'une

puissance de 50 000 Ch., équipée avec cinq turbines de 10 000 Ch., l'autre thermique comprenant cinq groupes turbo-alternateurs dont quatre de 20 000 Ch. et le cinquième de 32 500 Ch. L'équipement total atteint ainsi 162 500 Ch.

L'usine est alimentée par deux conduites en béton armé de 5 m. de diamètre intérieur chacune. (fig. 1)

Le bâtiment de la salle des machines a 200 m. de longueur et 24 m. de largeur. La partie hydraulique occupe 90 m. de longueur, et outre les cinq groupes turbo-alternateurs de

Fig. 1. — Pendant la construction d'une conduite en béton armé à l'usine de Sainte-Tulle.

10000 Ch., elle comprend deux groupes auxiliaires de 550 Ch. chacun fournissant le courant continu pour l'excitation des alternateurs. (fig. 2)

spéciaux de dessablement constitués suivant un type breveté, et qui ont donné des résultats très satisfaisants. (fig. 4) Une autre particularité est constituée par un canal d'amenée, long

Fig. 2.— Usine de Sainte-Tulle - Hall des turbines hydrauliques.

L'Usine du Bancairon comprend cinq groupes principaux, constitués chacun par une turbine Pelton de 11500 Ch. accouplée à un alternateur triphasé 10000 Ch. 25 p. p. s. (fig. 3)

de 14 km 750, qui est souterrain et construit dans le rocher sain. Il franchit cinq vallons très profonds par des aqueducs en béton armé. (fig. 5) Avant d'arriver à la chambre de mise

Fig. 3. — Usine du Bancairon - Vue intérieure.

Ces turbines sont à deux roues avec un seul jet par roue. Comme la Tinée transporte au moment des crues d'assez grosses quantités de sable et de gravier, on a installé trois grands bassins

en charge, il forme un réservoir souterrain long de 1500 m. et d'une capacité de 60000 m³.

L'Usine du Bancairon réalise le premier échelon de l'aménage-

ment intégral de la Tinée, qui sera entrepris au fur et à mesure du développement de la consommation.

Usines thermiques

La production des Usines hydrauliques est régularisée par

Fig. 4. — Usine du Bancairon - Ouvrages de la prise d'eau - Bassins de dessablement.

Fig. 5. — Aqueduc de Saint-Ferréol - Canal de l'usine du Bancairon.

les deux grandes Usines thermiques de Sainte-Tulle (112500 Ch.) et de Lingostière (72500 Ch.).

L'Usine thermique de Sainte-Tulle comprend actuellement quatre groupes turbo-alternateurs de 20000 Ch. chacun tournant à 1500 t/m, et un cinquième groupe de 32500 Ch. (fig. 6). L'emplacement est prévu pour un sixième groupe de 32500 Ch. L'eau de circulation nécessaire aux condenseurs est prise dans le canal de fuite de l'usine hydraulique. La vapeur est fournie à la pression de 20 kgs par deux chaufferies, dont la première comprend 16 chaudières du type terrestre de 650 m², tandis que la seconde, plus nouvelle, n'est équipée encore qu'avec deux chaudières du type semi-marine de 1200 m². Toutes les chaudières comportent des économiseurs et des surchauffeurs. Le tirage est réalisé dans la première chaufferie par quatre cheminées en béton armé de 85 m. de hauteur et de 4 m. de diamètre intérieur au sommet, et artificiellement dans la seconde par des appareils Prat, fonctionnant par aspiration des gaz brûlés. (fig. 7).

L'usine de Sainte-Tulle consomme principalement des lignites du gisement de Bois d'Assou à 13 km. de Sainte-Tulle, gisement très important, évalué à plus de 20 millions de tonnes. Ce lignite est de bonne qualité et donne toute satisfaction.

L'Usine thermique de Lingostière construite près de Nice a été mise en service en 1925. Elle contient actuellement deux groupes turbo-alternateurs de 20000 ch. chacun et un groupe de 32500 ch. (fig. 8). L'eau de circulation est fournie par une dérivation du Var. La chaufferie comprend deux rangées de chaudières. La première comporte six unités de 630 m², tandis que dans la deuxième, on n'a installé encore que deux chaudières de 800 m². Le tirage est assuré par une cheminée en béton armé pour chaque rangée, de 85 m. de hauteur et de 5 m. de diamètre intérieur au sommet. Chaque chaudière est munie d'un surchauffeur et d'un économiseur. (fig. 9).

Les deux usines thermiques comportent des installations

spéciales de monte-charbon et de convoyeurs assurant l'alimentation des chaudières.

Toutes les usines sont équipées d'un appareillage et d'un

Une remarque intéressante : On a utilisé dans ces usines, de préférence pour les grandes puissances, des groupes de trois transformateurs monophasés, au lieu d'unités triphasées.

Fig. 6. — Centrale thermique de Sainte-Tulle - Hall des turbo-alternateurs.

poste de transformation qui permettent toutes connexions utiles. Outre les lignes d'interconnexion, dont nous parlerons plus bas, mentionnons que trois lignes spéciales relient

Postes de transformation et réseaux de transport

La production annuelle dépasse sept cents millions de kwh.

Fig. 7. — Centrale thermique de Sainte-Tulle - Chaufferie à charbon pulvérisé.

l'usine de Sainte-Tulle à Marseille, de même ce fait que l'usine de Lingostière assure, en part, l'alimentation du réseau de Nice durant la pointe d'éclairage d'hiver.

dont 93 à 95 % sont fournies par les usines hydrauliques pour un régime normal des rivières.

L'énergie électrique est uniformément produite et distri-

buée sous forme de courant triphasé à 25 p. p. s. Le choix de cette fréquence a été déterminé à l'origine par le fait que la clientèle de la Société était principalement une clientèle de

Une artère de transport connecte les usines des départements des Alpes-Maritimes et du Var, à une tension de 10 000 V. ou de 30 000 V. à huit postes de transformation. Une ligne

Fig. 8. — Turbo-alternateur de 32 500 chevaux.

force motrice (tramways), utilisant pour une grande part des commutatrices.

La liaison avec les réseaux 50 p.p.s. de la Société du Sud-Electrique et de l'Electricité de Marseille est effectuée par le jeu de convertisseurs de fréquence rotatifs. La puissance des

de 60 000 V. relie l'usine de Lingostière au poste de distribution de Beausoleil, qui alimente en particulier la principauté de Monaco, et une ligne double à 60 000 V. la relie au poste de Mougins qui alimente principalement la région de Cannes. Dans un avenir très prochain, cette ligne sera prolongée jus-

Fig. 9. — Centrale thermique de Lingostière (Alpes-Maritimes).

groupes installés est de 18 000 K. V. A., répartis en trois groupes composés chacun de deux génératrices synchrones, donc réversibles.

qu'à Fréjus.

Dans les usines établies sur la Durance, le courant produit à différentes tensions (5 500 - 7 500 ou 13 500 V.) est

élevé à 50 000 V. dans un poste attendant à chaque usine.

Au poste d'Entraigues, deux transformateurs servent de liaison entre le réseau à 30 000 V. des Alpes-Maritimes et du

entre l'ensemble des usines de la Société et les autres grands centres de production d'énergie électrique des Pyrénées, du Massif-Central, des Alpes et du Rhône.

Fig. 10. — Traversée de 1 260 mètres par une ligne à 120 000 volts près de Villars (Alpes-Maritimes).

Var et le réseau à 50 000 V. des usines de la Durance. Neuf postes de transformation abaissent la tension de 50 000 V. à la tension de distribution de 13 500 V. et un poste à la tension de 10 000 V.

De l'usine du Bancairon, partent trois lignes à 120 000 V. l'une aboutissant à l'usine de Sainte-Tulle, à un groupe de

Lignes à 120 000 volts reliant les usines de Ste-Tulle, de Lingostière et du Bancairon

L'utilisation rationnelle des usines hydrauliques d'une part, et des thermiques d'autre part, a nécessité l'établissement d'un réseau d'interconnexion approprié aux puissances à échan-

Fig. 11. — Téléphonie à ondes dirigées - Condensateurs de couplage 135 000 volts.

transformation 120 000/50 000 V. les deux autres à l'usine de Lingostière, à un groupe de transformation 120 000/60 000 V. Un réseau d'interconnexion à très haute tension est prévu

ger. En tenant compte de l'importance de l'énergie qui sera mise en jeu lorsque le programme prévu pour l'aménagement de la Tinée sera achevé, ainsi que de l'alimentation prévue

des installations de traction P. L. M., on a été conduit à adopter la tension de 120 000 V., avec des conducteurs en aluminium-acier de 238 mm² de section.

Comme il a été dit, trois lignes identiques partent de l'usine

tude varie de 250 à 1 400 m. et dont les conditions climatiques sont extrêmement variables. L'établissement de ces lignes a donc nécessité des ouvrages de haute résistance mécanique. Les portées varient de 75 m. à 1 280 m. (fig. 10). En tête des pylônes, est placé un câble de terre, relié à la prise de terre tous les km. environ. Le câble de terre est interrompu dans les portées supérieures à 850 m. Pour éviter les effets néfastes dus aux vibrations provoquées par les efforts du vent et les variations brusques de température, les pince-supports de tous les conducteurs, ainsi que le bloc de serrage du câble de terre, ont été munis de rotules.

Liaison téléphonique des usines

Entre les usines de Sainte-Tulle, du Bancairon et de Lingostière, la liaison téléphonique est assurée par quatre postes de téléphonie à ondes dirigées, du système « Marius LATOUR ». On utilise comme lignes téléphoniques les fils à haute tension eux-mêmes, qui sont reliés aux appareils émetteurs et récepteurs, par des condensateurs spéciaux établis à cet effet (fig. 11). Le fonctionnement est entièrement automatique et ne nécessite pas plus de manœuvre qu'une installation ordinaire.

La clientèle desservie par la Société comprend d'abord les Compagnies de tramways du Littoral (Nice, Marseille), ensuite une très grande partie des industries consommatrices d'énergie électrique, ainsi que la majeure partie des communes dans les sept départements des Alpes-Maritimes, du Var, des Bouches-du-Rhône, des Basses-Alpes, du Gard, de l'Hérault et du Vaucluse. La population ainsi alimentée directement ou indirectement dépasse 4 millions d'habitants.

Enfin, à la suite d'accords intervenus, la Société fournira à la compagnie P. L. M. l'énergie électrique qui lui sera nécessaire, après l'achèvement du programme d'électrification de quelques lignes du Littoral, que la dite Compagnie a étudiées.

Service Météorologique. — La majeure partie du courant produit par les usines de la Société étant d'origine hydraulique, celle-ci a favorisé la création d'un réseau de postes d'observations météorologiques, avec le concours du Service des Eaux et Forêts. Actuellement 7 stations météorologiques, 42 postes d'observations nivométriques (détermination des chutes de neige), environ 90 postes pluviométriques, et une douzaine de nivopluviomètres totalisateurs (neige et pluie) de haute altitude, permettent à la Société de réunir d'une façon régulière et suivie les éléments d'une sorte de comptabilité où figurent : d'une part, les réserves hydrauliques accumulées sous forme solide dans les zones élevées des bassins versants ; d'autre part, les prélèvements effectués sur ces réserves. On peut ainsi évaluer en temps utile les apports probables des rivières pendant les basses eaux. Ces prévisions présentent un intérêt incontestable, car elles permettent de donner des indications sur la consommation probable de charbon dans les centrales thermiques, au cours des périodes de basses eaux.

Programme d'extension

Afin de faire face aux nouvelles demandes de courant dans l'avenir et, pour être en mesure d'alimenter ses réseaux au moyen d'usines hydro-électriques pourvues de grands réservoirs d'accumulation, la Société a étudié un programme d'extension qui comprend en dehors de la chute de Mirabeau sur la Durance (50 000 Ch.) analogue à la chute de Sainte-Tulle, l'aménagement d'importantes réserves hydrauliques dans le bassin de la Tinée (fig. 12).

Fig. 12. — Aménagements de la Tinée (plan général).

du Bancairon, l'une vers l'usine de Sainte-Tulle, les deux autres vers l'usine de Lingostière. En général, le tracé franchit des terrains très accidentés, des régions montagneuses dont l'alti-

Le projet élaboré en vue de l'aménagement de la Tinée comporte, outre l'utilisation des chutes sur la totalité du cours de la Tinée, l'accumulation d'importantes réserves saisonnières

constitueront une réserve d'environ 25 millions de mètres cubes. Des galeries souterraines permettront d'amener, au fur et à mesure des besoins, les eaux dans un réservoir collec-

Fig. 13 — Lac de Rabuons (Alpes-Maritimes).

dans les lacs de la région du Ténibre, non loin des sources de la Tinée (fig. 13 et 14). En effet, le régime de la Tinée est actuellement torrentiel, caractérisé par de fortes variations de débit et

leur prévu à 2325 m. d'altitude. L'eau de ce réservoir sera tout d'abord utilisée sous une chute brute de 1180 m. par l'usine de Saint-Etienne-Lacs, prévue de 50 000 Ch. au début,

Fig. 14. — Lac de Vens (Alpes-Maritimes).

par des crues subites et violentes. L'aménagement des lacs aura pour but de régulariser la puissance qui sera fournie par les usines établies au fil de l'eau. Les lacs de la région du Ténibre

pouvant être portée à 100 000 en [temps opportun (fig. 15). En comprenant dans ce chiffre la puissance de la chute de Saint-Etienne-Pra, de 400 m. de hauteur, utilisée dans le même

bâtiment. L'eau sera ensuite successivement utilisée dans les usines de la Cérizole (utilisant une chute brute de 123 m.), la Sorbière (343 m.), du Bancairon (335 m.) et de la Courbaisse

La vente des quantités ainsi produites devra être assurée par de nouvelles industries susceptibles d'un développement très important, auxquelles s'ajouteront d'importantes fournitures

Fig. 15.— Usine hydraulique de Saint-Etienne-de-Tinée (projet).

(134 m.) (fig. 16), soit en chute brute un total de 935 m. sur la Tinée et de 35 m. sur le Var. La réserve saisonnière sera utilisée sous une chute brute de 2150 m. au total.

Comme on l'a dit plus haut, la Société a établi déjà l'usine du Bancairon, d'une puissance de 57 500 Ch. On doit commencer sous peu de temps les travaux de la chute de la Courbaisse. Les travaux préparatoires de l'aménagement de la chute de Saint-Etienne-Lacs sont en cours. Cette première étape de l'aménagement de la Tinée assurera à la Société une puissance régularisée normale d'environ 50 000 Ch.

Conclusions

L'ensemble des aménagements hydrauliques, existants et

d'énergie à la compagnie P. L. M., par suite de l'électrification de son réseau dans la région du Littoral Méditerranéen. L'exécution des projets n'aura lieu que graduellement après que la Société aura acquis tous les concours financiers nécessaires, ainsi que la certitude de la vente dans des conditions convenables de l'énergie produite par les nouvelles usines.

Cette brève étude était écrite déjà lorsque m'est parvenue la très douloureuse nouvelle du décès de mon éminent et si bienveillant ami Gabriel CORDIER, Président de « l'Energie du Littoral ». D'autres, très nombreux, ont dit ce qu'il fut, et les regrets qu'il laisse.

Fig. 16. — Usine hydraulique de la Courbaisse (projet).

projetés, représente une production annuelle de l'ordre de un milliard de Kvh., chiffre qui montre l'importance du programme envisagé et des possibilités d'extension de la Société.

Je considère comme un devoir élémentaire de saluer, ici, après avoir décrit une œuvre qui fut de beaucoup la sienne, la mémoire de ce grand homme de bien, et qui plus est, de cœur.