

Quelques Installations d'Accumulation par pompage récemment réalisées en France et à l'Étranger

Par M. MARTIN, Ingénieur en chef à la Compagnie de Construction mécanique « Procédés Sulzer »
(SUITE ET FIN)

USINE DE BELLEVILLE DE LA SOCIÉTÉ D'ELECTRO-CHIMIE, D'ELECTRO-METALLURGIE ET DES ACIERIES ELECTRIQUES D'UGINE.

L'installation réalisée dans le Dauphiné par la Société d'Electro-Chimie, d'Electro-Métallurgie et des Acieries Electriques d'Ugine dépasse de loin celle de Munster par la puissance des unités mises en œuvre et celle de Viverrone par la hauteur séparant le réservoir supérieur de l'Usine de pompage. Elle est remarquable, en outre, par le rendement auquel elle aboutit.

L'important domaine hydroélectrique dont est concessionnaire cette Société dans les bassins de l'Arly, du Bonnant et du Doron de Beaufort comporte sur ce dernier cours d'eau toute une série d'usines étagées entre Venthon, au confluent de l'Arly et du Doron, et Belleville, à l'origine de la vallée du Dorinet, affluent de droite du Doron de Beaufort (photo 16).

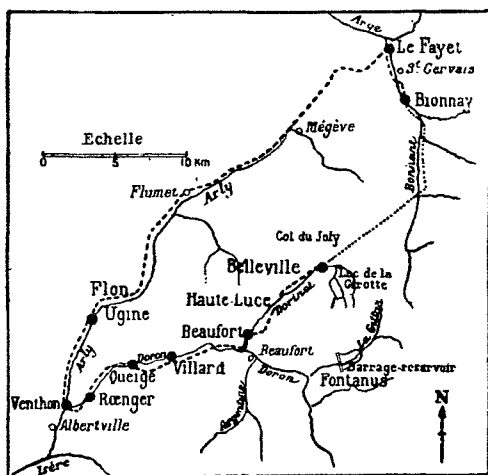


Fig. 16. — Plan général des Usines du domaine hydraulique de la Société d'Electrochimie, d'Electrometallurgie et des Acieries électriques d'Ugine (Savoie).

Pour la régulation journalière, on a pu utiliser les bassins d'accumulation que constituent les tunnels d'amenée des différentes usines. Pour les usines du Doron de Beaufort seulement, ces tunnels représentent environ 32 kilomètres de longueur et permettent une accumulation de 25 millions de mètres cubes utilisables sur une hauteur moyenne de 650 mètres, soit environ 30.000.000 kilowatts-heure.

Pour la régulation annuelle, il était intéressant de pouvoir trouver des réservoirs d'accumulation situés aussi haut que possible et représentant, par conséquent, la plus grande puissance possible par m³ d'eau accumulée.

Le lac de la Girotte, qui se trouve sur le versant gauche du Dorinet, affluent du Doron de Beaufort, se prêtait avantageusement à ce service. Situé à 1.724 mètres d'altitude, il a une capacité de 30 millions de mètres cubes et une profondeur de

100 mètres. Sa cuvette est étanche et, ne recevant aucun cours d'eau important, il ne présente pas de risque d'envasement.

Percé à 80 mètres de profondeur, il permet l'utilisation d'une réserve de 28 millions de mètres cubes à des altitudes variant de 1.724 à 1.644 mètres.

Ce volume n'est pas seulement utilisé par l'Usine de Belleville, la dernière à l'amont dans le bassin du Doron de Beaufort, mais par toutes les usines qui s'échelonnent au long de la rivière, jusqu'à Venthon, au voisinage d'Albertville, soit sous une chute totale d'environ 1.300 mètres. Ce réservoir représente ainsi à lui seul une énergie de 60 millions de kilowatts-heure.

Toutefois, comme le bassin versant du lac de la Girotte ne représente qu'un apport annuel de 6 millions de mètres cubes d'eau environ, il est nécessaire, pour utiliser la capacité totale du lac, de chercher ailleurs 22 millions de mètres cubes.

14 millions sont obtenus par dérivation dans le lac de divers ruisseaux environnants.

L'usine de pompage de Belleville fournit les 8 millions de mètres cubes supplémentaires.

La disposition générale de l'installation est schématisée par le profil en long de la vue (photo 17) qui va passer sous vos yeux.

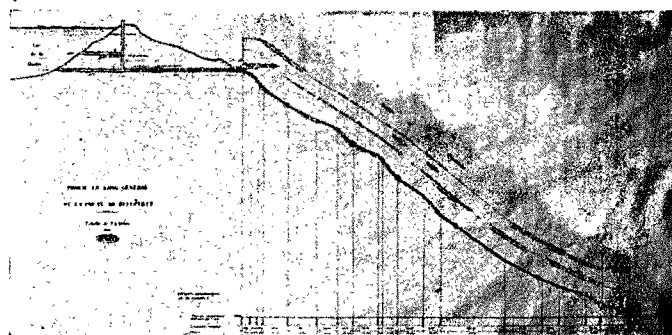


Fig. 17. — Société d'Electrochimie et d'Electrometallurgie, profil en long général de l'installation de Belleville.

Vous pouvez vous y rendre compte tout d'abord de la façon dont a été exécuté le percement du lac, travail qui s'est exécuté en deux stades. On a d'abord percé la galerie d'amenée et le puits vertical donnant accès aux deux galeries transversales qui ont permis de venir percer le lac à deux profondeurs différentes, d'une part à la cote 1675, d'autre part à la cote 1644.

Cette dernière opération a été terminée cette année et fait le plus grand honneur aux ingénieurs de la Société d'Electro-Chimie, d'Electro-Métallurgie et des Acieries Electriques d'Ugine qui l'ont menée à bonne fin.

On voit donc que c'est une lame d'eau de 80 m. (entre les cotes 1724 et 1644) que l'on pourra utiliser et qui correspond aux 22 millions de mètres cubes cités tout à l'heure.

Le lac est relié à l'Usine de Belleville par une conduite forcée comportant les sections suivantes :

360 mètres en une conduite de 1 m. de diamètre.

Suivis de :

| | | |
|--------------------------------------|----------|---------|
| 160 mètres en 2 conduites parallèles | de 0,75 | |
| 125 — — — — — | de 0,64 | |
| 210 — — — — — | de 0,600 | environ |
| et enfin 45 — — — — — | de 0,800 | |

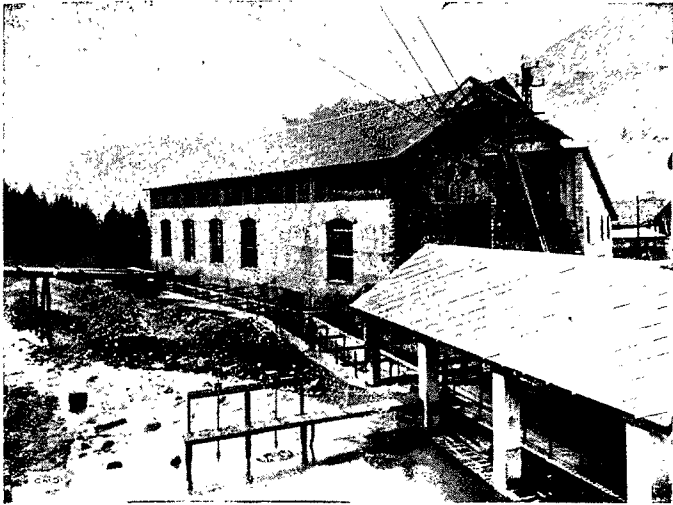


Fig. 18.— Société d'Electrochimie et d'Electrometallurgie. Usine de Belleville, vue extérieure.

Ces conduites desservent directement les deux groupes à double effet de 5.000 chevaux que comporte l'Usine de Belleville installée à la cote 1213.

La vue extérieure de l'Usine (photo 18) vous permet de vous rendre compte de sa disposition générale. Vous apercevez tout d'abord l'arrivée des deux conduites forcées desservant chacune

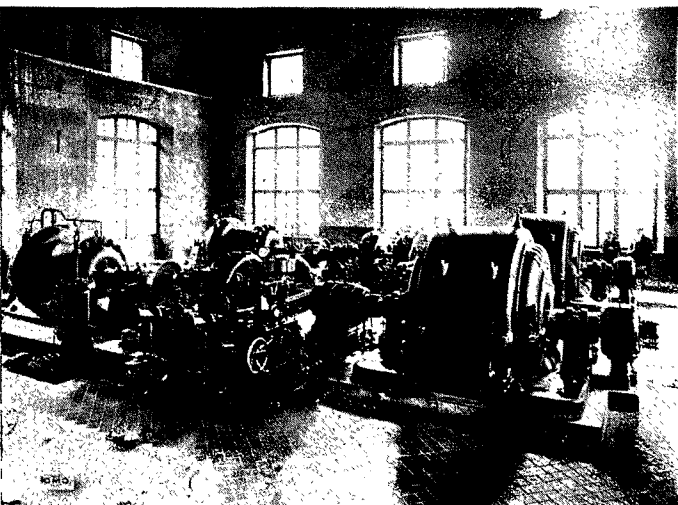


Fig. 19.— Société d'Electrochimie et d'Electrometallurgie. Usine de Belleville, vue générale intérieure.

l'un des groupes à double effet. Au premier plan, le cours du Dorinet qui alimente, à l'aide d'un barrage situé un peu à l'amont, tout un système de désableurs DUFOR qui longe toute la façade postérieure pour venir alimenter le puisard d'aspiration des pompes centrifuges lequel tient lieu également de bassin

de fuite des turbines. Ces désableurs permettent un nettoyage rigoureux de l'eau avant son accès aux pompes — précaution indispensable si l'on songe que celles-ci ne sont mises en route que lorsque les eaux sont hautes et chargées de sable et détritrus de toute sorte.

En avant du pignon, vous apercevez le poste inférieur du câble transbordeur mettant en relation l'usine et les chantiers d'aménagement du lac et de montage des conduites forcées et qui fut, en quelque sorte, la cheville ouvrière de toute l'installation.

Sur la photo n° 19 qui représente l'ensemble de l'intérieur de

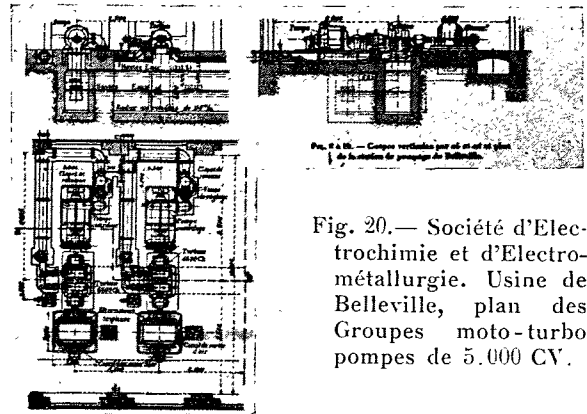


Fig. 20.— Société d'Electrochimie et d'Electrometallurgie. Usine de Belleville, plan des Groupes moto-turbo pompes de 5.000 CV.

l'Usine, vous voyez se projeter les deux unités à double effet de 5.000 chevaux.

Chacune comporte, au centre, une roue Pelton comportant en parallèle deux roues à un ajustage. Elle est accouplée, d'une part à un alternateur de 3.800 Kva, 1.000 tours, d'autre part, à une pompe centrifuge Sulzer capable d'un débit horaire moyen de 1.600 m³ à 500 m. de hauteur moyenne. L'alternateur comportant une excitatrice en bout d'arbre n'a pu, comme à Vive-

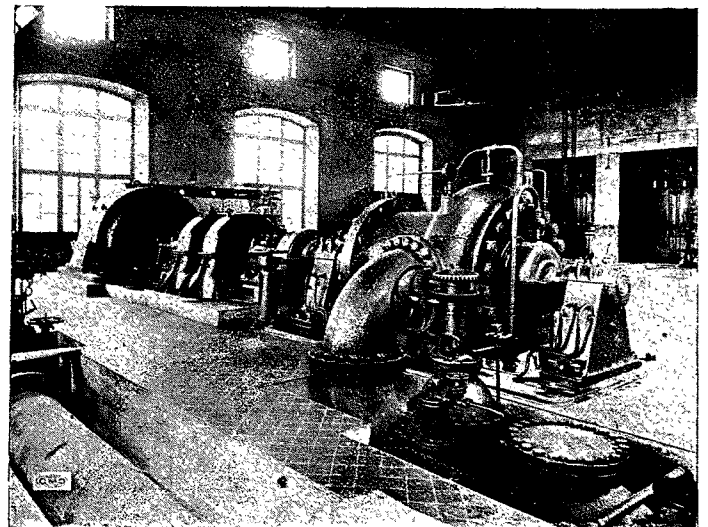


Fig. 21.— Société d'Electrochimie et d'Electrometallurgie. Usine de Belleville, vue de la Pompe de 5.000 CV avec ses appareils de protection et de réglage.

rone, être placé entre la pompe et la turbine, en sorte qu'il n'y a qu'un manchon d'accouplement débrayable entre pompe et turbine et que lors du fonctionnement du groupe en pompe, celle-ci est entraînée par l'alternateur à travers la turbine qui tourne alors à vide.

Sur la vue n° 20 représentant l'installation en plan et en coupe, vous distinguez la disposition relative des trois unités et les conditions dans lesquelles se fait l'aspiration des pompes sans interposition de clapet de pied. L'amorçage se fait par éjecteur. On a pu ainsi réduire au minimum les pertes de charge à l'aspiration.

Au refoulement (photo 21), chaque pompe est protégée contre les coups de bélier par un clapet à by-pass amortisseur du genre de celui décrit tout à l'heure à propos de l'installation de Viverone. Avec une section de passage du by-pass d'environ 1/10 de la tuyauterie principale (nous avons ici 125 mm. de diamètre au by-pass pour 400 de section au clapet, nous avons à Viverone 300 contre 800) on a constaté, lors du déclenchement brusque de l'alternateur en pleine charge, une surpression d'environ 70 m. — soit environ 15 % comme à Viverone — suivant une dépression sensiblement de même importance et allant ensuite en s'atténuant pas oscillations amorties comme sur le diagramme que j'ai fait passer tout à l'heure sous vos yeux.

Le diagramme des pompes (Photo 22) a été étudié de façon à pouvoir à la vitesse constante de 1.000 tours/minute, couvrir sans risque de surcharger la pompe ni le moteur, toutes les

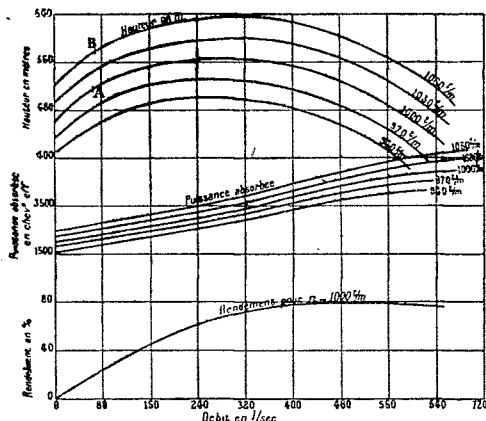


Fig. 22.— Société d'Electrochimie et d'Electrometallurgie. Usine de Belleville. Diagrammes de fonctionnement d'une pompe de 5.000 CV.

hauteurs manométriques comprises entre 150 et 530 mètres correspondant aux niveaux extrêmes du lac.

Vous voyez qu'entre ces deux limites les pompes débitent de 600 à 650 litres/seconde sans jamais dépasser la puissance maximum de 5.000 chevaux.

Au régime moyen de 1.600 m³/heure, les pompes pourront donc, en 2.500 heures de marche, fournir ensemble les 8 millions de mètres cubes que l'on attend d'elles. La consommation correspondante d'énergie sera de 16 millions de Kw/heure. En tablant sur environ 1 Kw/heure par m³ accumulé à 500 m. de hauteur, c'est 8 millions de Kw/h. que l'on pourra récupérer, soit un rendement d'environ 50 % ce qui est déjà intéressant, si l'on songe que les 16 millions de Kw/heure employés à l'accumulation ne coûtent rien, ou à peu près. Mais en fait le résultat est encore plus séduisant. Les 8 millions de m³ accumulés ne sont pas utilisés seulement sous 500 m. de hauteur, mais par toutes les usines échelonnées le long du Doron entre Belleville et Venthon, sous une chute totale nette d'environ 1.100 mètres. Chaque m³ d'eau accumulée fournit donc, non pas 1 Kw/heure, mais deux, soit au total, environ 17 millions de Kw/heure. En fin de compte, on peut dire, en dépit du paradoxe apparent, que le rendement d'une telle installation est de 100 % environ.

USINE HYDROELECTRIQUE DE WAGGITAL,

Quelques mots enfin, de l'installation de pompage que Usines Sulzer de Winterthur viennent de réaliser pour la Société des Forces Motrices de Waggital.

Le Waggital est une vallée qui débouche à Siebnen, à l'extrémité orientale du lac de Zurich et a son origine 500 m. au-dessus, environ, au vallon d'Innertal. Des conditions topographiques particulièrement favorables ont permis, grâce à la construction d'un barrage de 90 m. de hauteur environ, de créer un lac d'accumulation de 140 millions de mètres cubes servant de régulateur aux réseaux de Zurich de la Société des Forces motrices de la Suisse et des principales usines électriques de Suisse.

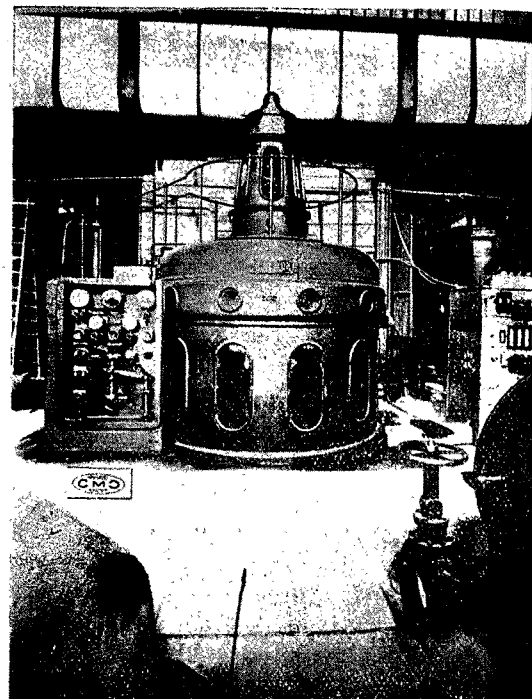


Fig. 23.— Usine de Waggital (Suisse). Groupe moto-pompe de 5.500 CV à axe vertical.

La chute totale de 500 m. entre l'Innertal et Siebnen est scindée en 2 étages de 250 m. avec une usine inférieure à Siebnen et une usine intermédiaire 250 m. au-dessus à Rempfen. Chacune de ces usines comporte, 70.000 chevaux installés, réparties en 4 unités, soit 140.000 chevaux installés pour l'ensemble des deux usines.

L'usine supérieure (de Rempfen) comporte en outre 4 groupes moto-pompes destinés, aux périodes d'abondance d'eau, à utiliser les eaux de surface qui se présentent au niveau de Rempfen ; ces eaux sont reçues et peuvent être accumulées au moyen d'un barrage de moindre envergure que le barrage inférieur et permettant de recueillir 300.000 m³ d'eau en attendant l'usage normal. Les pompes refoulent les eaux dans le lac artificiel d'Innertal participant ainsi à son remplissage, parallèlement à son alimentation normale.

On a prévu à cet effet 4 groupes moto-pompes (dont 2 actuellement en route) capables d'assurer ensemble un débit de 3 m³ par seconde sous une hauteur de refoulement de 250 m.

Ces groupes sont à axe vertical. Cette disposition a été choisie, par l'importance de la lame d'eau à épuiser qui atteint environ 8 m. Comme il ne fallait pas songer à faire aspirer des pompes à axe horizontal à une telle hauteur, on s'est résolu à installer

des groupes verticaux, les pompes se trouvant à la partie inférieure de l'Usine (photos 23 et 24) et pouvant, éventuellement, fonctionner noyées, en période de très hautes eaux.

Cette disposition n'a pas permis la réalisation de groupes à double effet comme ceux de Belleville, de Munster ou de Viverone. L'usine de Rempen comporte donc, nettement séparés, les groupes de pompes et les groupes de turbines.

Les pompes de 5.500 chevaux, les plus importantes, par leurs dimensions, construites jusqu'à ce jour dans le monde entier comportent 3 étages de roues de 1 m. de diamètre assurant un débit de 750 litres/seconde. Elles tournent à 750 tours accouplées directement à des moteurs asynchrones synchronisés Oerlikon.

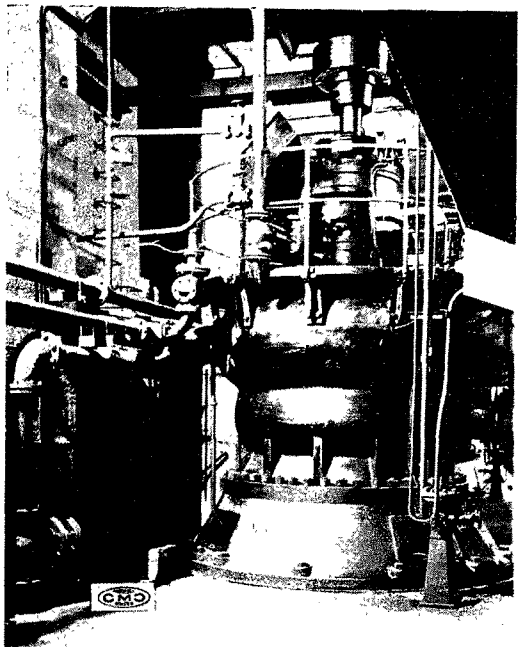


Fig. 24.— Usine de Waggital (Suisse). Groupe moto-pompe de 5.500 CV à axe vertical.

La mise en route des 2 premières unités qui a eu lieu au cours de ces dernières semaines s'est effectuée sans le moindre incident avec une régularité parfaite.

Des résultats aussi encourageants nous permettent donc d'envisager pour l'avenir des installations de plus grande envergure encore.

Le coût relativement faible d'une installation de pompe, comparé aux énormes immobilisations de capitaux qu'entraînent des aménagements de barrage et de conduites forcées comme celles de Belleville ou de Waggital ne permet pas de s'arrêter sérieusement à la question dépense de premier établissement. On admet couramment par exemple qu'une installation hydroélectrique de montagne coûte aujourd'hui de 3.500 à 4.000 fr. environ le kilowatt installé, soit environ 20 millions pour une usine de 5.000 kilowatts. L'addition d'une pompe centrifuge à cette installation ne majorera certainement pas la dépense de plus de 500.000 francs. Si l'on songe qu'elle permet, comme à Belleville, de récupérer annuellement 17 millions de Kwh,

on voit immédiatement que cette addition à l'installation presque immédiatement amortie.

Dans un autre ordre d'idées, on peut se demander dans quelle mesure il est intéressant, dans un réseau hydroélectrique portant, entr'autres usines génératrices, une usine de plaine à régime sensiblement constant, de réaliser l'appoint à l'aide d'une centrale de montagne avec accumulation, ou à l'aide d'une Centrale de secours avec moteur Diesel.

C'est évidemment une question d'espèces qui dépend essentiellement des capitaux à immobiliser sur l'installation hydroélectrique, du loyer de l'argent, et du prix de l'huile lourde nécessaire au fonctionnement du Diesel. A l'inverse de l'installation hydro-

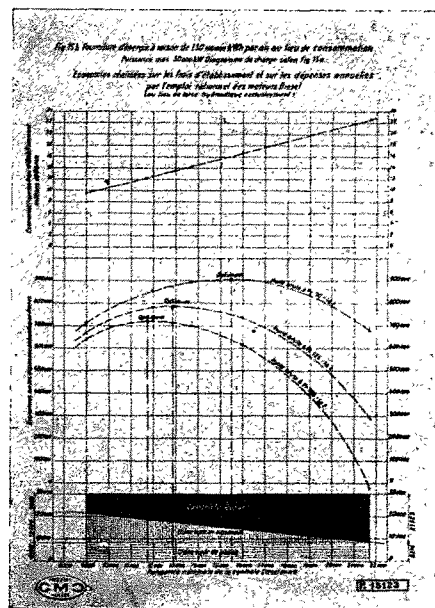


Fig. 25.— Diagrammes d'emploi continu d'une Usine hydroélectrique avec accumulateur et d'une centrale Diesel.

électrique, les frais d'installation de la Centrale Diesel interviennent dans une faible mesure dans le prix de revient du Kilowatt heure alors que les frais d'exploitation interviennent d'une façon importante en raison du prix de l'huile.

On pourra, dans chaque cas particulier, établir un diagramme dans le genre de celui (photo 25) qui a pour but de faire ressortir l'économie que l'installation d'un Diesel permet de réaliser par rapport à l'installation purement hydraulique.

Le diagramme est établi pour une puissance totale de 30.000 kilowatts installés comportant 8.275 Kw en une usine de plaine à régime constant et 21.725 Kw à répartir entre une usine hydraulique avec accumulation et une Centrale Diesel. En abscisses on porte la puissance attribuée à la Centrale Diesel et en ordonnées la puissance réalisée par cette installation sur l'installation purement hydraulique. On pourra tracer différentes courbes suivant le prix de la tonne de combustible; naturellement, le point d'économie optimale se déplace en faveur de la solution hydroélectrique au fur et à mesure qu'augmente la tonne de combustible.