

rées. En 1898, lorsque la Centrale de Paderno entrât à peine en exploitation, on donnait comme puissance totale des installations hydro-électriques dans la Haute-Italie 48 000 ch. En y ajoutant les installations que je connais et dont j'ai les données, c'est-à-dire les principales, j'arriverais pour aujourd'hui au chiffre de 150 000 ch environ. En six ans l'augmentation aurait donc été de 100 000 ch, soit 17 000 environ par an, ce qui est remarquable pour une région qui ne mesure pas 800 000 kilomètres carrés.

J'ai essayé de me faire une idée de la distribution de ces forces pour savoir si elles ont été généralement destinées à de nouvelles industries ou simplement à remplacer des machines à vapeur existantes. Je trouve que les deux causes coexistent.

Dans la zone de la Società Lombarda, quelque chose comme 12 000 ch de machines à vapeur ont été mis au repos, sur une distribution totale de 20 000 ch environ.

D'autre part, telle fabrique qui employait 500 ch vapeur, en emploie aujourd'hui 1 000 avec moteurs électriques. Telle autre a bâti une succursale dans un emplacement où les transports sont plus favorables, et elle marche à l'électricité.

A Milan, au moins 5 000 ch de machines à vapeur ont été remplacés par des moteurs électriques ; dans plusieurs fabriques les moteurs à vapeur ont même été vendus.

Dans les régions où la force est à très bon marché, de nouvelles industries ont prospéré.

Avec tout ce mouvement il est curieux de voir la marche de l'importation du charbon ; en voici les données :

1898	Charbon importé :	4 426 524	tonnes.
1902	— —	5 406 069	—
1903	— —	5 546 828	—
1904	— —	5 904 578	—

Logiquement c'est à une diminution qu'on aurait dû s'attendre : au contraire c'est une augmentation qui s'est manifesté, et celle de l'année dernière est particulièrement remarquable : 358 000 tonnes de charbon peuvent représenter environ 50 000 ch

Nous nous trouvons donc en présence d'un véritable développement industriel, et c'est en grande partie à une large utilisation des forces hydrauliques qu'il faut sans aucun doute l'attribuer.

Les industries nouvelles qui ont été créées dans ces derniers temps, sont de nature bien diverses. Beaucoup de filatures et tissages de soie, de coton, de laine, de lin ; des industries mécaniques de tous genres ; des fabriques de meubles ; de grandes installations chimiques pour la production de la soude, du carbure, des composés de l'azote, etc.

Naturellement ce sont les industries directement intéressées dans l'utilisation des forces hydrauliques qui ont eu le développement le plus remarquable.

Aujourd'hui, il est rare que l'on doive acheter une turbine qui n'ait pas été construite dans le pays. Les maisons principales, comme celle de Riva Monneret et C<sup>o</sup> de Milan et Calzoni de Bologna arrivent même à exporter : on trouve près du Niagara des turbines de 5 000 ch construites à Milan.

On a fait de grands progrès aussi dans la construction électrique, et le matériel qui sort des ateliers réunis Gadda, Brioschi et Finzi, et de la Società Elettrotecnica, peut soutenir la comparaison avec celui des meilleures maisons étrangères.

Lorsque l'on parle de mines de charbon, il arrive souvent que l'on se demande « combien de temps elles pourront encore durer ? » C'est une préoccupation que l'on n'a pas avec les forces hydrauliques ; on peut demander plutôt « quelles puissances restent encore à utiliser ».

Si l'on tient compte de tous les projets, de tous les devis qui se font journellement, il faut en déduire qu'il y en a encore beaucoup. Je ne suivrai pas les hyperboliques fantaisies d'un de mes collègues qui est arrivé, pour l'Italie péninsulaire, à 20 millions de ch en intégrant les débits de toutes

les rivières de leurs sources jusqu'à la mer ; mais il doit certainement y avoir encore de nombreuses sources d'énergie assez faciles à utiliser, étant donnés les moyens actuels de l'électrotechnique.

Il est clair que les forces les plus rémunératrices sont désormais toutes utilisées ; les forces nouvelles seront graduellement plus coûteuses, mais on ne doit pas oublier que des transmissions d'énergie qui étaient économiquement inabornables il y a cinq ans, peuvent être établies aujourd'hui avec profit.

D'autre part, il faut aussi rappeler que l'Etat s'est réservé un grand nombre de droits d'eau, afin de pouvoir éventuellement appliquer la traction électrique aux chemins de fer, et que ces droits ne représentent pas moins de 300 000 ch.

Il y a donc encore lieu à un très considérable développement.

Et ce n'est pas seulement aux industries manufacturières et alimentaires qu'on peut destiner les chutes d'eau. L'Italie est un pays agricole par excellence et jusqu'à présent on a fait très peu dans les applications mécaniques à la culture des terres. Il y a là un champ très étendu d'applications. Je ne crois donc pas exagérer en prévoyant d'ici à peu d'années en Italie une application complète des forces hydrauliques aux besoins de l'homme.

Ce sera l'énergie électrique qui, séparant l'azote de l'air, donnera la base des engrais pour la culture des champs ; elle, qui élèvera les eaux pour les arroser ; elle qui se substituera à la force manuelle de l'agriculteur ; ce sera encore l'énergie électrique qui travaillera les produits du sol pour les transformer en formes utilisables ; elle, qui servira à distribuer les produits travaillés dans les centres de consommation.

C'est donc un tableau optimiste de l'avenir économique de mon pays que je me crois autorisé à présenter à vos yeux.

Autrefois, chaque peuple craignait le voisinage des forts et des riches ; aujourd'hui, les choses sont bien changées ; chaque peuple comprend que sa propre grandeur ne peut subsister qu'au prix de la prospérité des peuples voisins. C'est en m'inspirant de ces sentiments, fruits des conquêtes de l'esprit moderne, que je me suis permis de vous exposer ce qui précède, sûr que la nouvelle marche industrielle de votre jeune sœur latine fera naître dans vos âmes généreuses un vif sentiment de sincère complaisance.

SEMENZA.

## Utilisation des Petites Chutes

Dans une chute hydraulique, la puissance absorbée sur l'arbre des turbines est rarement constante. Suivant les heures de la journée, quand il s'agit d'actionner les machines d'un atelier, de la nuit, quand la chute alimente une installation d'éclairage, cette puissance passe par des maxima et par des minima. C'est là un fait trop connu de nos lecteurs pour nous permettre de le faire remarquer davantage. Et dans presque toutes les usines hydrauliques, grandes ou petites, il arrive ceci : aux moments où la puissance absorbée sur l'arbre des moteurs passe par les minima, la majeure partie du débit de la chute est inutilisée, tandis que dans les moments où cette puissance passe par les maxima, le débit est à peine suffisant ou même tout-à-fait insuffisant, ce qui oblige à recourir à des machines à vapeur de secours, à des accumulateurs électriques, ou bien à un accouplement avec une distribution d'énergie quand cette solution est possible.

Evidemment, on n'a recours à ces moyens que lorsque la place manque pour établir un bassin compensateur sur le canal d'amenée de l'usine hydraulique ou encore que le prix d'établissement de ce bassin, par suite de la configuration du terrain, ou des servitudes à acquérir, est hors de

proportion avec le résultat à obtenir. Dans le cas où la création d'un bassin compensateur est possible et rationnelle, celui-ci emmagasinant le débit inutilisé aux heures de faible charge permet de grossir de cette réserve le débit de la rivière au moment où la puissance des moteurs passe par les maxima. Et ainsi l'on adapte le mieux possible à une utilisation variable, l'énergie disponible correspondant à un débit donné de la rivière.

Il va sans dire que, dans la généralité des cas, ce débit est compris entre l'étiage et une certaine valeur au dessous de laquelle le débit du cours d'eau ne descend pas pendant plus de six mois par an. Alors, le réservoir, quand on peut le faire assez grand, produit un double effet de régulation ; il accumule pendant les jours d'eaux abondantes un certain volume qu'il restitue en période de sécheresse, en même temps qu'il opère la régulation journalière.

Mais, pour régulariser une chute de puissance relativement faible, il faut des bassins compensateurs très grands et d'autant plus grands à puissance et régulation égales que la chute a moins de hauteur. On sait en effet que cette capacité varie en raison inverse de la hauteur de chute. Nous avons d'ailleurs donné ici-même des graphiques traduisant ces variations (voir n° d'avril 1904, page 149);

Dans les très basses chutes, celles par exemple qui n'ont que 2 ou 3 mètres de hauteur, l'adaptation convenable à une puissance variable de l'énergie correspondant à un débit déterminé devient très difficile à faire au moyen d'un bassin compensateur en raison de la capacité à lui donner. Ainsi, pour utiliser un débit de 2 000 litres dans une chute de 2 m. 50 à laquelle on demanderait 100 chevaux pendant 8 heures par jour, il faudrait un réservoir de 57 600 mètres cubes. Dans la grande majorité des cas, la création d'un tel réservoir, quand même on en trouve la place, entraîne des dépenses qui augmentent les frais de premier établissement du cheval au point de rendre cette solution impraticable. Et puis, si à l'aval il y a des usiniers qui ont besoin de l'eau précisément pendant les heures où ce réservoir se remplit, sa création est encore bien moins possible. Enfin, il se comble peu à peu des apports solides de la rivière si bien que, pour lui maintenir sa capacité, il faut le draguer de temps en temps ou établir des ouvrages de purge automatique, ce qui n'est pas toujours facile, ou bien peut nécessiter des travaux coûteux. Tous nos lecteurs connaissent quantité de chutes qu'on pourrait créer sur les rivières des régions peu accidentées si ce n'était cet inconvénient prohibitif d'avoir à faire des frais considérables pour utiliser convenablement l'énergie correspondante à leurs débits d'étiage pendant les heures de la journée ou l'on en aurait besoin.

Or, dans le numéro précité de *La Houille Blanche*, nous avons étudié en détail — pages 146 à 157 — un moyen de tourner la difficulté que suscite cette question de la capacité des réservoirs compensateurs. Nous nous hâtons de dire que ce moyen n'est pas applicable à toutes les basses chutes, tant s'en faut ; il peut néanmoins convenir à bon nombre d'installations rendues possibles grâce à lui. Sur bien des rivières, il y a en effet des chutes considérées comme inutilisables et qui, pourtant, se trouvent dans des conditions d'emplacement telles que, la réalisation de ce moyen étant possible, elles deviennent par ce fait avantageusement aménageables.

En principe, il consiste à utiliser le travail des turbines pendant les moments de la journée ou de la nuit où cette puissance serait sans emploi et pendant lesquels par conséquent le débit de la rivière serait inutilisé, à mouvoir des

pompes élévatoires qui puisant l'eau dans le canal d'aménée l'emmagasinent en un bassin situé à une beaucoup plus grande altitude que la prise d'eau. Plus ce bassin est placé haut, moins il a besoin d'avoir une grande capacité pour produire le même effet qu'un réservoir compensateur établi sur le parcours même du canal d'aménée. Quand arrive la période de travail effectif pour l'usine hydraulique, on restitue cette eau accumulée à grande hauteur à des turbines sous haute chute qui ajoutent leur travail à celui des turbines fonctionnant sous basse chute avec le débit dérivé du cours d'eau.

Pour réaliser cette solution, il faut qu'à l'endroit même de la chute à créer se trouve une montagne au flanc de laquelle on puisse établir un réservoir. Or souvent la montagne existe bien, mais non pas à l'endroit voulu. Heureusement les combinaisons possibles auxquelles se prête l'application du dispositif, sont assez nombreuses pour permettre avec un peu d'ingéniosité de tourner bien des difficultés. En particulier, s'il s'agit d'une usine alimentant une distribution d'énergie électrique, on peut opérer de la manière suivante : sur le parcours des lignes de distribution, au pied d'une montagne se prêtant à la création d'un réservoir sur son sommet, on établit un poste composé d'un moteur générateur, accouplé d'un bout à une pompe centrifuge et de l'autre bout à une turbine haute-chute. Pendant les heures où l'usine génératrice n'a rien à fournir au réseau, elle travaille à alimenter le groupe moteur-générateur du poste en question dont la pompe emmagasine l'eau au sommet de la montagne. Au moment où cette usine génératrice doit débiter sur son réseau, l'eau du réservoir est dirigée sur la turbine du groupe dont le moteur-générateur est alors accouplé en parallèle avec les machines dynamos de l'usine génératrice.

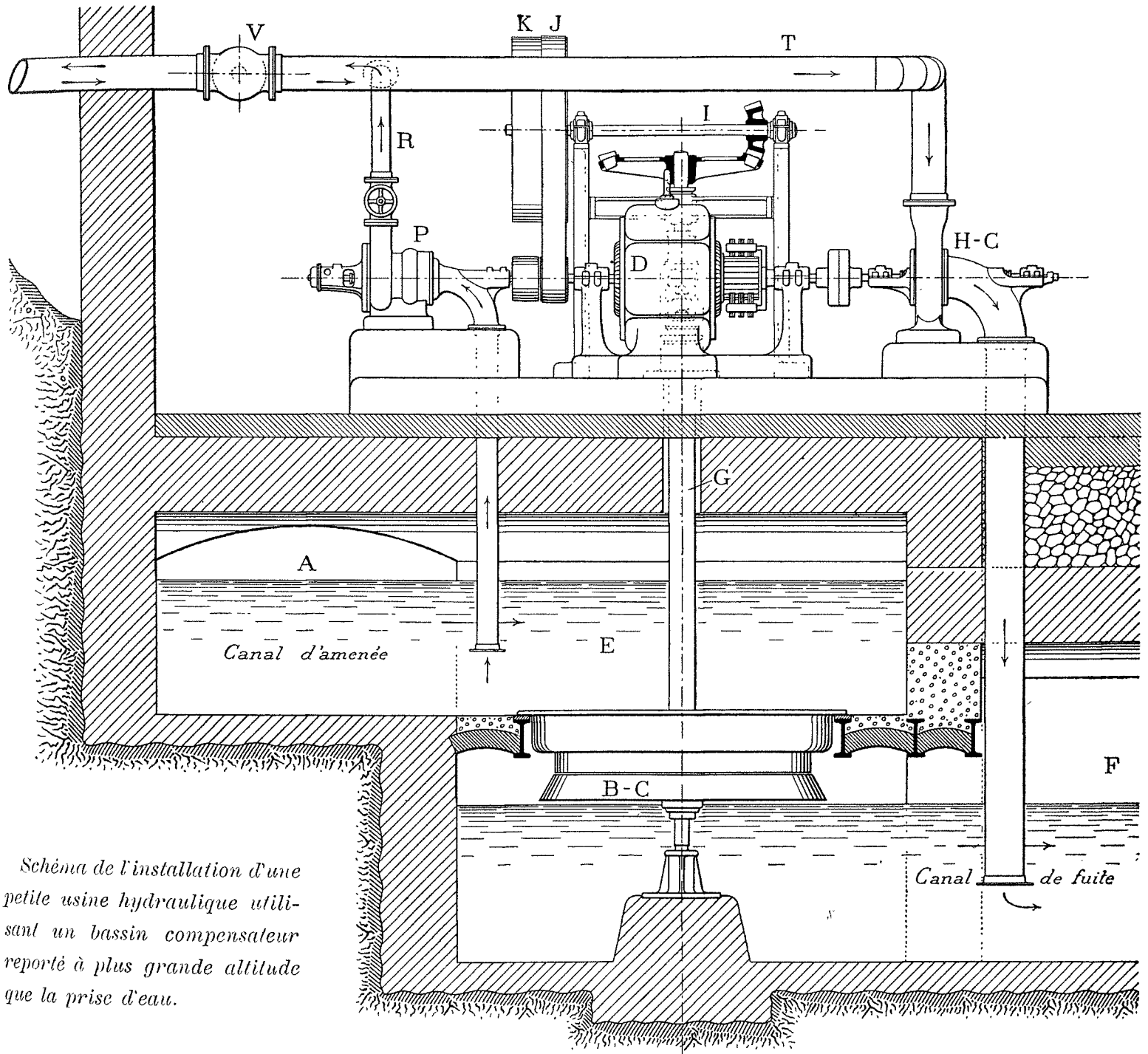
Bien entendu, la même conduite forcée sert à la fois au refoulement de la pompe et à l'alimentation de la turbine. Généralement on peut puiser l'eau dans une rivière, passant à proximité, à l'aide d'un simple canal qui, alternativement, l'amène au poste et la renvoie au cours d'eau. Dans le cas où cette rivière n'existe pas, comme ces réservoirs sont très petits, l'on peut en aménager deux, l'un au sommet de la montagne et l'autre au pied, pour se servir toujours de la même eau. Une pompe puisant dans un puits comme pour l'alimentation d'une machine à vapeur suffit à compenser les pertes.

Que ce groupe : pompe-(moteur-générateur)-turbine, soit installé dans l'usine génératrice même, ou sur un point quelconque du réseau de distribution d'énergie, l'on peut obtenir, avec un choix convenable de dispositions et d'appareils, 50 pour 100 de rendement global : c'est-à-dire qu'aux bornes du moteur-générateur on peut retrouver 50 pour 100 de l'énergie dynamique fournie par l'eau qui a passé dans les turbines sous basse chute de l'usine génératrice. A tous points de vue, le système en question est, quand on peut l'appliquer, au moins aussi économique que l'emploi des accumulateurs électriques.

Dans l'article où nous avons examiné en détail les avantages et les inconvénients du procédé, étaient décrits un certain nombre de moyens de l'appliquer, en même temps qu'étaient donnés un calcul et des graphiques indiquant la limite pratique de la hauteur de surélévation du réservoir compensateur. A l'époque où fut publié cet article, nous ignorions de la plus complète façon qu'un exemple remarquable d'installation de ce genre venait d'être mis en œuvre, avec un succès justifiant tout à fait les avantages que nous

faisons ressortir de notre étude. Nous ne l'avons appris que quelques temps après par des constructeurs ayant déjà préconisé l'emploi du procédé. En 1904, la maison Sulzer a en effet installé à la station électrique d'Oltén-Aarburg, en Suisse, un « accumulateur hydro-électrique » d'énergie réalisant en tous points les dispositifs que nous indiquions. Cette installation comporte un alternateur triphasé de 700 kilowatts, alternativement moteur et générateur, accouplé tantôt à une pompe centrifuge, tantôt à une turbine haute-

très intéressants ; d'autant plus intéressants qu'ils concernent des basses chutes sur des sections de cours d'eau jusqu'ici considérées comme inutilisables à cause de leur faible pente. Nous avons pensé que nos lecteurs pouvaient tirer quelque profit de l'examen de l'une au moins des solutions que nous avons indiquées. Elle se rapporte à un cas tout particulièrement favorable ; c'est même ce qui a attiré l'attention de notre correspondant sur l'application du système. Mais ce cas n'est certainement pas isolé.



*Schéma de l'installation d'une petite usine hydraulique utilisant un bassin compensateur reporté à plus grande altitude que la prise d'eau.*

chute. Lorsque la station a de l'énergie en excédent, la pompe, mue par l'alternateur tournant comme moteur, envoie 8 mètres cubes par minute dans un réservoir situé à 325 mètres au-dessus de l'usine. De ce réservoir, aux heures où le réseau doit débiter le maximum, l'eau revient à la turbine qui entraîne l'alternateur fonctionnant comme générateur sur le réseau.

Depuis cette date, un certain nombre de correspondants nous ont consulté sur l'application du système à des cas

Le projet comporte l'éclairage à la lumière électrique d'une petite localité sise aux flancs de collines assez élevées aux pieds desquelles coule une rivière à faible pente et à débit très variable. L'entrepreneur, auteur du projet, avait tout d'abord songé à utiliser à cet effet un vieux moulin sur cette rivière, lequel après avoir installé une machine à vapeur de secours dut arrêter ses meules devant la concurrence de grandes minoteries créées depuis dans la région. La chute, dans son état actuel, est de 1<sup>m</sup>50 ; la rivière a deux

étiages, l'un en été, durant en moyenne trois mois, de juin à septembre, et l'autre en hiver se produisant à l'époque du gel pendant six semaines, en moyenne; le débit de la rivière est dans cette période réduit à 2000 litres, alors qu'en eaux moyennes il est de 8 à 10000 litres. Pendant ces étiages, la puissance de l'usine hydraulique est réduite à 30 chevaux à peine. Or, les prévisions d'éclairage font ressortir la nécessité d'une puissance de 80 chevaux en moyenne pendant l'hiver de 5 à 8 heures du soir, et de 60 chevaux pendant 3 heures tant avant le lever du jour que la nuit. L'été, de 8 heures à 10 heures, on compte qu'il faut 70 chevaux, puis 30 chevaux de 7 à 8 heures et de 10 à 11 heures. La chute est donc trop faible de plus de moitié. On pourrait, en élargissant le bief du moulin, et en installant plusieurs turbines, profiter des grosses eaux d'hiver qui fourniraient alors les 80 chevaux nécessaires; mais pendant en moyenne six semaines de gel on s'exposerait à n'avoir que 30 chevaux et durant plusieurs mois d'été l'on ne pourrait pas faire face aux demandes des abonnés. Il ne faut pas songer à créer un réservoir sur le bief d'aménée au moulin; il devrait avoir une capacité de 94000 mètres cubes et il est impossible d'une part d'acquérir la propriété des rives qui devraient être submergées et, d'autre part, les servitudes que créeraient pour les usiniers d'aval, le remplissage de ce réservoir. Dans ces conditions, l'emploi d'une machine à vapeur de secours s'impose. Mais celle déjà installée au moulin est trop faible: il faut la remplacer. Il en résulte que: ce remplacement, les modifications à faire subir au bief et à l'usine pour améliorer la chute, l'installation de turbines neuves, le fonctionnement forcément peu économique de la machine à vapeur vu, d'une part, le prix du charbon difficile à amener et, d'autre part, sa marche intermittente et à puissance variable, le prix de revient du kilowatt-heure ressortira au moins à 20 centimes, aux bornes de la dynamo.

Il y avait lieu de voir, si, en profitant de certaines circonstances locales, on ne pourrait pas se passer de machine à vapeur et abaisser ce prix de revient. D'un vallonement entre deux collines qui dominent la petite ville en question descend, de cascadelles en cascades, un petit ruisseau qui tarrit en été et à l'époque des grands froids, mais qui d'octobre à janvier et de mars à mai fournit un débit moyen de 20 litres à la seconde. En fermant ce vallonement à 190 mètres au-dessus de l'usine, en un endroit où il se resserre, par un barrage long de 9 mètres à la crête et haut de 4 mètres au-dessus du sol, on peut créer un petit bassin de 4600 mètres cubes. De l'usine à l'emplacement de ce barrage la distance est de 680 mètres. Voici alors la solution que l'on peut adopter.

Le dessin ci-joint indique la constitution de l'usine qui y satisfait. Le bief du vieux moulin et sa prise d'eau réfectionnés pour un débit maximum de 2200 litres permettent d'accroître un peu la hauteur de chute effective à l'usine et de la porter à 1 m. 80. Ce canal de dérivation débouche en A dans la chambre de mise en charge E d'une turbine parallèle BC à axe vertical. Son arbre creux G commande, par des roues d'angle à sa partie supérieure, l'arbre horizontal I sur lequel est calée la poulie double JK. Celle-ci à son tour peut à volonté commander soit la dynamo D, soit la pompe centrifuge P à haute pression. Comme on le voit, les axes des pièces rotatives de ces deux machines sont dans le prolongement l'un de l'autre et leurs poulies sont bout à bout. Quand on veut que la turbine BC commande la dynamo, la pompe étant au repos, on place la courroie

dans la position indiquée par la figure; lorsque cette courroie est poussée en K, la dynamo est débrayée et c'est la pompe qui fonctionne.

La turbine BC fonctionne constamment; elle donne 32 chevaux sur la poulie JK. Pendant 18 heures par jour en moyenne que l'usine n'a pas d'éclairage à fournir, elle actionne la pompe P. Une conduite forcée métallique en tuyaux de 20 centimètres de diamètre relie ce système au barrage indiqué précédemment. On voit en T l'extrémité inférieure de cette canalisation avec sa vanne d'arrêt V. La pompe puise par son tuyau d'aspiration dans la chambre E de l'eau qu'elle refoule, à raison de 7 litres à la seconde, par son tuyau R dans cette conduite et contribue au remplissage du bassin de 4600 mètres cubes placé à 190 mètres au-dessus. En 18 heures, elle y emmagasine 400 m<sup>3</sup>.

Supposons-nous donc d'abord en hiver, au moment où il faut fournir à la dynamo D 80 chevaux pendant 3 heures et 60 chevaux pendant deux autres périodes durant ensemble également 3 heures. La turbine BC ne fournissant que 32 chevaux, il faudra ajouter sur l'arbre de la dynamo à certains moments 48 chevaux, puis 28 chevaux. Pour cela, l'arbre de cette machine est manchonné, à l'extrémité opposée à la poulie, avec l'arbre d'une turbine HC à injection partielle sous haute chute, à laquelle aboutit la conduite forcée T. Les choses sont calculées pour que, pompe, dynamo et turbine HC tournent à la même vitesse. Lorsque l'on veut mettre en marche la dynamo, on débraye la pompe en poussant la courroie sur J, sans arrêter la turbine BC et l'on ouvre le vannage de la turbine HC. A ce moment, la dynamo reçoit 32 chevaux de BC et à volonté 48 ou 28 chevaux de HC. Cette dernière, en donnant 48 chevaux pendant 3 heures sous 190 mètres de chute, débite très approximativement 280 mètres cubes, et en donnant 28 chevaux pendant 3 autres heures, elle débite au plus 180 mètres cubes, soit au total 460 m<sup>3</sup> par jour.

Comme dans la journée la pompe n'envoie que 400 mètres cubes au réservoir, il faut puiser dans celui-ci un complément de 60 mètres cubes pour faire face à la demande d'énergie au moment de l'éclairage. Or, ce réservoir est rempli par le ruisseau dont nous avons parlé, pendant les mois d'octobre et novembre; si peu que donne ce cours d'eau, il suffit à fournir bien au-delà de ce qui est nécessaire pour approvisionner le réservoir. Celui-ci contenant 4600 mètres cubes, pourra fournir 60 mètres cubes pendant au moins deux mois. Jamais en hiver ce filet d'eau ne tarit complètement durant plus d'un mois. On est ainsi assuré d'avoir toujours, même aux époques des plus basses eaux de l'hiver, la puissance voulue pour alimenter le réseau d'éclairage.

Voyons maintenant ce qui va se passer pendant les mois d'été, alors que le réservoir ne reçoit point d'eau du ruisseau et que le débit de la chute à l'usine est réduit à 2000 litres. Il nous faut 70 chevaux pendant 2 heures et à peine 30 chevaux durant 2 autres heures. La turbine BC pourra donc faire travailler la pompe P environ 20 heures par jour. Celle-ci enverra pendant ce temps 500 mètres cubes dans le réservoir. Lorsque l'usine n'a besoin de fournir que 30 chevaux, la pompe étant débrayée, on laisse marcher seule la turbine BC, qui entraîne la dynamo et la turbine HC qu'on laisse tourner à vide pendant 2 heures, plutôt que de la démançonner d'avec l'arbre de la dynamo. Puis, quand la puissance demandée atteint 70 chevaux, on met en marche la turbine HC. En fournissant 70 — 32, soit 38 chevaux pendant 2 heures, elle débite



au maximum 180 mètres cubes. Le réservoir en recevant 500, il garde 320 mètres cubes par jour. En quelques jours on peut le remplir, ou tout au moins lui fournir une réserve suffisante pour parer à une extrême sécheresse de la rivière. De plus, des servitudes d'arrosages existant en amont de l'usine, font que pendant l'été le canal d'aménée doit, un jour sur deux, livrer aux riverains 1 000 litres par seconde du lever au coucher du soleil. Dans les conditions précitées l'installation peut, les jours où il n'y a pas d'arrosage, emmagasiner dans son réservoir le cube voulu pour fonctionner pendant le temps qu'elle est arrêtée par les prises d'eau pour l'irrigation. Donc, pendant l'été, on peut avec ce système garantir l'éclairage de la localité, quelles que surprises que réserve le débit capricieux de la rivière, et quelles que soient les servitudes dont il est grevé.

En dehors des durées précédemment indiquées, il fallait prévoir l'alimentation des lampes du réseau municipal et des abonnés qui ont besoin de lumière à une heure quelconque de la nuit, Or, de 10 heures du soir au lever du jour, il n'y a qu'à pourvoir à l'alimentation de 60 lampes municipales, et l'on a compté 40 lampes allumées en permanence chez les particuliers. Alors, plutôt que de laisser pendant toute la nuit la turbine basse-chute actionner la dynamo pour fournir une si faible puissance, en utilisant très mal l'eau disponible, on préfère assurer ce service de nuit par une toute petite batterie d'accumulateurs, ce qui n'est pas une complication pour cette installation.

A titre indicatif, voici approximativement dans ses grandes lignes, le devis d'une telle installation :

Acquisition du bief du vieux moulin, avec ses droits de riveraineté ; réfection de la prise d'eau et du canal.....	8 600 fr.
Création du réservoir comprenant : construction du barrage, achat de terrains, de droits riverains sur le ruisseau, droits de passage....	6 400 »
Installation d'une conduite forcée de 680 mètres de long et 20 centimètres de diamètre....	10 200 »
Installation de la turbine haute chute, de la turbine basse chute et de la pompe, avec travaux de maçonnerie correspondants, transmissions mécaniques, etc.....	17 800 »
Machine dynamo-électrique, tableau de distribution et petite batterie d'accumulateurs....	8 500 »
Construction du bâtiment de l'usine avec logement ouvrier sur l'emplacement du vieux moulin.....	8 000 »
Total de la dépense d'aménagement.....	59 500 »

Dans ces conditions, le prix de revient du kilowat-heure s'établit comme suit :

Amortissement en 30 ans des travaux de maçonnerie, conduite forcée et acquisitions immobilières (35 000 francs).....	1 166 fr.
Amortissement en 15 ans des machines : turbines, pompe, dynamo et transmissions (24 500 francs).....	1 633 »
Intérêt à 5 % du capital de l'installation (59 500 francs).....	2 975 »
Dépenses matérielles d'entretien, graissage, etc., etc.....	2 500 »
Personnel : deux hommes, dont un habitant l'usine, pour la conduite et l'entretien.....	2 920 »
Total de la dépense annuelle.....	11 194 »

Cette installation peut donner en moyenne 46 kilowatts pendant 5 heures par jour, soit 230 kilowatts-heures par jour et 83 950 kilowatts-heures par an. D'où le prix du kilowat-heure ressort à 13 centimes.

Ce prix de revient est relativement élevé, mais cependant assez inférieur à celui que donnerait l'emploi d'une machine à vapeur de secours ou d'une batterie d'accumulateurs électriques.

Dans l'une ou l'autre de ces solutions, on est en effet amené à installer deux turbines de 40 chevaux sous basse chute pour profiter des eaux moyennes du printemps et de l'automne ; et encore pendant l'étiage d'hiver, alors qu'une seule de ces turbines donnerait à peine 30 chevaux, c'est tout juste si l'on pourrait charger une batterie d'accumulateurs d'une capacité suffisante pour faire face à un débit moyen de 70 chevaux pendant 6 heures par jour.

Quoi qu'il en soit, l'élargissement du bief et de la prise d'eau pour débiter 4 500 litres à la seconde, au lieu de 2 000, comme dans le projet en question, et l'installation de deux turbines sous basse chute, coûteraient autant que la pompe et les deux turbines précédemment indiquées. Quant à l'acquisition de la batterie d'accumulateurs ou de la machine à vapeur, elle est du même ordre de grandeur que l'installation du réservoir et de la conduite forcée. Mais alors les dépenses de fonctionnement deviennent beaucoup plus importantes du fait de l'entretien de la batterie ou de la consommation du charbon.

On remarquera que dans la solution préconisée, l'aménagement de la basse chute est prévu pour le débit minimum, afin de réduire au strict inévitable le coût de cette partie de l'installation ; on n'a en effet jamais besoin d'utiliser les eaux moyennes. D'autre part, la quantité d'eau accumulée pendant le jour par le réservoir ne porte aucun préjudice aux usiniers d'aval ; le débit ainsi enlevé au cours d'eau est au plus de 8 litres par seconde ; sur 2 000 et quelques litres cela ne se fait pas sentir.

On conserve au canal de fuite F de l'ancien moulin la grande pente qu'il possède, afin que le relèvement du plan d'eau ne se fasse pas sentir et n'oblige pas la marche en turbine noyée pendant les crues. La prise d'eau est prévue pour rendre également insensibles les variations de niveau dans le bief d'aménée au moment des crues. Cela s'obtient au détriment de la hauteur de chute effective, mais on a, par compensation, une installation dont la régularité de marche est certaine.

Enfin, la prise d'eau de la conduite forcée dans le réservoir supérieur est disposée de telle sorte qu'elle puisse normalement fonctionner même avec une couche de glace de 20 centimètres à la surface libre de l'eau ; le jeu de ce réservoir ne risque donc pas d'être paralysé par un gel prolongé.

Nous ignorons si une semblable installation s'exécutera ; nous n'avons fait qu'indiquer dans ses grandes lignes l'un des avis qui nous ont été demandés. Cela faisant, nous avons pensé rendre service à quelques-uns de nos lecteurs en situation de résoudre pareil problème. Les combinaisons possibles de ce genre sont extrêmement nombreuses.

Quand nous écrivions notre article d'avril 1904, nous n'avions en vue l'application du système qu'à des usines comportant des unités de 500 à 2 000 chevaux ; mais nous croyons qu'il est au moins aussi important à envisager dans son adaptation aux petites chutes.

E.-F. CÔTE.

