Extrait du **Rapport du Jury International de la Classe 63** *à l'Exposition Universelle de 1889, et relatif à l'exposition particulière d'Aristide Bergès.*

L'exposition de M. Aristide Bergès, ingénieur des arts et manufactures, se rattache à la mécanique et peut prendre place ici. Elle avait pour objet, à proprement parler, la mise en valeur des chutes d'eau fournies par les glaciers des montagnes, et leur emploi comme puissance motrice des usines. L'application en a été faite par M. Bergès dans l'Isère. En 1869, le ruisseau de Lancey, débitant une centaine de litres par seconde, faisait mouvoir à grand peine quelques moulins, quelques battoirs à chanvre. Le même ruisseau sert aujourd'hui de puissance motrice à une papeterie de 2.000 chevaux, et peut fournir à la ville de Grenoble le travail nécessaire à l'entretien de 150.000 lampes électriques. M. Bergès a placé l'ensemble de son exposition sous le titre de *la houille blanche,* pour faire ressortir l'analogie entre le travail moteur que peuvent fournir les grandes chutes d'eau provenant des neiges et des glaciers des montagnes, avec celui que l'on tire de la combustion de la houille dans les foyers des chaudières. L'appareil exposé est une simple turbine de 2 mètres de diamètre qui peut débiter un grand volume d'eau tombant d'une hauteur considérable. L'expérience de M. Bergès montre qu'il y a de grands perfectionnements à poursuivre dans cette utilisation des forces naturelles.

Il ne faut pas croire cependant que la création des grandes chutes d'eau dans les montagnes puisse jamais donner à l'industrie une puissance égale à celle qui résulterait du poids tombé par la hauteur de chute; car les résistances accessoires doivent être comptées et elles s'accroissent très rapidement pour les liquides, à mesure que les vitesses augmentent et que le parcours s'allonge dans les tuyaux ou les canaux d'amenée. Le travail moteur disponible au bas d'une grande chute est ce qui reste du travail de la pesanteur, quand on en déduit la somme des travaux résistants que l'eau subit dans son long trajet.

DOCUMENT V

Notice publiée par Aristide Bergès à l'occasion de l'**Exposition Internationale Alpine de Grenoble en 1892.**

Cette Notice, mise à la libre disposition du public visitant l'Exposition, était déposée, en nombreux exemplaires, à côté d'un *Relief de Montagnes entre Belledonne et l'Isère,* exécuté par M. Maurice Bergès, l'un des fils d'Aristide.

Elle est de format in-folio pot et, comme nom d'imprimeur et numéro, elle porte l'indication : *7655. — Grenoble, — Imp. E. Vallier et Cie, boulevard de Bonne, 1.*

Aristide Bergès termine cette Notice par la répétition de la page à la **Houille Blanche** de la Notice de 1889 et qu'il est inutile de transcrire de nouveau ici.

Exposition Internationale Alpine
de Grenoble 1892

RELIEF DE MONTAGNES
entre Belledonne et l'Isère
sur la largeur des communes de
LA COMBE-DE-LANCEY
SAINT-MURY et SAINTE-AGNÈS

Par M. Maurice BERGÈS

En parcourant les montagnes, les Touristes qui y découvrent des richesses diverses — bois, forêts, pâturages, carrières, minerais — ne se doutent peut-être pas que la plus importante de ces richesse est celle des *forces motrices* contenues dans les neiges et les glaciers.

Ces glaciers, grâce à leur exploitation intensive au moyen de hautes chutes de 100 mètres à 2.000 mètres de hauteur, connues seulement depuis quelque 20 ans, produisent de telles énergies de travail calorifique, lumineux, chimique et moteur, qu'on comprend facilement le nom de **Houille blanche** qui leur a été donné.

Le but du présent Relief montagneux est de donner une idée démonstrative de l'importance de ces forces dans les montagnes françaises.

Ce Relief ne comprend en effet que 2 communes et 2 ruisseaux, celui de la Combe-de-Lancey, descendant des lacs Doménon et du lac Crozet, et celui de Saint-Mury et de Sainte-Agnès (appelé aussi ruisseau de Vors), descendant du glacier de Freydane et du lac Blanc.

Il est nécessaire de dire que ces petits bassins n'empruntent rien aux bassins voisins et ne doivent rien de leurs eaux, en

dehors des quantités spéciales à leur propre surface (neige et pluie).

Or, une exploitation partielle de ces ruisseaux, poursuivie depuis 25 ans par M. A. Bergès, fabricant de papiers à Lancey, donne déjà une force effective utilisable en toute saison de 3.000 chevaux-vapeur.

Mais il faut ajouter qu'il n'y a qu'un tiers environ de la hauteur de chute utilisée et que, d'autre part, l'aménagement des lacs, naturels ou artificiels, permet d'augmenter de beaucoup le volume minimum d'hiver, seul expressif de la force désignée. Dans ces conditions, il résulte d'études très sérieuses de barrages, tuyauteries et tunnels déjà faites, que l'accroissement de force à obtenir par toutes les hauteurs de chute utilisables et par l'aménagement du volume minimum d'hiver, et cela au moyen de travaux faciles et rémunérateurs de la dépense, peut atteindre très largement 7.000 chevaux de plus.

Soit un total utilisable de **10.000 chevaux minima** de 24 heures par jour et de 365 jours par an, chiffre que j'affirme et qui est vérifiable.

Voilà donc une surface montagneuse composant 2 petits vallons sur une surface d'environ 60 kilomètres carrés, qui peut produire 10.000 chevaux journaliers et annuels de 24 heures.

Ceci dit, si sur une carte de France, on place à l'échelle une tache rouge représentant ces 2 vallons dans l'étendue de 60 kilomètres carrés qu'ils comprennent, on est tout surpris de la petitesse de cette surface, et on reconnaît, après un certain travail de tâtonnements, qu'il peut se trouver, rien que dans les Alpes françaises, sur la rive gauche du Rhône, depuis le mont Blanc jusqu'aux Basses-Alpes une quantité de surface analogues capables de retenir les mêmes quantités d'eau à des hauteurs équivalentes, qui est d'environ 500 fois la surface de la tache rouge.

C'est donc un total de 10.000 chevaux × 500 = 5 millions de chevaux, que *des travaux de barrage et de captation systématiquement organisés à la suite de lois spéciales* — que les Alpes

françaises peuvent livrer à l'industrie et que l'électricité se chargerait de transporter dans les lieux voisins à des prix inférieurs à ceux que nécessite l'emploi de la houille.

Si on ajoute aux Alpes les Pyrénées, le massif central, les Vosges, le Jura, etc..., la quantité de chevaux hydrauliques s'augmente singulièrement, et l'évaluation de dix millions de chevaux pour toute la houille blanche française n'a rien d'exagéré.

Pour se faire une idée de ce que représente une telle force existante et rendue disponible au moyen de travaux successifs, il faut savoir que la quantité de charbon brûlée par toutes les machines à vapeur réunies de France n'excède pas annuellement 10 millions de tonnes, et comme un cheval-vapeur de 24 heures consomme en moyenne de 30 à 50 kilos par jour, ou 10 à 15 tonnes par an, c'est donc un million ou un million et demi de chevaux qui desservent en ce moment l'industrie française. La France peut donc décupler sa force et ne l'emprunter qu'à sa houille blanche, sauf pour le chauffage que l'électricité, d'ailleurs, pourra réaliser en dehors du charbon dans une sérieuse mesure, surtout dans les emplois délicats et précieux.

On peut faire aussi la comparaison avec les fameuses forces du Niagara, qui ont le tort d'être centralisées en un seul point, et dont on ne cesse de parler comme d'une richesse incomparable.

Or, le total des forces qu'on peut régulièrement emprunter à ces cataractes ne saurait dépasser 2 à 3 millions de chevaux.

On ne peut donc qu'être agréablement surpris de retrouver en France l'équivalent de plusieurs Niagara avec la faculté d'une bien plus facile captation et d'une distribution bien mieux appropriée aux groupements de population existants.

Quant à la différence de coût entre la force hydraulique et la force à vapeur, elle est énorme. — Déjà réduite à 1/3 ou 1/4, pendant la période d'amortissement des capitaux employés, elle peut, après amortissement, se réduire à de simples frais d'entretien et devenir d'une modicité extrême. C'est plus de 200 fr.

par cheval que cette substitution peut faire économiser, et l'économie industrielle ainsi réalisée atteindrait 200 millions de fr. par chaque million de chevaux substitués.

Ces chiffres sont peu familiers même à beaucoup d'ingénieurs et une telle démonstration n'était pas sans intérêt.

Je n'en veux d'autres preuves que le discours d'un député qui, à l'occasion des droits d'entrée sur les pâtes de bois mécaniques discutés en 1891, émettait la crainte qu'on ne pût trouver en France les 40.000 chevaux hydrauliques nécessaires à fabriquer la quantité de pâtes mécaniques qui nous viennent de Suède. Et cela a été entendu par la Chambre et lu par le public, sans protestation manifeste.

Au point de vue social de l'avenir et en face de l'envahissement de l'électricité dans toutes les industries et surtout dans nos besoins domestiques, il y aurait bien des choses à dire sur les profonds changements résultant d'un tel progrès, mais ce n'est pas ici le lieu.

Je termine seulement par quelques mots sur la houille blanche que j'avais écrits dans une notice sur le même sujet à l'Exposition Universelle de 1889, où le même relief était exposé, et en signalant la concordance qui existe entre le **progrès agricole** et le **progrès industriel** ainsi obtenu.

Les barrages de montagne systématiquement organisés faciliteraient le reboisement des forêts et éviteraient le fléau des inondations.

Les eaux retenues dans ces barrages, en outre de leur emploi comme force motrice, rendraient les irrigations générales et universelles.

La force motrice hydraulique avec ses transports électriques étant moins demandée aux animaux domestiques, la production de la viande serait augmentée dans d'énormes proportions.

HOUILLE BLANCHE

De la **Houille blanche**, dans tout cela il n'y en a pas : ce n'est évidemment qu'une métaphore. Mais j'ai voulu employer ce mot pour frapper l'imagination et signaler avec vivacité que les glaciers des montagnes peuvent, étant exploités en forces motrices, être pour leur région et pour l'Etat des richesses aussi précieuses que la Houille des profondeurs.

Etc. . .. .

.. ..

(Voir le Document I.)

ARISTIDE BERGÈS,
Ingénieur des Arts et Manufactures,
Industriel à Lancey.

DOCUMENT VI

Notice publiée par Aristide Bergès à l'occasion de l'**Exposition Universelle Internationale de Lyon en 1894.**

Cette Notice, dont il n'existe plus que quelques rares exemplaires dans la maison Bergès à Lancey, a été imprimée chez *Desmard et Fournand, montée de Saint-Sébastien, à Lyon.*

Elle est du format in-4° carré et contient 7 pages sous couverture avec titre. Le frontispice de la couverture et celui de la page 1 sont ornés du dessin (avers et revers) de la médaille d'argent obtenue à l'Exposition Universelle de Paris en 1889. Comme les précédentes, elle était mise à la libre disposition du public.

Cette Notice, de même que celle qui précède, se termine par la répétition de l' « hymne » à la **Houille Blanche** de 1889, qu'il est inutile de reproduire ici.

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE
DE LYON 1894

LA HOUILLE BLANCHE

Démonstration des grandes Forces hydrauliques existant en France par L'EXEMPLE DE LANCEY (Isère)

Au moyen de deux cartes et d'un relief de montagnes, sur deux communes, entre Belledonne et l'Isère, indiquant les travaux faits, les travaux projetés et les forces correspondantes obtenues.

En parcourant les montagnes, les Touristes qui y constatent des richesses diverses — bois, forêts, pâturages, carrières, minerais — ne se doutent peut-être pas que la plus importante de ces richesses est celle des *forces motrices* contenues dans les glaciers, les neiges et les torrents.

Ces torrents, par leur exploitation intensive au moyen de hautes chutes de 100 mètres à 2.000 mètres de hauteur, connues seulement depuis quelque 20 ans, produisent de telles énergies de travail calorifique, lumineux, chimique et moteur, qu'on comprend facilement le nom de **Houille blanche** qui a été donné aux masses de glace et de neige qui leur donnent naissance.

Relief de montagnes.

Le but du Relief montagneux que j'expose est de donner une idée démonstrative de l'importance de ces forces dans les montagnes françaises.

Ce Relief n'englobe que le territoire de 2 communes, s'étendant entre le pic de Belledonne et l'Isère, et il ne comprend que 2 ruisseaux, celui de la Combe-de-Lancey, descendant des lacs Doménon et du lac Crozet, et celui de Saint-Mury-Sainte-Agnès (appelé aussi ruisseau de Vors), descendant du glacier de Frey-

dane et du lac Blanc. Leurs petits bassins n'empruntent rien aux bassins voisins et doivent toutes leurs eaux aux pluies et aux neiges tombées sur leur propre surface. C'est important à noter.

Or, une explication partielle de ces ruisseaux, poursuivi depuis 25 ans par M. A. Bergès, fabricant de papier à Lancey, donne déjà une force effective utilisable en toute saison de 3.000 chevaux-vapeur de 24 heures.

Chevaux obtenus.

Mais il faut remarquer qu'il n'y a qu'un tiers environ utilisé de la hauteur de chute possible et que, d'autres part, des aménagements commodes de lacs, naturels ou artificiels, permettraient d'augmenter de beaucoup le volume minimum d'hiver, seul expressif de la force désignée. Dans ces conditions, il résulte d'études très complètes et très sérieuses de barrages, tuyauteries et tunnels, que l'accroissement de force à attendre de l'utilisation de toute la hauteur possible et du renforcement du volume minimum d'hiver, atteint largement 7.000 chevaux, soit un **total minimum de 10.000 chevaux,** continus de 24 heures et de 365 jours par an, en y ajoutant les 3.000 déjà réalisés.

Chevaux possibles dans le relief.

C'est là un total que j'affirme exact et qui est facilement vérifiable. Quant aux dépenses pour les travaux spéciaux, d'aménagement, elles seraient insignifiantes par rapport aux résultats obtenus et largement rémunératrices.

Voilà donc une portion de montagne comprenant 2 petits vallons sur une surface d'environ 44 kilomètres carrés, qui peut produire 10.000 chevaux journaliers et annuels de 24 heures.

Ceci dit, si sur une carte de France on place à l'échelle une tache rouge représentant ces 2 vallons dans leur étendue considérée de 44 kilomètres carrés, on est tout surpris de la petitesse de sa surface, et on reconnaît, après un certain travail de tâtonnements, qu'il peut se trouver, rien que dans les Alpes françaises, sur la rive gauche du Rhône, depuis le mont Blanc jusqu'aux Basses-Alpes, une quantité de surfaces analogues capables de retenir les mêmes quantités d'eau à des hauteurs équivalentes, qui est au moins 500 fois la surface de la tache rouge.

Chevaux possibles en France.

C'est donc un total de 10.000 chevaux × par 500 = 5 MILLIONS DE CHEVAUX, qu'au moyen *de travaux de barrages et de captation systématiquement organisés à la suite de lois spéciales* — **les Alpes françaises peuvent livrer à l'industrie et que l'électricité se chargerait de transporter dans les lieux voisins où elle reviendrait à des prix bien inférieurs à ceux résultant de l'emploi de la houille.**

Si on ajoute aux Alpes les Pyrénées, le massif central, les Vosges, le Jura, etc..., la quantité de chevaux hydrauliques s'augmente singulièrement, et l'évaluation de DIX MILLIONS de chevaux pour toute la houille blanche française n'a rien d'exagéré.

Bas prix du cheval hydraulique amortissable.

Pour se faire une idée de ce que représente une telle force existante et rendue disponible au moyen de travaux successifs, il faut savoir que la quantité de charbon brûlée par toutes les machines à vapeur réunies de France n'excède pas annuellement 10 millions de tonnes, et comme un cheval-vapeur de 24 heures consomme en moyenne de 30 à 50 kilos par jour, ou 10 à 15 tonnes par an, c'est donc un million ou un million et demi de chevaux qui desservent en ce moment l'industrie française. La France peut donc *décluper* sa force et ne l'emprunter qu'à sa houille blanche, sauf pour le chauffage que l'électricité, d'ailleurs, pourra réaliser en dehors du charbon dans une sérieuse mesure, surtout dans les emplois délicats et précieux.

On peut faire aussi la comparaison avec les fameuses forces du Niagara, qui ont le tort d'être centralisées en un seul point, et dont on ne cesse de parler comme d'une richesse incomparable; le total des forces qu'on peut régulièrement emprunter à ces cataractes ne saurait dépasser 2 à 3 millions de chevaux.

On ne peut donc qu'être agréablement surpris de trouver en France l'équivalent de plusieurs Niagara avec la faculté d'une bien plus facile captation et d'une distribution bien mieux appropriée aux groupements de population existants.

Quant à la différence de coût entre la force hydraulique et la force par la vapeur, elle est énorme. — S'élevant déjà à 1/3 ou 1/4, pendant la période d'amortissement des capitaux employés,

elle peut, après amortissement, atteindre 70 à 80 %, la force hydraulique ne donnant plus alors lieu qu'à de simples dépenses d'entretien d'une modicité extrême. C'est plus de 200 francs par cheval que cette substitution peut faire économiser, et l'économie industrielle ainsi réalisée atteindrait 200 millions de francs annuels par chaque million de chevaux substitués.

Ces chiffres sont peu familiers même à beaucoup d'ingénieurs, et une telle démonstration n'était pas sans intérêt. Je n'en veux d'autres preuves que le discours d'un député qui, à l'occasion des droits d'entrée sur les pâtes de bois mécanique discutés en 1891, émettait la crainte qu'on ne pût trouver en France les 40.000 chevaux hydrauliques nécessaires à fabriquer la quantité de pâtes mécaniques qui nous viennent de Suède. Et cela a été entendu par la Chambre et lu par le public, sans protestation manifeste !

Applications électriques.

Au point de vue social de l'avenir et en face de l'envahissement de l'électricité dans toutes les industries et bientôt dans nos besoins domestiques, il y aurait bien des choses à dire sur les profonds changements résultant d'un tel progrès, mais ce n'est pas ici le lieu. Je termine seulement par une explication sur les captations d'eau en montagne et par quelques mots sur la houille blanche que j'avais écrits dans une notice sur le même sujet à l'Exposition Universelle de 1889, où le même relief était exposé, et en signalant la concordance qui existe entre le **progrès agricole** et le **progrès industriel** ainsi obtenu.

Progrès agricole et industriel.

Les barrages de montagne systématiquement organisés faciliteraient le reboisement des forêts et éviteraient le fléau des inondations.

Les eaux retenues dans ces barrages, en outre de leur emploi comme force motrice, rendraient les irrigations générales et universelles. L'étiage de nos cours d'eau serait relevé.

En substituant au travail animal la force motrice hydraulique avec ses transports électriques, prolongés jusqu'au cœur des domaines ruraux, on pourrait ne faire l'élève du bétail que pour la production de la viande, ce qui favoriserait considérablement l'alimentation des classes laborieuses.

La force motrice à bon marché dans les fermes, dans les ateliers, chez l'artisan, permettrait la lutte de la petite industrie contre la grande et serait profitable aux campagnes autant qu'aux villes.

Quelques explications sur les hautes chutes de Lancey

ET AUTRES ASSIMILABLES

Principes généraux des grandes chutes.

Les moyens de conquérir la force des eaux supérieures des montagnes sont très variables suivant chaque cas, mais ils se résument dans les points suivants :

1° Choisir un lieu de *réservoir annuel* pour y moyenner les eaux abondantes d'été et celles relativement basses d'hiver.

Les lacs naturels faciles à barrer sont tout indiqués, d'abord. A défaut, en créer artificiellement.

2° Ne pas craindre d'employer des tunnels ou galeries à travers des massifs pour centraliser divers bassins supérieurs et voisins, vers celui qui se prête le mieux à un réservoir naturel ou artificiel.

3° S'il y a une distance considérable du réservoir à l'usine, la franchir le plus possible par des lignes peu pentueuses sous faible pression et n'employer les conduites forcées sous fortes pressions que dans le minimum de parcours suivant la ligne de plus grande pente et du minimum de longueur.

4° En cas de rupture de charge dans les conduites, ménager des réservoirs journaliers à l'amont et quelques fois à l'aval s'il y a plusieurs chutes, pour moyenner l'irrégularité de dépense d'eau des 24 heures.

5° Disposer les usines en cascades, s'il y a de trop grandes distances, vers la plus accessible; mais en fait, sauf le prix des

longues tuyauteries traînantes pour fortes pressions qui est très élevé, je ne vois aucun inconvénient à des chutes directes de 1.500 mètres et plus de hauteur.

6° Malgré tous les chapitres de dépenses ci-dessus, les hautes chutes sont généralement meilleur marché que les basses, et elles ont une régularité de fonctionnement absolue que ne sauraient avoir ces dernières qui sont soumises, outre des chômages inévitables, à l'obligation de ne compter que *pour le débit d'étiage,* ce qui les rapetisse terriblement.

Au sujet de l'influence des accumulateurs lacustres qui, en outre de moyenner les eaux annuelles, moyennent aussi leur dépense à la sortie, j'apprécie que la faculté qu'ils ont de doubler ou de tripler en réalité la force nominale de 24 heures en la condensant sur 12 heures ou 8 heures de travail effectif d'utilisation journalière, autorise sans conteste à considérer les hautes chutes comme représentant 2 ou 3 fois plus de valeur que les chutes basses de même importance par 24 heures.

Si même il ne s'agissait que de transport de force pour éclairage électrique vers une grande ville, il est certain que les accumulateurs lacustres permettraient en toute équité de considérer comme quadruplée la valeur locative nominale de 24 heures d'une haute chute par rapport à celle d'une chute basse qui laisserait se déverser les excédents d'eau inutilisés et ne serait susceptible d'aucun maximum d'horaire supérieur au 24me de son chiffre nominal de 24 heures.

Ces principes posés, je cite comme exemple le projet de captation de 2 ruisseaux de Lancey et de Vors qui, avec un bassin récepteur de 44 kliomètres carrés, peuvent fournir 10.000 chevaux réguliers de 24 heures et 365 jours et par suite 30.000 chevaux de 8 heures ou 20.000 chevaux de 12 heures, grâce aux accumulateurs lacustres.

Ce projet est indiqué dans le relief et surtout dans la carte d'Etat-Major A où existent les légendes explicatives, que la présente notice complète sommairement.

Il comprend deux usines :

L'une avec 1.000 mètres de chute au bas de la forêt à la cote 960 comportant 5.000 chevaux pour projet d'éclairage électrique de Grenoble et de transport de force.

L'autre, sur les bords de l'Isère, près de la gare à Lancey, où aboutissent les trois autres chutes pour utilisations industrielles diverses : papeterie, râperie, cellulose, électrolyse. Sur les trois chutes, deux existent, celles de 500 mètrs et celle de 200 mètres, la troisième de 700 mètres comme aussi la première de 1.000 ne sont que projetées et subordonnées aux travaux de barrage et d'alimentation du lac Crozet.

Mesure des eaux tombées.

L'important est, avant tout, de s'assurer du volume annuel des eaux tombées dans le bassin; la mesure directe à l'aide d'appareils d'enregistrement journalier n'en ayant été possible jusqu'ici qu'approximativement, je me contente provisoirement de la mesure résultant des hauteurs d'eau de pluie ou de neige, tombant aux diverses altitudes.

Mesure météorologique.

En admettant que ces quantités sont de 2 mètres par m² au-dessus de 2.000 mètres d'altitude, de 1 mètre au-dessus de 1.000 mètres, de 0.75 au-dessus de 700 mètres et de 0.50 au-dessous de 500 mètres, on obtient le tableau ci-dessous qui est expliqué en détail dans la carte de l'Etat-Major A ainsi qu'au relief.

CHUTES et leur altitude d'origine		HAUTEUR des chutes	SUPERFICIE du bassin	HAUTEUR d'eau tombée	VOLUME annuel	VOLUME par " en litres	CHEVAUX obtenus	COULEURS de la carte
1re	2 000	1 000 m	8.500.000 m²	2m	17 000 000 m³	538	5 380 ch.	Rose
2e	960	700	8 052.000 »	1	8.052 000 »	798	5.580 »	Bleue
3e	750	500	19 289.000 »	0 75	14.466.000 »	460	2.300 »	Verte
4e	450	200	8 000 000 »	0 50	4 000 000 »	127	250 »	Jaune
			43.848 000 m²	1m » moyenne	43.518 000 m³ Total	1 380 l moyenne	13.510 ch.	

Nous arrivons ainsi à un total théorique de 13.510 chevaux qui, avec 27 % de pertes, évaporation, perte de charge, etc., se réduiraient aux *10.000 chevaux utilisables ci-dessus énoncés.*

Accumulateurs lacustres.

Plusieurs lacs régulateurs peuvent servir concurremment au lieu d'un seul. Ainsi, dans le cas actuel, j'utilise auxiliairement le tiers qui m'appartient de l'écoulement des lacs Doménon et tout le lac Blanc, plus encore le lac de la Syte et quelques autres pour diminuer d'autant le magasin du lac Crozet où seraient *la prise d'eau et le plus important barrage.* L'aménagement de ce dernier lac comporte, outre un barrage, deux tunnels ou galeries.

Il résulte d'études spéciales que sur les 538 litres de consommation journalière, je puis compter à l'étiage sur un minimum constant de 350 litres. Il ne manque donc que 288 litres à emprunter au magasin. Pour ces 288 litres, j'ai une alimentation certaine de six mois environ avec un excédent considérable à emmagasiner pour les autres six mois. Le volume à emmagasiner se réduit donc à 288 litres × 6 mois × 30 jours × 86.400" par jour, soit un total de 4.479.000 m³.

Calcul d'un réservoir lacustre.

Or, comme le lac Crozet surélevé de 30 mètres aurait une étendue moyenne baignée d'environ 120.000 m², et qu'il a environ 1.000.000 m³ d'eau dans sa profondeur actuelle qu'un petit tunnel de 200 mètres de long peut soutirer, il suffira d'un barrage de 30 mètres de hauteur, incrusté dans la sortie granitique des deux montagnes qui l'enserrent, pour constituer, avec la réserve inférieure, le magasin de 4.500.000 m³ *nécessaire à compléter la dépense journalière de 538 litres par seconde.*

Il y a lieu de faire observer que le calcul spécial à un seul remplissage annuel ainsi établi, conduit à un minimum. Il est manifeste, en effet, que si le lac était rempli ou augmenté une deuxième fois après un commencement de vidange par les pluies d'automne ou d'hiver, il en résulterait un accroissement gratuit du volume considéré. De telles pluies constituent, en tout cas, un élément plus que suffisant de compensation aux pertes par infiltration ou évaporation que pourraient éprouver les retenues.

1re chute de 1000m de hauteur à la Combe-de-Lancey.

Ainsi serait obtenue la première chute de 1.000 et de 5.380 chevaux de 24 heures. Cette chute est projetée pour le transport de force et l'**éclairage électrique de Grenoble,** qui n'est située qu'à 18 kilomètres de distance.

Dans une ville, la durée de marche des outils ne dépasse pas 8 heures moyennes; on peut donc dire que la ville de Grenoble recevrait 15.000 chevaux industriels de 8 heures (au lieu de 5.300 de 24 heures).

Devis d'estimation pour la 1re chute.

Ce n'est pas ici le lieu de justifier un devis de ce travail, mais il a été apprécié qu'une dépense de 3.000.000 serait très suffisante pour arriver aux turbines. En admettant un total de location de 15.000 chevaux, on aurait pour prix de revient sur place des chevaux 3.000.000 : 15.000 = 200 francs en capital, soit avec un amortissement un coût de 20 francs par cheval et par an, ce qui n'a rien d'exagéré; il pourrait être augmenté de 1/3 et même être doublé, sans que l'idée d'un bon marché réel disparût.

Autres chutes, dans le village et devant la gare de Lancey.

Les autres chutes, exploitables à Lancey et bénéficiant des travaux de la première auraient à peu près la même importance et coûteraient très sensiblement moins pour réaliser environ 5.000 autres chevaux-pratiques de 24 heures, et comme la première, avec un simple réservoir journalier, elles seraient suceptibles d'être considérées comme donnant 15.000 chevaux industriels.

Sur les chutes basses

Les hautes chutes de montagne, généralement placées au-dessus de la cote 300 d'altitude, avec leur petit débit, leur petit bassin et leur grande hauteur, peuvent être pour partie à la portée des efforts individuels, même sous la législation actuelle; mais au-dessous de la cote 300, les torrents sont devenus des rivières et des fleuves qui, grâce à leur volume, sont encore susceptibles de produire, en France, 2 à 3 millions de chevaux.

Seulement leur captation n'est plus possible qu'au bénéfice et sous l'action des villes et de l'Etat qui trouveront, concurremment, dans l'irrigation des plaines et la création de canaux, des justifications aussi impérieuses et ausis rémunératrices que la captation même des chevaux.

Exemple de la dérivation de l'Ain pour l'usage industriel de la ville de Lyon.

Pour ces travaux, les mêmes principes de réservoirs annuels et journaliers s'imposent comme dans les cas ci-dessus exposés, et on aurait ainsi le dernier écho de la Houille blanche.

Comme exemple des basses chutes, je signalerai la dérivation de partie del'Ain et, éventuellement, de partie du Rhône faite à la cote 285 pour s'emmagasiner dans le plateau des Dombes et arriver aux portes de Lyon où elle constituerait un petit Niagara avec une chute d'environ 100 mètres.

Ce projet, dont l'auteur est un officier du génie de Lyon, a été l'objet de sérieuses études, communiquées aux autorités compétentes et à la presse.

Dans une brochure éditée tout dernièrement, M. P. Aristide Bergès fils le présentait au public lyonnais.

Il est certain que ce projet aboutira dans un temps très court, parce qu'il s'impose par sa richesse propre, son caractère d'accroissement gradué proportionnel aux besoins, sa supériorité à tous les points de vue sur les autres projets concurrents, les causes de prospérité qui surgiront partout où il atteint, notamment pour le département de l'Ain, dans ses régions les plus déshéritées. Sa facilité d'exécution est merveilleuse, parce qu'il utilise un appoint naturel *nécessaire dans l'espèce et qui s'offre à lui à peu près gratuitement :* LE PLATEAU DES DOMBES.

Les Lyonnais disent parfois, avec une pointe d'esprit, que la Providence s'est montrée généreuse à leur égard en faisant passer, par leur ville, deux cours d'eau aussi importants que la Saône et le Rhône.

Eh bien : dans quelque temps, ils trouveront cette Providence plus généreuse encore, parce qu'elle leur a donné le plateau des Dombes, grâce auquel plusieurs centaines de mille chevaux, graduellement amenés à très bas prix, au fur et à mesure des

besoins, pourront transformer cette deuxième ville de France en une des villes les plus industrielles du monde.

Lancey, le 1er juin 1894.

ARISTIDE BERGÈS.

SUR LA
HOUILLE BLANCHE

(MÉDAILLE D'ARGENT)

Extrait d'une Notice parue à l'Exposition Universelle de 1889.

De la **Houille blanche,** dans tout cela il n'y en a pas; ce n'est évidemment qu'une métaphore. Mais j'ai voulu employer ce mot pour frapper l'imagination et signaler avec vivacité que les glaciers des montagnes peuvent, étant exploités en forces motrices, être pour leur région et pour l'Etat des richesses aussi précieuses que la Houille des profondeurs.

Etc. . . . . .

. . . . . .

(Voir le Document I.)

ARISTIDE BERGÈS,
Ingénieur des Arts et Manufactures,
Industriel à Lancey (Isère).

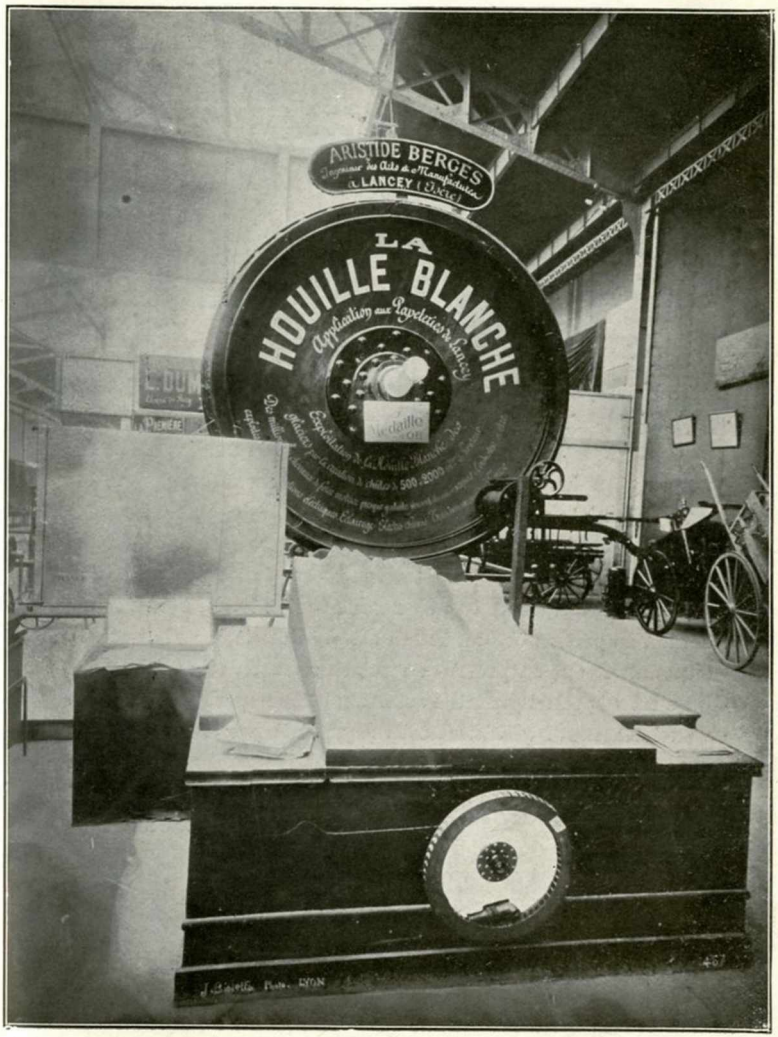
DOCUMENT VII

Photographie prise, en 1894 à l'**Exposition Internationale de Lyon,** du matériel exposé par Aristide Bergès.

Ce matériel était composé d'une turbine de 2 mètres de diamètre, d'un Relief de montagnes (vallons de Lancey et de Saint-Mury), d'une carte de France et d'une carte d'Etat-Major (pour les deux vallons ci-dessus).

Sur la première moitié du plateau de la turbine figurait, en gros caractères, le titre de la **Houille Blanche,** très clairement reproduit par la photographie. Sur la seconde moitié, en plus petits caractères, et ressortant moins clairement sur la photographie, était écrit : *Exploitation de la Houille Blanche des glaciers par la création de chutes de 500 à 2.000 mètres de hauteur. Des millions de chevaux de force motrice presque gratuite peuvent être ainsi acquis à l'industrie et être exploités par les applications électriques, Eclairage, Electrochimie, Transmissions de Forces.*

Ce matériel servait à la démonstration du sujet développé dans la Notice précédente.



DOCUMENT VIII

Communication faite par Aristide Bergès sur l'utilisation des chutes d'eau du bassin de Lançey, à la séance du 2 mai 1898 de la *Société de Statistique, des Sciences naturelles et des Arts industriels du Département de l'Isère.*

Extrait du **Bulletin de la Société de Statistique, des Sciences Naturelles et des Arts Industriels du Département de l'Isère**
(4e Série, Tome IV, XXXe de la Collection, année 1899, pages 413-415).

SÉANCE DU 2 MAI 1898

Présidence de M. R. DE LA BROSSE

Dix membres sont présents, savoir : MM. Bergès, Beudant, Collet, Gevrey, Gueymard, Hardouin, de La Brosse, Pilot de Thorey, Sébelin et Vellein. Assistent également à la séance, plusieurs personnes invitées.

Le procès-verbal de la précédente séance est lu et la rédaction en est adoptée.

Après avoir dépouillé la correspondance, M. le Président donne la parole à M. ARISTIDE BERGÈS qui fait une communication sur l'utilisation des chutes d'eau du bassin de Lancey.

Ces chutes sont intéressantes parce que Lancey a été quelque peu le berceau des premières et successives applications de ce genre de captation d'énergie.

Là, comme ailleurs, la nécessité a été la mère de l'industrie; — il y avait peu d'eau dans le ruisseau : environ 150 litres par seconde, mais une certaine facilité d'élévation, d'où une obligation de s'élever pour avoir une force importante.

En 1869, le moulin et les deux battoirs qui occupaient le fond de la gorge ne prenaient que 20 mètres de chute et leurs 15 à 20 chevaux produits ont été remplacés par une

chute de 200 mètres actionnant une râperie de pâte de bois mécanique.

Dix à douze ans plus tard, la râperie devenait une papeterie et la chute était élevée à 500 mètres, de manière à produire environ 1.000 chevaux avec la même quantité d'eau.

A ce moment, avant d'utiliser les 1.200 mètres de chute supérieure existant entre le village de la Combe (760 mètres) et le lac Crozet (1.268 mètres), M. Bergès songea à demander à l'*accroissement* possible du volume des eaux et à leur *régularisation* entre l'été et l'hiver *tout ce qu'ils pouvaient rendre.*

C'est ainsi que le lac Crozet fut d'abord barré pour augmenter sa capacité, puis syphoné, puis percé d'un trou de bonde au moyen d'un tunnel et que, de ce fait, il résulta un accroissement de volume du ruisseau d'environ 100 litres pendant 6 mois d'hiver et une force supplémentaire de 500 chevaux d'hiver. Puis le Bassin de Saint-Mury fut aussi acheté, capté, amené à Lancey avec 500 mètres de chute et il résulta ainsi des eaux mêlées un triplement de la force obtenue à l'usine atteignant, en ce moment, 4.000 chevaux avec les eaux du lac Blanc aménagées comme celles du lac Crozet.

Les eaux des 2 bassins étant ainsi complètement utilisées dans la première chute de 500 mètres, il reste, en ce moment, à capter les 1.200 mètres de chute existant entre le Mas Jullien et le lac Crozet, considéré comme chambre d'eau de la prise et accumulateur de la variation des débits.

Or, cette captation est en ce moment à l'étude et doit donner, avec des travaux relativement modestes, environ 5.000 chevaux réguliers de toute l'année et de 24 heures, mais susceptibles de fournir à des à-coups journaliers de 10 à 15.000 chevaux de plusieurs heures.

Cette situation se prête admirablement à l'éclairage électrique et pourrait assurer à la ville de Grenoble un éclairage très économique de cent mille lampes possibles.

En résumé, ainsi rendue scientifique, l'exploitation hydraulique des 2 bassins de Lancey et de Saint-Mury comprendra 1.700 mètres de chute et rien qu'avec les eaux tom-

bées dans les parties élevées de ces deux bassins pourra réaliser une force de *8 à 10.000 chevaux*.

M. Bergès ajoute que ces chutes élevées sont les plus maniables, les plus continues, sans chômage — celles qui ont le moins d'accidents et, en cas d'accidents, celles qui sont le plus rapidement et le plus facilement réparables.

Elles sont aussi celles dont les moteurs sont les plus faciles à diviser et à placer, les moins coûteux d'installation et d'achat et ayant le minimum d'entretien.

C'est en étudiant sagement et pas à pas, avec le concours de 30 années d'expériences et en établissant un rapport entre les surfaces des bassins utilisés et les forces obtenues, que par *assimilation* avec les autres points analogues fort nombreux en France, M. Bergès a conclu à la possibilité d'extraire *des hautes chutes* organisables en France, une force de dix millions de chevaux-vapeur qu'on pourrait justement dénommer la valeur de la *Houille blanche française*.

Or, si l'on considère que la valeur de la force hydraulique va en s'amortissant, tandis que celle de la houille noire ne s'amortit jamais et disparaît au contraire; il pourrait arriver que l'avenir économique qui suit le plus bas prix de revient appartînt dans quelques années aux nations qui auront le mieux capté et organisé leur exploitation de *Houille blanche*, de même qu'il appartient en ce moment, sans conteste, à ceux qui possèdent le plus de houille noire.

A l'appui de ses dires, M. Bergès avait apporté un relief en plâtre des deux vallées et divers éléments de distributeurs et de turbines qui, aujourd'hui, sont aussi obéissantes aux régulateurs que les machines à vapeur.

La séance est levée à dix heures et demie.

Le Président, R. de la Brosse. *Le Secrétaire*, E. Pilot de Thorey.

DOCUMENT IX

LA
HOUILLE BLANCHE

PAR

ARISTIDE BERGÈS
INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

Mémoire *extrait du* **Bulletin de la Société de Statistique, des Sciences Naturelles et des Arts Industriels du Département de l'Isère**
(4e Série, Tome V, XXXIe de la Collection, année 1900, de la page 12 à la page 32).

LA HOUILLE BLANCHE

PAR

ARISTIDE BERGÈS

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

Exposé topographique.

Le but de cette notice est d'appeler l'attention sur les hautes chutes hydrauliques, par l'étude expérimentale et détaillée que je vais faire des deux vallons de Lancey et de Saint-Mury.

Ces deux vallons, situés à 15 kilomètres environ de Grenoble, et tombant dans la vallée du Grésivaudan, reçoivent seulement une partie des eaux du massif de Belledonne; ils n'ont que 10 kilomètres de parcours, et la surface réceptrice des eaux utilisées n'est que de 44 kilomètres carrés.

Peu de personnes se doutent qu'ils peuvent, dans leur petitesse, fournir, sans aucun emprunt étranger et rien qu'avec les eaux de pluie et de neige tombées du ciel, une force utilisable de 10.000 chevaux réguliers, travaillant trois cent soixante-cinq jours par an et vingt-quatre heures par jour.

Pour les décrire géographiquement, je vais les faire parcourir par un touriste qui, à la fin de sa promenade, aura fait une des excursions les plus agréables et les plus intéressantes.

(Planche n° I). Le touriste arrivé, par le premier train du matin, à 5 heures, en gare de Lancey *(cote 225)*, n'a qu'à remonter le ruisseau en passant devant la papeterie et suivant le chemin vicinal pour arriver, après avoir visité l'usine :

A dix heures, au village de la Combe-de-Lancey *(cote 750)*, où se trouve *(en A)*, au-dessous d'un moulin et d'une scierie, la première captation du ruisseau de Lancey pour la papete-

rie, avec 500 mètres de hauteur de chute. C'est en ce point qu'est projetée l'usine intermédiaire d'utilisation des eaux;

A douze heures, au lieu dit les Trois-Ruisseaux ou le Pré-du-Fourneau *(cote 1250, en B)*, où est projetée l'usine hydraulique supérieure;

A trois heures, après avoir monté 700 mètres en forêt, au lac du Crozet *(en C, cote 1968)*, où il verra un commencement de barrage pour créer une capacité nouvelle d'eau emmagasinée, et un tunnel aboutissant à un trou de bonde sous le lac pour en utiliser la capacité ancienne en le vidant au moment utile.

Après avoir atteint, vers cinq heures du soir, la Pra, il se reposera des fatigues de cette première partie de son excursion dans le bon hôtel du *Club-Alpin.*

Le lendemain, en partant à six heures du matin, il rencontrera à sept heures le lieu dit : le Partage-des-Eaux *(en D, cote 2253)*, où se trouve un édicule construit sur les plans de M. l'Ingénieur de La Brosse, pour partager, entre les vallons de Lancey et de Domène, l'écoulement des lacs Doménon, en conformité d'un arrêt de la Cour d'appel de Grenoble de 1884; le partage étant fait à raison de 1/3 Lancey, 2/3 Domène, avec un succès parfait, sans entretien ni interruption.

A dix heures, il atteindra le sommet de Belledonne *(F, cote 2981)*, magnifique point de vue s'étendant sur tous les paysages environnants et donnant l'un des plus beaux panoramas des Alpes dauphinoises.

En descendant par le glacier de Freydane, il pourra, vers midi, déjeuner sur les bords du lac Blanc, point de réunion des eaux du névé et origine du ruisseau de Saint-Mury, ou Vors.

A trois heures, après avoir vu les cascades du Boulon, il arrivera au pont de Saint-Mury, où le ruisseau est capté au profit de l'usine de Lancey avec encore 500 mètres de hauteur de chute.

En parcourant le chemin vicinal de Lancey à Saint-Mury, il suivra la ligne des tuyaux qui amène l'eau captée, passera par Revola, sur la ligne de partage des deux ruisseaux, et pourra marcher, à partir de là, à côté des tuyaux à forte pente qui se précipitent sur la papeterie et lui amènent l'eau

en pression. En une heure à peine, il pourra se trouver à la gare de Lancey, rempli du souvenir des merveilles naturelles qu'il aura découvertes et plein de généreuse émotion de l'activité industrielle qu'il aura rencontrée.

Dans la visite faite à la papeterie, il a été surpris des conditions et des résultats d'utilisation d'une chute de 500 mètres.

Avec un ruisseau paraissant avoir 500 à 1.000 litres de débit par seconde, il a vu :

1° Actionner une papeterie fabriquant toutes ses matières premières et produisant par jour 20.000 kilogrammes de papier fini;

2° Produire du carbure de calcium;

3° Blanchir électrolytiquement les pâtes à papier;

4° Donner des locations de force dans le voisinage;

5° Préparer les bâtiments de machines électriques pour actionner les tramways de Chapareillan et de la Chartreuse;

6° Au moyen de quatre dynamos, produire le courant nécessaire à un puissant éclairage de toute l'usine et au besoin de la Société d'Eclairage de la Vallée du Grésivaudan, qui porte la lumière sur tout le pays entre Brignoud et Grenoble.

Soit en tout une production de force de 3 à 4.000 chevaux de vingt-quatre heures et de trois cent soixante-cinq jours l'an.

Cette énergie, sous un si petit volume d'eau, étonne tout d'abord et frappe aussi au point de vue de l'aspect usinier.

Les moteurs grands ou petits sont nombreux, et placés à côté de l'outil, tantôt à la cave, tantôt au grenier; les transmissions sont réduites au minimum; un petit tuyau de 12 centimètres extérieur conduit au loin une force de 100 chevaux.

On se sent à l'abri des inondations et des désastres naturels si fréquents dans les grosses chutes.

L'usine paraît plus intensive.

Mais c'est surtout l'énergie qui étonne le plus, et on est conduit à se demander si le calcul habituel lui est applicable et si la mesure de cette énergie est toujours :

PH = travail produit,

P étant le poids de l'eau par seconde utilisée,

H étant la hauteur effective en mètres de la chute au-dessus des ajutages de distribution, déduction faite de toutes les pertes de charge le long du tuyau, par la vitesse, les coudes et tous obstacles divers à l'écoulement de l'eau.

Or il est bien vrai que 100 litres tombant de 500 mètres produisent :

$$100 \times 500 = 50.000 \text{ kilogrammètres,}$$

$$\text{ou } \frac{50.000}{75} = 650 \text{ chevaux,}$$

et que 1 mètre cube produira 6.600 chevaux, qu'une ou plusieurs turbines peuvent recevoir et transmettre.

Dès lors l'étonnement cesse, et si, après avoir considéré les 500 mètres qui sont déjà acquis à la hauteur de la Combe-de-Lancey, on se dit qu'en prenant l'eau au lac Crozet ce n'est plus 500 mètres, mais 1.700 mètres qu'on peut utiliser et 17.000 chevaux qu'on peut extraire d'un seul mètre cube continu de débit — l'imagination travaille — on trouve que la location d'une telle force peut représenter une grosse richesse non seulement personnelle, mais même nationale en l'étendant aux très nombreux lieux analogues.

Il semble que le moindre filet d'eau dans les grandes hauteurs n'est plus de l'eau, mais de la **houille noire** qui sourdit automatiquement du sol, et alors le nom de **houille blanche,** pour baptiser ces richesses, vient naturellement à l'esprit; on s'élève dans les régions poétiques, et on fait un petit poème qui, entre autres mérites, a celui d'être court, et que je donne ci-dessous pour cette raison.

EXTRAIT D'UNE NOTICE

PARUE A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

La Houille Blanche.

De la *houille blanche*, dans tout cela il n'y en a pas; ce n'est évidemment qu'une métaphore. Mais j'ai voulu employer ce

mot pour frapper l'imagination et signaler avec vivacité que les glaciers et les montagnes peuvent, étant exploités en forces motrices, être pour la région et pour l'Etat des richesses aussi précieuses que la houille des profondeurs.

L'utilisation du ruisseau de Lancey, que j'ai commencée il y a vingt ans, et que je poursuis sur une hauteur de 2.000 mètres, en est une preuve expérimentale.

C'était, au début de 1869, un ruisseau insignifiant, débitant au plus bas une centaine de litres par seconde et faisant à grand'peine mouvoir quelques moulins et battoirs de chanvre de 3 ou 4 chevaux.

Aujourd'hui, amélioré, il actionne une papeterie utilisant 2.000 chevaux, et, entièrement exploité, il peut donner à Grenoble un éclairage électrique de 150.000 lampes, provenant de 15.000 chevaux de 8 heures. Or, il y a, dans les Alpes et les Pyrénées et d'autres lieux de France, des milliers de ruisseaux pareils, tout aussi facilement exploitables et pouvant représenter des millions de chevaux. Ce sont ces richesses inconnues que je voudrais signaler à l'attention publique.

La conquête de ces hautes chutes est généralement facile; — leur coût très réduit, par rapport à celui des chutes basses; — leur entretien presque nul; — leurs moteurs d'une construction élémentaire; — leur durée presque indéfinie; — leur continuité de marche et leur régularité peuvent être absolues dans les trois cent soixante-cinq jours de l'année.

Tout cela est réalisé à Lancey.

Dans de telles conditions, lorsqu'on regarde la source des milliers de chevaux ainsi obtenus et leur puissant service, les glaciers ne sont plus des glaciers : c'est la *Mine de houille blanche* à laquelle on puise, et combien préférable à l'autre ?

Tandis que la houille noire s'épuise, les glaciers et les sources, chaque année, se reconstituent et sont humainement éternels. — Aux puits profonds, aux galeries dangereuses, aux noirs mineurs fatigués, aux lourds vagons, aux fumeuses cheminées de la houille, les grandes chutes opposent leurs lacs gracieux, leurs conduites d'eau pittoresques, leurs moteurs simples et propres, leurs eaux fraîches et bienfaisantes.

La houille nécessite un labeur incessant et des frais conti-

nuels d'entretien ou de transport. La houille blanche, n'ayant que des frais de premier établissement, s'amortit et marche vers la gratuité finale.

La chaleur extraite de la force, à raison de une calorie pour 424 kilogrammètres, est tout d'abord coûteuse; mais, après amortissement, qui peut dire de quel côté penchera la balance ? Ne s'impose-t-elle pas déjà pour les chauffages délicats ?

La houille noire se transporte facilement et s'emmagasine; mais l'eau s'emmagasine dans les lacs, et dans les tuyaux marche aussi; et, lorsqu'au bout il y a des fils électriques pour transporter lumière, force et chaleur, qui dira où elle s'arrêtera ?

La houille réduit le minerai de fer, qui a fait notre civilisation et notre siècle, dont la tour de 300 mètres est en quelque sorte le poème; mais elle ne peut rien sur l'alumine; tandis que la houille blanche, ou la force économique par l'électricité, réduit l'alumine et nous donne l'aluminium, qui donnera son nom au siècle nouveau, s'il arrive à un bon marché suffisant.

Ce métal, léger comme le verre (D — 2.56), presque résistant comme le fer, et inoxydable comme l'argent, dans quelques alliages, est certainement le mystère de l'avenir; il réduira de deux tiers nos poids morts alourdissants, remaniera tous nos véhicules et nos outils de guerre, et nous *ouvrira la navigation aérienne* du plus lourd que l'air. Or l'électricité seule nous donne dès aujourd'hui l'aluminium à un bon marché, que l'amortissement gradué des immenses forces motrices nécessaires augmentera indéfiniment. Les Pyrénées et les Alpes ont pour cela toute la houille blanche nécessaire, et n'est-il pas juste que les montagnes, qui, depuis l'origine du monde habitable, engraissent les plaines, bénéficient à leur tour de leurs propres richesses !

Il est manifeste que les hautes chutes qu'on peut trouver dans bien des parties de la France, et obtenir même artificiellement avec des citernes en retenant les eaux pluviales, peuvent, avec des volumes insignifiants, 10 litres par seconde, rendre des services signalés. Une sérieuse partie des villes, villages et maisons isolées pourraient ainsi s'éclairer presque

gratuitement en quintuplant, pendant la période utile de l'éclairage, la force moyenne de vingt-quatre heures de petites sources ainsi captées.

Lancey, le 1er mai 1889.

A. B.

Dans une chute d'eau, on a à examiner deux éléments : la hauteur et le débit.

A l'époque où j'écrivais ces lignes, les chutes de cette nature étaient peu connues, et quelques personnes m'ont même demandé des morceaux de ma houille blanche; un pareil fait ne se produirait pas aujourd'hui où ces chutes se sont multipliées dans des proportions inattendues, ce qui rend d'un intérêt plus actuel les observations qui suivent, résultats d'une longue expérience personnelle, puisée depuis trente ans dans l'exploitation du ruisseau de Lancey, auquel j'ai ajouté depuis dix ans la totalité du ruisseau de Vors ou Saint-Mury, en réunissant les deux ruisseaux sous la même chute de 500 mètres.

Hauteur de chute.

Dans l'étude du produit PH, le facteur H ne m'a donné aucun tracas : la tôle des tuyaux a résisté à l'oxydation, en laissant entrevoir une durée qui pourra atteindre un siècle, soit que les tuyaux soient enterrés, soit qu'ils aient été placés à l'air libre.

Les résultats actuels d'une peinture très soignée au goudron, mêlé à du sulfure de carbone, suffisent pour inspirer cette confiance.

Les joints et les cornières ont parfaitement résisté à la pression de 500 mètres; les ajutages de sortie en bronze dur ou d'aluminium durent un temps suffisant, les robinets et vannes diverses travaillent aussi dans de bonnes conditions; enfin les turbines sont très maniables, très durables, très faciles à construire, et leur rendement n'est pas inférieur à celui des turbines utilisées dans les chutes moyennes.

Débit.

Le gros de la difficulté a été dans le volume débité par les ruisseaux.

Chacun sait la transformation industrielle, on peut dire la révolution, qui s'est opérée dans ces dernières années. Aux usines peu ou mal outillées de la première moitié du siècle, ont fait place des manufactures énormes, qui, en permettant de réduire les prix de revient, ont modifié les exigences du

travail producteur. Avec ces énormes machines, plus d'arrêts possibles, plus de travail intermittent admissible, ce qui domine tout : ce sont les frais généraux, c'est l'obligation de marcher tous les ans trois cent soixante-cinq jours de vingt-quatre heures.

Or, si bien *la quantité d'eau tombée sur une surface donnée* est assez constante chaque année, la répartition du débit dans le ruisseau qu'elle engendre varie prodigieusement dans les douze mois de l'année, et cette variation atteint et dépasse même l'écart de 1 à 10.

Dans les torrents de nos montagnes, nés des neiges et des glaciers des hauts sommets, les eaux abondantes dans la bonne saison (mai, juin, juillet, août et septembre), quelquefois redevenues sérieuses en automne, sont généralement en hiver d'une pénurie désolante.

Ce n'est plus l'étiage qui est funeste, mais l'hivernage pendant les périodes où le gel dure jusqu'à cent vingt jours et plus sans discontinuité; il faut des situations exceptionnelles d'industrie pour accepter ces irrégularités de débit et les rendre supportables.

Que nous nous trouvons loin de ces conditions de marche nécessaires à l'industrie actuelle, et comme l'usine soumise à de telles vicissitudes de marche inspire peu de confiance ! (1).

Correction des variations de débit par la création de réservoirs.

Mais, par une heureuse circonstance naturelle dans les pays de montagnes neigeuses, peu favorables aux établissements à vapeur à cause du prix du combustible, le remède est, en quelque sorte, à côté du mal, car il suffit d'utiliser ou de créer des réservoirs annuels et journaliers pour emmagasiner les débits d'un ruisseau inégal et le rendre régulier.

C'est sur ce point qu'ont porté mes efforts.

(1) Ces défauts, ces vices, pour mieux dire, ne sont d'ailleurs pas exclusifs aux hautes chutes. Ils sont plus sensibles pour celles de faible hauteur et gros débit, où les moindres crues, en diminuant la chute, diminuent la force, et où les minima d'été et d'hiver atteignent des proportions et des durées inconnues pour nos torrents-glacières, mais nettement dessinés sur ceux des massifs non couronnés de neige. Aussi voit-on sur les gros cours d'eau les usines, qui se contentaient naguère de leur force capricieuse, appeler à leur aide la vapeur, pour compenser les minimums, et maintes fois, devant la nécessité de marcher toujours et de se développer, perdre de vue leur origine hydraulique et devenir exclusivement vapeur se trouvant à regret placées près du cours d'eau, cause première de leur existence.

J'avoue avoir été aidé, dirigé et encouragé par les dispositions locales, la situation et le nombre des lacs pouvant servir de réservoirs aux eaux de mes ruisseaux; ce sont, on les voit sur la carte *(Planche I)* les lacs Crozet, Doménon et Blanc.

Leur complète utilisation exige des travaux importants et délicats à exécuter à des altitudes où l'on a peu l'habitude de les entreprendre.

Le projet complet d'aménagement des eaux de mon bassin, résultat de mûres réflexions et de longues observations, comporte, outre la préparation des lacs, la création de la chute de 1.200 mètres, et c'est de cet ensemble que nous allons maintenant nous occuper.

exacte réparti- es eaux es sur mois de

Mon premier besoin a été de connaître exactement les variations annuelles de débit. A cet effet j'ai placé à mes prises d'eau de la Combe et de Saint-Mury des outils de jaugeage pour mesurer tout le long de l'année les eaux naturelles. Ces outils de jaugeage organisés, sans avoir à souffrir des grosses eaux, ni des graviers, ni des feuilles ou objets entraînés, consistent en un barrage qui ne s'engrave pas, produisant devant lui un bassin d'eau tranquille avec paroi latérale, dans laquelle sont percés, dans des disques en bronze, des trous identiques, situés à la même hauteur et fermés chacun par une vanne mobile.

Une échelle fixe très accessible, placée assez loin des trous dans la partie tranquille du bassin, permet de mesurer la hauteur de l'eau au-dessus de leur centre.

Le résultat de ce mesurage, fait par le gardien de la chute, est téléphoné à l'usine; les éléments qu'il doit fournir sont :

1° Le nombre des trous ouverts;

2° La hauteur de l'eau au-dessus du centre de ces trous;

3° Une appréciation des pertes, s'il y en a, par la digue de retenue.

Ces renseignements sont soigneusement enregistrés et servent à obtenir avec une très effective précision le débit quotidien du ruisseau.

C'est avec de tels documents que j'ai constitué, pendant quatre ans, les courbes de débit figurées planche II.

Etude du bassin des ruisseaux de Vors et de Lancey; leur division en trois zones.

Cette eau vient de tout le bassin des ruisseaux situés au-dessus de la courbe de niveau, 760 mètres après avoir traversé pour partie importante les lacs Blanc et Crozet, qui sont les points de réunion de l'écoulement des glaciers de la région.

C'est à eux qu'est dévolu le soin de régulariser l'écoulement du ruisseau, et, à cet effet, les travaux ci-après ont déjà été exécutés.

Au lac Blanc, un tunnel de 400 mètres de long est commencé pour aller en crever le fond à 21 mètres au-dessous de son niveau actuel et permettre d'y prendre à volonté les 1.100.000 mètres cubes qu'il contient.

Au lac Crozet, un tunnel qui a été terminé en 1897, permet de le vider à 25 mètres au-dessous de son niveau habituel, et un petit barrage en travers de la brèche par laquelle il s'écoulait surélève ses eaux à $3^{m}60$ au-dessus de ce même niveau.

Le tunnel a été fait sans difficultés; il a pourtant 240 mètres de long et traverse des roches fort dures; le barrage est construit, depuis cinq ans, en maçonnerie de ciment Portland, et la façon dont il se comporte donne toute sécurité pour la construction d'un plus important ouvrage.

L'accès des vannes à toute époque de l'hiver a été possible; et leur manœuvre, malgré l'altitude des régions où elles sont établies, n'a donné lieu à aucun ennui.

Projet définitif d'aménagement de ma chute.

Les projets étudiés comportent :

1° La création d'une conduite fermée prenant l'eau dans le lac Crozet même pour actionner une usine électrogène en B, au pré des Fourneaux et établie de façon que la fermeture des vannes des turbines à cette usine laisse s'accumuler l'eau dans le lac;

2° La création de deux conduites à très faible pente prenant l'eau : l'une au-dessous de l'usine B et y ajoutant tout ce qui tombe sur le bassin de Lancey et n'entre pas dans le lac Crozet; l'autre à la même hauteur dans le bassin de Saint-Mury pour recueillir toutes les eaux qui tombent au-dessus de cette prise. Ces deux conduites à faible pente, ou mieux rigoles alimentaires, viendraient se réunir à Prélong dans un grand réservoir, origine d'une conduite forcée amenant l'eau à la seconde usine électrogène du Mas-Julien en A;

3° L'accroissement du barrage du lac Crozet, qui peut au besoin être porté à 15 mètres de hauteur dans des conditions très simples de construction, pour pousser aussi loin que possible la régularisation des ruisseaux;

4° Le percement d'un tunnel entre le lac Blanc et le lac Crozet pour amener les eaux du premier dans le deuxième et utiliser ses réserves et son écoulement normal avec la plus grosse chute possible.

Ce tunnel ramasserait, en passant, les eaux du glacier de la Combe, qui, maintenant, tombent dans le lac de la Site.

Un examen attentif de la carte avec le profil en long schématique du projet donne une idée très nette de toutes ces dispositions.

Débits moyens mensuels pour mon bassin.

Des courbes de débit on déduit très aisément le tableau suivant des débits moyens mensuels des ruisseaux de Vors et de Lancey.

	ANNÉE 1895	ANNÉE 1896	ANNÉE 1897
Janvier	495,1 litres	667,8 litres	594,4 litres
Février	348,7 —	449,4 —	787,7 —
Mars	605,4 —	563,5 —	1.005,6 —
Avril	888,9 —	596,9 —	1.545,6 —
Mai	1.306,5 —	1.290,9 —	1.884,8 —
Juin	2.000,32 —	2.616,4 —	2.731,9 —
Juillet	1.852 —	2.327,8 —	2.200,0 —
Août	1.405 —	2.100 —	1.845 —
Septembre ..	747,5 —	2.533 —	2.230 —
Octobre	817 —	2.075 —	775 —
Novembre .. .	993,3 —	1.100 —	606,2 —
Décembre . .	735,9 —	806 —	430,6 —
MOYENNE ANNUELLE.	1.021,5	1.420,48	1.386,4 litres

Cette eau est la portion de l'eau de pluie qui s'écoule sur le sol dans le bassin des deux ruisseaux au-dessus de la courbe de niveau 760 mètres.

Leur répartition entre les 3 chutes projetées.

C'est l'eau industrielle, déduction faite de l'évaporation et toutes autres causes de pertes par rapport à la pluie ou neige totales tombées.

Toute cette eau est utilisée par la chute de 500 mètres, qui donne une force variant du minima de 2.500 chevaux au maximum non utilisé de 10.000, les tuyaux et turbines actuellement posés n'en pouvant fournir que 4.000.

A mesure que l'on s'élève, le débit des ruisseaux diminue de toute la portion des bassins laissés au-dessous, de sorte que des chutes supérieures que l'on peut installer ne peuvent prétendre qu'à portion de ce débit.

Dans notre projet d'utilisation totale, l'usine du Mas-Julien emploie 500 mètres de chute et reçoit les eaux de tout le bassin situé au-dessus de la courbe 1.260 mètres, et l'usine des Fourneaux, qui se nourrit au lac Crozet, ne prétend qu'aux eaux qui tombent au-dessus de la courbe 2.000.

Un simple examen de la carte permet de constater que les usines ainsi placées sont alimentées par les bassins propres ci-après :

Chute act. de la courbe de niv.	760 à 1.260	15.800.000m2
— Mas-Julien —	1.260 à 2.000	9.400.000m2
— des Fourneaux au-dessus de	2.000	6.400.000m2

chaque chute inférieure recevant en outre tout ce qui lui vient de celle du dessus.

La pluie ou la neige qui tombent sur ces surfaces n'est pas la même; elle est plus abondante sur les hauts sommets que dans la plaine, et, bien qu'on ne puisse donner une répartition absolument exacte de la quantité que reçoit chaque portion du bassin qui nous intéresse, elle est, d'après les meilleurs météorologistes, à peu près comme les nombres

5, 7, 11,

ce qui nous donnerait, pour la répartition de l'eau qui s'écoule annuellement sur le sol, les hauteurs

0m75, 1m05, 1m65,

Soit pour les divers bassins :

Celui de la chute inférieure..	15.800.000 × 0m75	11.800.000m3
— intermédiaire	9.400.000 × 1m05	9.800.000m3
— supérieure...	6.500.000 × 1m65	10.600.000m3
Soit au total	.....	32.200.000m3

Et vu l'incertitude qui règne sur la répartition exacte, nous pourrons prendre la portion utile de l'eau qui tombe sur ces trois bassins comme égale à 10.500.000 mètres cubes pour chacun d'eux.

Ce chiffre donne pour l'ensemble 31.500.000 mètres cubes et correspondant exactement au jaugeage de 95 le plus faible constaté. Les autres années on aurait eu 40 % environ en plus, soit plus de 14.000.000 de mètres cubes pour chacun des bassins partiels.

Leur régularisation par les lacs Crozet et Blanc.

Comment, grâce aux lacs, va-t-on utiliser ces débits ? quelle force minimum peuvent fournir les deux chutes supérieures ? quelle force moyenne ? Voilà la question que nous allons examiner.

Les jaugeages donnent un élément sérieux et incontestable de répartition de l'eau tombée annuellement, et nous admettrons que les débits de chaque portion du bassin sont soumis au même régime.

En fait, nous nous écartons un peu de la vérité, mais seulement dans le sens suivant dont on peut tenir compte de sentiment.

Dans les mois d'hiver, à cause de l'intensité du froid dans les régions supérieures, l'écoulement doit y être moindre que dans les parties basses; en été, au contraire, la fusion glacière, l'absence de végétation, donnent un écoulement supérieur en haut.

Mais, comme il s'agit d'une région bien petite, que les hauts sommets sont remarquablement exposés au soleil de l'hiver, tandis que beaucoup de portions des bassins inférieurs reçoivent à peine sa chaleur dans cette même saison, il y a une tendance à l'égalité, et le calcul fondé sur cette hypothèse ne saurait être bien sérieusement contesté.

Force minimum existante dans mon bassin.

Le tableau ci-dessous, qui s'explique de lui-même, permet d'établir alors la force moyenne mensuelle disponible à chacune des deux chutes des Fourneaux et du Mas-Julien.

Les 500 mètres de chute du Mas-Julien ont été ramenés à 450, pour tenir compte des pertes de charge dans les conduites et les 740 des Fourneaux à 700 pour la même raison.

Dans la seconde portion du tableau, nous avons examiné les débits à demander ou abandonner à un réservoir placé à

MOIS	CUBAGES	2/3 pour le Mas-Julien	FORCE disponible	1/3 pour l'usine des Fourneaux	FORCE disponible	TOTAL de la FORCE	FORCE manquante pour aller à 4.500	EAU à demander à une réserve	FORCE excédente à 4.500	EAU qu'on peut mettre en réserve
Janvier ...	495	230	1.450	165	1.150	2.600	1.900	165		
Février . .	348	230	1.000	116	800	1.800	2.700	235		
Mars... .	605	400	1.800	200	1.400	3.200	1.300	95		
Avril... .	888	600	2.700	300	2 100	4.800			300	30
Mai... .	1.306	860	3.800	430	3.000	6.800			2.300	200
Juin... ...	2.063	1.360	6.100	680	4.700	10.800			6.300	560
Juillet	1.852	1.200	5.400	600	4.200	9.600			5.100	440
Août. . .	1.405	910	4.100	460	3.200	7.300			2.800	250
Septembre....	747	500	2.250	250	1 750	4 000	500	45		
Octobre... .	817	540	2.400	270	1.900	4.300	200	20		
Novembre .	993	660	2.900	330	1.300	5.200			700	60
Décembre. ...	735	500	2.250	250	1 750	4.000	500	45		
								605		1.540

Dans ce tableau comme dans tout ce qui suit, les chevaux de la chute sont comptés à 100 kilogrammes.

Les chiffres ci-dessus sont donc les chevaux effectifs sur l'arbre des turbines, en supposant à ces dernières un rendement de 75 %, ce qui est sensiblement exact.

l'origine de la plus grande chute, pour moyenner, à 4.500 chevaux, la force totale à lui demander.

C'est seulement en décembre, janvier, février et mars que des appels à la réserve doivent être faits pour compléter l'écoulement des parties hautes du bassin; dans les années de basses eaux, comme celles que nous examinons, un tout petit complément est à demander encore en septembre et en octobre.

Cette réserve se nourrit d'ailleurs très largement dans les mois d'avril à août, puisque la somme des débits moyens mensuels demandés est seulement 605, tandis que celle de ceux disponibles est 1.510.

Les réservoirs dont nous disposons pour accumuler ces réserves sont :

Le lac Blanc, percé par un tunnel et jusqu'à présent alimentant seulement la chute de Saint-Mury . 1.100.000 mètres cubes.

Le lac Crozet, percé par un tunnel fermé par un barrage sur lequel prendrait directement la chute supérieure dans l'état actuel .. 1.200.000 mètres cubes.

D'ailleurs, le volume à emmagasiner pour réaliser les 4.500 chevaux moyens est :

$0^{m3}605 \times 30 \times 86.400$ . . 1.530.000 mètres cubes;

il est un peu supérieur à ce que peut fournir le lac Crozet.

Mais, si l'on observe d'une part qu'un tout petit remplissage des pluies d'automne vient compenser une prise faite en septembre et octobre et diminuer d'autant la grosseur de la réserve totale, qui peut être de ce fait réduite de 10 % et ramenée à 1.400.000; d'autre part, que nous avons la réserve du lac Blanc employable avec la chute intermédiaire et qui, transformée en valeur de réserve d'eau de la chute totale, représente :

$$1.100.000 \frac{450}{1150} = 420.000 \text{ mètres cubes.}$$

c'est-à-dire 25 % de la valeur du Crozet, on voit combien les 4.500 chevaux sont, dans l'état actuel, aisément et sûrement réalisables.

Comme sécurité complémentaire, on peut encore prévoir l'exhaussement du barrage du Crozet, qui, à chaque mètre d'élévation, fournit 75 à 80.000 mètres cubes de réserve supplémentaire. Ce travail à concurrence de 4 à 5 mètres, soit 300 à 400.000 mètres cubes, peut se faire bien aisément et avec une bien faible dépense.

Une seule objection peut être faite à ce qui précède : le remplissage du lac Crozet; car, s'il est incontestable que l'ensemble des deux lacs reçoit l'intégralité des eaux du bassin supérieur, le Crozet n'en reçoit pas nécessairement tout ce que nous voulons lui demander.

Mais la réponse à cela est facile par l'expérience même; le lac a été vide les hivers de 1897 et 1898, et s'est toujours trouvé rempli après la grosse fonte des neiges de mai et juin, laissant déborder les eaux considérables de juillet et août.

Avantages des chutes élevées à faible débit.

Outre l'avantage de cette régularité de force plus grande que nous ne la faisons paraître. puisque nous fondons nos calculs sur la plus mauvaise année observée, et que nous n'employons qu'une faible portion des eaux excédentes, même dans ce cas, cette installation présente au plus haut degré des qualités de sécurité et de souplesse.

Quelle autre usine peut être aussi à l'abri des inondations, des dégâts causés par la mise en mouvement de masses importantes d'eau tombant de hauteur faible ou moyenne.

Comparaison avec les chutes de moyenne hauteur et à débit assez important.

Nous ne mettons pas en œuvre des tuyaux de 2 mètres de diamètre, de grosses galeries, des prises d'eaux sensibles aux apports et aux dégradations d'un gros courant, nous nous contentons d'un modeste tuyau de tôle ou d'acier fondu de petit diamètre, fait avec des épaisseurs exagérées, noyé dans le sol comme une conduite de ville qui ne s'use pas et qui ne se détériore pas, ainsi que l'expérience de 30 ans l'a prouvé.

Les 500 mètres de chute de Lancey ont été plus dociles, ont assuré une marche plus régulière que toutes les installations à gros débits faites avec plus de luxe, plus de précautions, et dont les vicissitudes sont de notoriété publique dans le pays. Pour les premières, toutes les maisons qui s'en sont chargées ont réussi du premier coup les travaux; pour les secondes, il a fallu faire appel aux constructeurs les plus expérimentés

qui, malgré leur incontestable savoir et leur valeur, n'ont pu éviter des avaries.

Valeur toute spéciale de ces chutes pour assurer les éclairages des villes et les services des tramways urbains.

Comme souplesse, en mettant au bas de la chute du Mas-Julien un réservoir capable de contenir le débit moyen journalier nécessaire à 4.500 chevaux, on peut employer dans les deux chutes supérieures tout ce débit comme on le veut, faisant 15.000 chevaux pendant un moment, 1.000 ou même rien durant une autre période, pourvu que la moyenne d'emploi reste toujours celle fixée.

N'est-ce pas la solution idéale de réalisation de force pour éclairer une ville ! Pour un tel éclairage de cinq heures à neuf heures du soir en hiver, il faut 3 ou 4 fois plus de force que celle nécessaire à assurer l'éclairage moyen. Fera-t-on une installation pour le maximum dont les chevaux ne quitteront presque jamais l'écurie; trouvera-t-on des industries qui s'arrêteront à la discrétion de ceux qui s'éclairent pour employer la force disponible; voilà habituellement comment la question se pose. Ici, il n'en est rien : vous prenez la force quand vous en avez besoin, et vous la réservez quand vous le pouvez; rien n'est perdu; l'intégralité de vos ressoures est utilisée.

S'il s'agit de tramways, surtout de réseaux urbains, c'est encore la même chose.

Qui n'a été surpris par la création de ces stations centrales pour le service des tramways de 6, 7 et 15.000 chevaux électrogènes. Ces chiffres sont, à première vue, exagérés, et tous calculs basés sur leur emploi moyen conduiraient à des dépenses absolument inadmissibles. Cette force est pourtant indispensable; elle répond à des besoins très passagers dans le cours de la journée, mais doit être présente à cet instant, sous peine de rendre le système impossible.

Quelle source de force répond mieux à ce besoin que l'installation que nous proposons avec ces chevaux qui se détèlent et s'attèlent tout le long du jour, selon les besoins et par le simple jeu de régulateurs.

Les turbines marchant sous ces chutes peuvent être soumises à l'action de régulateurs

Car, encore un des avantages de ces chutes à faible débit, c'est la possibilité de les régler automatiquement.

On peut adapter à ces turbines des régulateurs aussi sensibles que ceux des machines à vapeur et qui, n'agissant que

aussi parfaits, aussi sensibles, que ceux des meilleures machines à vapeur.

sur de faibles masses d'eau en mouvement, n'ont pas tous les inconvénients de ceux qui ont à actionner des vannages lourds de grande dimension et dont le fonctionnement est toujours assez précaire.

MM. Brenier et Neyret, bien connus dans ce pays, ont trouvé un type que l'expérience de plusieurs années de marche a sanctionné absolument.

Deux de ces régulateurs sont placés à l'usine de Lancey, sur les turbines des dynamos qui fournissent le courant à la Société d'Eclairage de la Vallée du Grésivaudan. Depuis plus d'une année ils n'ont jamais un seul soir manqué leur office, et le gardien des machines électriques n'a jamais eu plus à faire que le soir ouvrir les vannes et le matin les fermer. Pourtant bien des variations de charges horaires ont été subies chaque nuit par ces moteurs, que les régulateurs ont rendu insensibles.

Le minimum de chute peut être porté au-delà de 5.000 chevaux très facilement.

Dans tout ce qui précède, nous n'avons fait intervenir l'aménagement des lacs que pour les tunnels actuellement percés ou bien avancés aux lacs Blanc et Crozet, ce dernier seul étant muni d'un barrage de faible hauteur et utilisant l'intégralité de ses eaux réservées avec la chute totale.

Une seconde étape du projet sera le percement d'un tunnel entre le lac Blanc et le lac Crozet. Les eaux du premier, alors déversées dans le second, seront utilisées avec la chute totale.

De plus, les 2.000.000 de mètres cubes d'eau que nous avons trouvés en excédent dans nos réserves seront, moyennant la création de barrages assez hauts sur ces mêmes lacs, utilisés entièrement, et c'est là une *ressourve complémentaire de 1.000 chevaux* à prendre, lorsqu'ils seront devenus assez précieux pour justifier les travaux qu'ils comportent.

La force totale récoltée dans mon bassin est supérieure à 10.000 chevaux moyens annuels.

En tous cas, c'est sans aucune exagération qu'on peut affirmer l'existence de 5.000 chevaux moyens toute l'année aux deux chutes supérieures, 5.000 chevaux qui peuvent s'employer à volonté et groupés comme on l'entend dans la journée, pourvu que leur emploi quotidien soit effectif.

Si à cela nous ajoutons la chute actuelle, qui, outre l'eau des deux chutes d'en haut, à celle de son bassin propre à utiliser, c'est 5.000 chevaux à ajouter encore à ceux que nous venons de voir, ce qui porte à 10.000 la puissance effective de mon petit bassin (1).

Conclusion. Nécessité d'une législation spéciale pour mettre en valeur les richesses hydrauliques des montagnes françaises.

Tous ceux qui liront cette étude et seront riverains d'un torrent de montagne pourront, en appliquant ma méthode, apprécier la richesse hydraulique de leur petite vallée.

Mais s'ils veulent, après s'être bien rendu compte des possibilités de régulation de leur ruisseau et de sa valeur industrielle, passer à l'exécution des travaux ils se heurteront

---

(1) J'ai trouvé intéressant de chercher quelle puissance hydraulique les montagnes françaises, aménagées comme mon ruisseau, pourraient fournir. A cet effet, j'ai découpé dans des papiers de diverses couleurs des surfaces de 44 kilomètres carrés à l'échelle de la carte aux 1/320.000e En appliquant chaque surface de même couleur sur des régions montagneuses de même altitude et de même exposition, j'ai divisé les montagnes en quartiers pouvant fournir par unité de surface-type à peu près la même force, et en appliquant à chaque couleur un coefficient, pour tenir compte de la différence qu'elle peut présenter par rapport à Lancey, j'ai trouvé comme ressources disponibles 10.000.000 de chevaux.

Ce chiffre, rapproché de la statistique du ministère des Travaux publics, donnant la force vapeur existant en France en 1896, savoir :

			Machines en activité.	Force en chevaux
		52.971 usines à vapeur	67.347	1.262.688
	CHEMINS de FER	Locomotives	11.343	4.176.835
		Machines d'exploitation	1.807	18.881
		Machines d'ateliers	463	11.002
NAVIGATION	MARITIME CIVILE	Machines motrices	1.076	697.601
		Machines auxiliaires	3.829	39.976
		Bateaux stationnaires	374	6.864
	FLUVIALE	Machines motrices	798	64.046
		Machines auxiliaires	163	696
		Bateaux stationnaires	276	3.958
	TOTAL (non compris la navigation militaire)		87.476	6.282.547

donne l'idée de l'immense richesse que représentent les chutes d'eau françaises.

Avec les transports de force par l'électricité qui leur enlèvent leur principal et presque unique défaut, « leur emplacement », elles seront le plus précieux auxiliaire de nos descendants.

souvent à des difficultés toujours grandes, souvent insurmontables, que je dois leur signaler.

Pour réaliser ces grandes chutes, il faut des canalisations fort longues; ces canalisations, qui seront presque toujours en tôle, sont bien placées, enterrées sous le sol, de sorte qu'on ne les aperçoit pas et qu'elles ne portent aucune gêne à la culture, d'ailleurs assez primitive et assez peu productive, des régions dont nous nous occupons.

Seulement, pour les placer, il n'en faut pas moins l'acquiescement du propriétaire du sol, et c'est là que naît une énorme difficulté, car avec la propriété morcelée comme elle l'est, il faut traiter avec des masses de propriétaires. J'ai dû acheter plus de deux cents passages.

Après avoir traité avec les propriétaires, il faut traiter avec les communes pour la traversée des chemins, l'occupation des bois ou clapiers communaux, l'autorisation de surélever les niveaux des lacs ou les vider; et encore ce n'est pas tout, le ruisseau sera privé de ses eaux sur un parcours souvent très grand; les riverains réclament alors, qui un arrosage dont il n'a jamais joui et ne peut même pratiquer, qui un droit d'usine pour une construction informe, ancien moulin tombé en ruine depuis un siècle et plus, qui même son désir de voir l'eau passer chez lui, heureux encore si quelque propriétaire ne bâtit pas une roue d'enfant pour invoquer la priorité d'une usine existante et rendre tout détournement d'eau impossible.

Si l'on songe qu'une seule de ces négociations n'aboutissant pas, qu'un seul passage refusé, qu'une seule riveraineté non accordée peut rendre impossible la réalisation du travail, il y a de quoi faire réfléchir et éloigner bien des bonnes volontés.

Et pourtant il ne s'agit pas d'un simple intérêt privé, car la mise en valeur de ces richesses de force motrice naturelle est tout à fait comparable à l'exploitation de la mine de houille. Et, si le législateur de 1810 a trouvé utile de faire fléchir en faveur de ces dernières le droit de propriété qu'il venait de si parfaitement codifier, celui de 1900 ne devrait-il pas créer, à son tour, en faveur de l'exploitation des torrents de montagnes, une législation d'exception qui nous permettrait de laisser à nos descendants de puissants et économiques auxiliaires de production.

Cette législation s'impose en présence de la nécessité toujours grandissante de la force à bon marché, des progrès fantastiques de l'électricité que, seule, une telle force peut produire; c'est aussi une œuvre d'équité vis-à-vis de ces parties déshéritées du pays, où la vie est plus dure que dans les plaines du sol français.

L'agriculture y trouverait aussi sa part.

Les réservoirs de tout ordre qui couvriraient les montagnes pour la conquête de la houille blanche régulariseraient les cours d'eau et supprimeraient en partie et les désastreuses inondations, et les grandes sécheresses non moins terribles.

De sorte que la complète utilisation des ressources hydrauliques de nos montagnes serait le plus grand service à rendre à la richesse agricole de nos plaines.

Lancey, le 1er juillet 1899.

A. Bergès.

NOTE

Je ne crois pas pouvoir donner une idée plus précise de l'avenir de l'électricité et des besoins de force qu'elle va exiger, qu'en reproduisant dans cette note un article de M. Badoureau, ingénieur en chef des mines à Chambéry, paru dans la *Revue Scientifique* du 17 décembre 1898.

Applications industrielles de l'électricité.

Nous demandons pardon au lecteur de nous être laissé glisser encore une fois dans les nébulosités de la métaphysique et même du prétendu surnaturel, et nous rentrons dans le domaine des faits indéniables en constatant qu'à côté de la science électrique proprement dite l'industrie électrique a fait d'énormes progrès à la fin du XIXe siècle.

Dans son beau *Traité d'électricité*, paru en 1895, M. Rodary donne des principes généraux sur l'électricité et sur le magnétisme, étudie les différents modes de production et de transformation de l'électricité et traite des applications de l'électricité qu'il range dans les chapitres suivants : transport et distribution de l'énergie, éclairage, locomotion, électrolyse, électrométallurgie, ateliers, mines, télégraphie, téléphonie, horlogerie, météorologie, art militaire, chemins de fer, théâtre, médecine, chirurgie, intérieur des habitations.

Ce simple exposé montre combien sont nombreuses les applications de l'électricité. Grâce à elle, des régions qui semblaient absolument déshéritées au point de vue industriel, comme la Savoie et le Dauphiné, se transforment radicale-

ment. La neige qui couvre les sommets des Alpes, et qui ne paraissait bonne qu'à les rendre pittoresques et à y attirer des amateurs de sport, a été très justement baptisée par M. Bergès du nom de *houille blanche*. On crée facilement dans les montagnes des chutes d'eau de hauteur colossale, et on les reçoit dans des turbines actionnant des dynamos.

De deux vallons d'une surface totale de 44km2, M. Bergès tire 10.000 chevaux vapeur. Il évalue ce travail au $\frac{1}{500}$ de celui que pourraient donner les Alpes françaises et au $\frac{1}{1.000}$ de celui que recèle la totalité des montagnes de France.

La France continentale dispose à peine de 7.000.000 de chevaux-vapeur nourris de houille noire. Elle pourrait donc demander à la houille blanche plus de travail que ne lui en donne la houille noire (même en faisant abstraction des chômages des machines à vapeur); d'autre part, le prix de revient de ce travail serait de moins en moins élevé par l'amortissement des frais d'installation.

L'utilisation des chutes d'eau n'en est encore qu'à ses premiers débuts.

Le tuyau d'amenée d'eau à la soudière électrolytique des Clavaux, commune de Livet-et-Gavet (Isère), a 2m50 de diamètre et tient le record (à notre connaissance, du moins) des plus gros diamètres.

Le record de la plus haute chute d'eau est poursuivi (dans ce même département de l'Isère) par M. Bergès, qui est en train d'en installer une de 753 mètres entre le lac Crozet (1.968 mètres au-dessus de la mer) et le pré des Fourneaux (1.215 mètres).

Un courant électrique est applicable à de très nombreuses industries chimiques, parmi lesquelles les plus développées à l'heure actuelle sont les suivantes :

Le *carbure de calcium*, matière première de l'acétylène, s'obtient par l'électrolyse d'un mélange de chaux et de charbon;

L'*aluminium*, par l'électrolyse du fluorure d'aluminium dissous dans du chlorure de sodium fondu, et par l'addition

successive, dans le bain, d'alumine qui, attaquée par le fluor, redonne du fluorure d'aluminium;

Le *chlorate de potasse ou de soude*, par l'électrolyse de l'eau tenant en dissolution un chlorure alcalin;

La *soude* caustique, par l'électrolyse du chlorure de sodium fondu, par la fixation du sodium sur du plomb et par l'action de l'eau sur l'alliage de plomb et de sodium.

Le *carborundum*, carbure de silicium cristallin beaucoup plus dur que l'émeri, par l'électrolyse d'un mélange de silice, de charbon et de sel marin;

Etc., etc.

Chacune de ces réactions chimiques exige un nombre minimum de *volts* pour s'accomplir.

La masse de matière produite est proportionnelle au nombre des *coulombs* qui passent, c'est-à-dire au produit du nombre des *volts* par le nombre de *secondes* pendant lesquelles dure l'opération.

A l'usine de chlorates de Chedde (Haute-Savoie), douze turbines actionnent chacune une dynamo à 810 ampères sous 760 volts; deux manœuvrent des compresseurs pour monte-jus, une sert pour l'éclairage de l'usine et une pour l'alimentation d'eau.

A côté de l'utilisation des chutes d'eau naturelles ou artificielles, le jeu des marées est une source de travail et d'électricité, encore à peu près vierge à l'heure actuelle.

Nous avons résumé dans le présent article nos hypothèses sur l'électricité et les principaux progrès qu'ont faits depuis dix ans la science électrique et ses applications. Il contient certainement beaucoup d'erreurs; toute hypothèse est essentiellement contestable, et tout fait nouveau est mal connu et discutable, au moins quant aux détails.

Pour le terminer, nous rappellerons la prophétie qu'a prononcée J.-B. Dumas, à la séance de clôture du Congrès des électriciens de 1881 : *Le* XIXe *siècle sera le siècle de l'électricité !*

A. Badoureau.

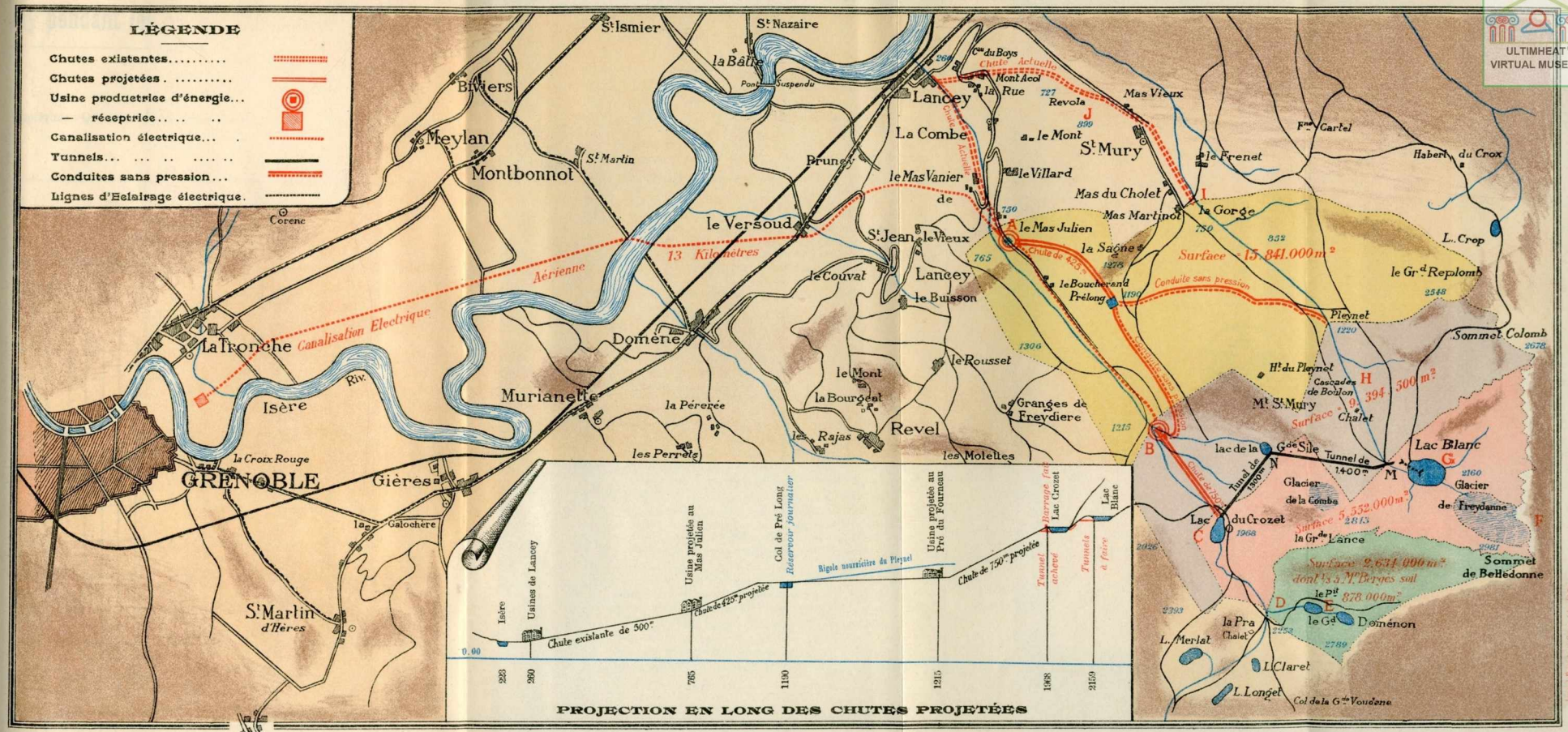


PLANCHE 1

GRENOBLE ET LES FORCES MOTRICES DE LANCEY

Mét. 1000 500 0

0 1 2 3

Echelle au 50.000e