

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 27 (1901)
Heft: 14

Artikel: Les forces motrices du Haut-Rhône
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-22138>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 24.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

détachées, mais il est regrettable que, dans un pays où l'horlogerie et la pendulerie sont en honneur, on soit obligé de faire venir de l'étranger tout ou partie de cette catégorie d'appareils si souvent utilisés.

Les compteurs d'eau sont de plus en plus appréciés, seuls ils permettent une utilisation rationnelle de l'eau en assurant à chacun la quantité qui lui est nécessaire, tout en prévenant le gaspillage. Grâce à eux, on a pu dans nombre de cas, supprimer l'abonnement à discrétion, source d'abus difficiles à réprimer et qui, dans les grandes villes surtout, occasionnent des dépenses en pure perte, augmentant très sensiblement le prix de revient.

Les compteurs d'eau sont de deux systèmes, les compteurs à piston et les compteurs à turbine, ayant chacun leurs qualités et leurs inconvénients. La particularité la plus marquante se trouve dans le compteur à perte de charge qui permet de se rendre compte, même de très grands débits, sans provoquer une perte de charge bien considérable. A noter également des compteurs densi-volumétriques à liquide de M. L. Bedout qui se composent d'un compteur à poids constant qui peut facilement se transformer en un compteur à volume constant.

Cette industrie occupe un grand nombre d'ouvriers dans les divers pays, la France, l'Allemagne et l'Autriche se disputent l'honneur de la victoire sur ce poste. Plusieurs fabricants suisses ont tenté avec succès des essais dans ce domaine; malheureusement aucun d'eux n'a voulu se présenter en concurrence avec les maisons étrangères. Le compteur Piccard, qui rend de si grands services quand l'eau n'est pas en pression, n'était pas représenté.

M. Parenty, directeur des Manufactures de l'Etat (France), membre du Jury, a imaginé différents appareils et compteurs des plus intéressants, relatifs à l'écoulement des gaz et de la vapeur. Ses constatations ont été faites au moyen de sondes disposées spécialement pour l'étude des remous et des vitesses. Ce chercheur a ensuite traduit ses expériences pour les rendre applicables à l'établissement d'appareils de mesure des plus ingénieux. Il a établi également des régulateurs de débit, de vitesse et autres grands appareils physiques du gaz en mouvement. Il s'est appliqué surtout à rechercher les moyens industriels de jauger la vapeur pour une évaluation des pressions; le débit est évalué en poids et non en volume, ce qui donne plus exactement la valeur du travail disponible. Il a également établi pour le gaz d'éclairage un régulateur de pression ayant pour but de fournir au brûleur une distribution régulière et à la flamme un éclat fixe, le tout gradué selon les besoins, permettant l'utilisation aussi complète que possible du pouvoir éclairant. A signaler également parmi les appareils portant son nom, de curieuses machines, par exemple: la machine à fumer et à déguster les cigarettes, un procédé pour amorcer les syphons, un appareil à niveau constant, un robinet jaugeur à débit gradué, un régulateur d'émission de gaz pour usines, un manomètre, un régulateur de gaz à pression compensée, un compteur piézométrique du débit des gaz, un compteur universel de consommation des fluides à haute pression ou vapeur d'eau, un jaugeur automatique des rivières et des canaux découverts, un jaugeur automatique des conduites forcées, un compteur maximum à débit constant, un régulateur et répétiteur de débit des rivières et rigoles d'irrigation.

Une attention toute particulière a été vouée par certains exposants à la construction des *filtres pour huile*, car certains établissements possèdent des installations de filtrage très importantes. Quelques-unes sont basées sur la différence de la densité de l'eau et de l'huile; certains modèles sont construits pour filtrer de bas en haut, de façon à laisser les matières impures à la partie inférieure, ce qui décharge d'un entretien important.

L'amiante est utilisée dans diverses conditions. Des exposants suisses, MM. Bavier et Steffani, à Saint-Moritz, ont exposé un vêtement en amiante pour les pompiers.

Les Forces motrices du Haut-Rhône

Nous extrayons du procès-verbal de la séance du 19 avril 1901, de la Société des ingénieurs civils de France, le résumé d'une étude sur l'utilisation des chutes du Rhône entre la frontière suisse et Pyrimont, présentée par M. A. Garcia.

La parole ayant été donnée à M. Garcia, celui-ci dit qu'il vient apporter sa contribution à l'étude des forces motrices du Haut-Rhône, étude d'un intérêt considérable, puisqu'il s'agit de la mise en œuvre d'une source d'énergie comme il n'en existe pas d'autre en France, et dont la puissance, vraiment formidable, est telle qu'il est possible de capter, sur un parcours du fleuve de 27 kilomètres à peine à partir de la frontière, une force de plus de 160.000 chevaux au profit de notre industrie nationale publique et privée.

Tout en examinant brièvement les trois projets actuellement soumis aux enquêtes, projets auxquels est venue en dernier lieu s'ajouter une demande en concession des anciens établissements « the Rhône Land » de Bellegarde, il estime que la question doit être élargie, et qu'il serait insuffisant de considérer seulement tel ou tel tronçon limité du parcours du Haut-Rhône choisi suivant des intérêts particuliers, quand il s'agit de l'aménagement, pour l'avenir, de la plus grande source d'énergie des Alpes Françaises, c'est-à-dire d'une véritable richesse nationale.

Il s'attachera donc à mettre en lumière la solution assurant la *meilleure utilisation totale* du cours du Rhône, entre la frontière et Pyrimont, dans cette partie où il n'est ni navigable, ni flottable, et où ses berges sont constituées le plus souvent par des falaises escarpées, surplombantes même, qui atteignent parfois une hauteur de plus de 100 m. Ces falaises, dans la partie surtout des molasses marines, sont rongées fréquemment en dessous par les eaux, qui se sont ainsi creusées de véritables lits souterrains; c'est ainsi qu'à 600 m en amont de Bellegarde le Rhône se précipite d'une hauteur de 13 m dans une excavation où il disparaît même, en basses eaux, pendant 200 m. Il y aura donc lieu de tenir grand compte de ces affouillements dans les constructions de barrages ou canaux d'aménée relatifs aux usines de force motrice à créer.

M. Garcia tient tout d'abord à déterminer le régime hydraulique du Rhône: il montre que les estimations du débit du Rhône, fournies par le service administratif de la ville de Genève et comprises entre 57 m³ à la seconde *par basses eaux absolument exceptionnelles*, et 1.230 m³ par crues *également exceptionnelles*, sont très inférieures à la réalité. Au moyen d'un service journalier des fluctuations du fleuve, et d'un relevé très minutieux de plusieurs sections transversales de son lit, en amont de Bellegarde, il a été procédé à de nombreuses expériences de jaugeages qui ont démontré que la répartition des débits s'établit ainsi approximativement pour l'année 1900:

Débit inférieur à 170 m³, pendant 5 jours;
Débit inférieur de 170 à 200 m³, pendant 38 jours;
Débit supérieur à 200 m³, pendant 242 jours;
Débit des crues ordinaires, inférieur à 900 m³, pendant 61 jours;
Débit des crues supérieur à 900 m³, pendant 4 jours.

On doit donc en conclure que le débit de 200 m³ à la seconde est celui qui permet d'utiliser la chute pendant une période à peu près constante de 325 jours, sans de trop grands écarts de puissance. Ces chiffres montrent, en outre, que le Rhône a un régime hydraulique très variable: les crues y sont variables et soudaines, mais le plus souvent d'assez courte durée. La période des basses eaux correspond aux mois d'hiver: celle des hautes eaux avec la fonte des neiges, aux mois de juin, juillet et août principalement.

La pente générale du fleuve, sauf à la Perte du Rhône, près de Bellegarde, et au Pas de Malperthuis, est de 2 mètres par kilomètre.

Examinant les conditions d'établissement d'un barrage sur le Haut-Rhône, M. Garcia montre qu'il doit maintenir le niveau à l'amont à peu près constant, et permettre le libre écoulement des plus fortes crues, des corps flottants et des graviers, sans que la vitesse dépasse 4 m à la seconde et devienne dangereuse pour les ouvrages; enfin le seuil doit être notablement en contre-bas du seuil de la prise d'eau, de manière à éviter l'ensablement à l'entrée du canal d'amenée des eaux. Ce barrage doit donc être muni de vannes qui puissent s'élever au-dessus du niveau maximum de la retenue, de manière à augmenter la section offerte à l'écoulement des crues proportionnellement à leur débit. Si on était amené à relever le niveau des eaux à plus de 4 m au-dessus du niveau des hautes eaux, il faudrait relever également le seuil de l'ouvrage et briser la chute par des bassins étagés à l'aval.

On peut prendre, comme point de départ d'évaluation, un barrage ne dépassant pas la hauteur de 4 m au-dessus des hautes eaux et utilisant la différence entre les basses eaux ordinaires et les hautes eaux, qui est de 5 m dans cette partie du Rhône; on obtient alors une hauteur de chute de 9 m en basses eaux, dont la diminution en hautes eaux est compensée par l'augmentation du débit: c'est à peu près le type du barrage construit par les Suisses, à Chèvres, près de notre frontière. L'estimation d'un tel barrage, d'après *devis détaillé*, monte à 1.880.000 fr.:

soit à 209.000 fr. par mètre de chute,
et à 78 fr. par cheval brut obtenu.

Quant au canal d'amenée, si l'usine n'est pas établie à côté du barrage, il doit, à raison de la configuration géographique des lieux, être prévu en tunnel pouvant débiter le volume de 200 m³ à la seconde avec une vitesse de 3 m: sa section sera donc de 67 m² environ et sa forme se rapprochera de la forme circulaire, mais aplatie.

Un des trois projets soumis aux enquêtes, celui de la « Boucle du Rhône », comportait un tunnel de 1370 m avec pente de 0,0009; le devis détaillé faisait ressortir sa construction à 3.027.000 fr., soit par mètre courant 2.210 fr. M. Garcia, qui tablera sur ces estimations pour faire ressortir les prix de revient comparatifs des différentes solutions mises en avant pour l'utilisation totale du Haut-Rhône, fait remarquer qu'elles ont été très sérieusement étudiées et que, si elles peuvent à première vue paraître élevées, elles font du moins une large part aux dépenses imprévues et ne doivent donner lieu à aucun mécompte. Il montre que, sur le parcours de 25 km du Haut-Rhône qu'il s'agit d'aménager, la solution du canal d'amenée en tunnel s'impose:

1° A la « Boucle du Rhône », où un tunnel de 1370 m permet d'obtenir, en eaux moyennes, une chute de 19 m, et

2° Au défilé de Malperthuis, où l'étranglement des berges ne permet pas l'établissement d'usine latérale à proximité du barrage; pour trois autres échelons, au contraire, les usines pourraient être établies à côté des barrages; enfin, additionnant le nombre de chevaux de force que permettraient de capter ces cinq chutes successives, il trouve la puissance formidable de 182.000 chevaux pour l'utilisation *théorique* de cette partie du Rhône.

Pour comparer à ce résultat *théorique* celui auquel atteindrait l'ensemble des projets des demandeurs en concession, il convient de les décrire sommairement. Ils sont au nombre de trois:

1° A l'amont, le projet dit du « Pont de Grésin », présenté par M. Bonnefond, qui s'est adjoint, pour les études, MM. Buf-faut et Tavian, ingénieurs à Lyon. Il comporte la construction d'un barrage à 11 km environ de la frontière suisse, à 100 m au-dessus du Pont de Grésin; le niveau de la retenue ayant été fixé à 327 m, et celui des basses eaux étant à la cote 307, ce barrage devra résister à une pression de 20 m; le canal d'amenée, de faible longueur, est à ciel ouvert avec usine sur le lit actuel du fleuve. La force brute créée serait de 34.000 HP;

2° Le projet suivant est celui de la « Boucle du Rhône ». Il a pour auteurs M. Ourbak, administrateur-délégué des Mines de

Saint-Hilaire (Allier), et M. Bonnefond. Les études ont été confiées à M. Gotteland, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, et à M. Garcia. Il comporte principalement un barrage avec retenue à la cote 310, à 500 m en amont du Pont de Lucey, et un tunnel de 1370 m de longueur traversant la colline d'usine et venant aboutir au-dessous du village des Essertoux. L'usine génératrice construite en cet endroit affecte en plan la forme circulaire et développerait, avec une autre petite usine établie à côté du barrage, une puissance brute supérieure à 50.000 HP;

3° Enfin, à l'aval, un projet très ancien, celui de Malperthuis, a été repris par un groupe d'industriels de la région lyonnaise à la tête duquel se trouve M. Planché. Il comprend la construction d'un barrage avec retenue à la cote 287,50 m et la construction d'un tunnel de 1400 m environ avec usine génératrice au lieu dit Monthoux. La cote de retenue, pour se concilier avec le projet aval, devrait être ramenée à 283,50 m et, dans ces conditions, la puissance disponible serait de 32.000 HP.

Il y a lieu d'ajouter à ces évaluations la puissance dont dispose actuellement la Société existante de Bellegarde.

Cette Société, qui dispose d'une puissance brute de 10 000 HP, a introduit, à son tour, une demande de concession du débit total du Rhône, pour l'utilisation de laquelle elle serait placée, semble-t-il, dans des conditions moins favorables, à raison notamment de l'emplacement resserré dont elle dispose; elle a cherché d'ailleurs à s'assurer une extension plus considérable au moyen d'une entente avec les promoteurs du projet de Malperthuis.

En ajoutant les 10.000 chevaux dont elle dispose aux forces réalisées par les trois projets énumérés ci-dessus, on trouve que la force brute captée pendant 300 jours est de 126.000 chevaux environ, alors que théoriquement elle pourrait être, comme il est dit plus haut, de 182.000 ch.

C'est une force de près de 50.000 ch perdue, tant à cause de la réduction des canaux d'amenée des projets de Grésin et de Malperthuis qui n'ont été prévus que pour 150 m³ au lieu de 200, qu'à cause de l'inutilisation de certains tronçons du parcours. M. Garcia fait en outre observer que, s'il n'y a pas d'obstacles matériels à ce qu'un règlement d'eau puisse concilier ces différentes demandes et leur donner satisfaction, il n'en est pas moins évident qu'en envisageant le prix de revient de ces barrages, canaux et usines multiples, et la concurrence forcément ruineuse que seraient obligées de se faire quatre usines distinctes mises en œuvre simultanément, alors que les débouchés ne prendraient que progressivement leur extension, on est bien forcé de reconnaître que là n'est pas la solution désirable et qu'il faut la rechercher dans l'entente générale ou tout au moins partielle entre les quatre concurrents.

Cette fusion des projets permettra seule la mise en œuvre successive et prudente de la force disponible au fur et à mesure des besoins de l'industrie et des services publics.

Le groupement partiel réunirait tout naturellement le projet de Grésin et celui de la Boucle avec un seul barrage et un canal d'amenée ayant sa prise d'eau en amont du Pont de Grésin et son débouché au village des Essertoux. Ce canal aurait environ 2700 mètres de longueur, dont 2000 en tunnel et 700 à ciel ouvert.

Deux usines: celle d'amont utilisant, outre les 60 m³ laissés à la Société de Bellegarde, les excédents de débit du Rhône au-dessus de 200 m³; celle d'aval, sous une chute de 41 m avec un débit de 140 m³, les deux produisant une puissance brute totale de 90.000 ch, sans tenir compte des excédents dont on peut évaluer le rendement à 15.000 ch pendant une période minima de 200 jours par an.

La dépense totale, basée sur les estimations données au début de cette étude, s'élèverait environ à 16 millions de francs pour une force brute de 90 000 ch, soit, par cheval, à 183 fr.

Cette fusion partielle, bien que laissant subsister le projet aval de Malperthuis et n'englobant pas l'usine de Bellegarde, présente de tels avantages qu'elle devrait s'imposer pour le cas où la

fusion complète des projets rencontrerait une opposition irréductible.

On arriverait à réaliser cette fusion totale par une extension de la donnée initiale qui a servi de base au projet très intéressant de la Boucle du Rhône.

Il suffit, sans que la longueur du tunnel devienne exagérée, qu'il soit reporté plus avant vers le sud et que, partant du Pont de Grésin, il vienne déboucher à la sortie du défilé de Malperthuis. Ce projet unique ne comporterait plus alors qu'un barrage à la cote 327 d'une hauteur de 25 m avec bassins étagés à l'aval pour briser la chute; un tunnel ou plutôt deux petits tunnels parallèles, d'une longueur de 4600 m, avec pente de 1 mm par mètre et section totale de 67 m pour débiter 200 m³ à la seconde; et deux usines génératrices, l'une à l'origine, l'autre à l'extrémité des tunnels, cette dernière, de beaucoup la plus importante, réalisant, avec 57,50 m de chute, pendant 300 jours par an, une puissance brute de 155.000 ch environ.

En tenant compte de l'augmentation de longueur du tunnel, et des conditions spéciales d'établissement du barrage de Grésin, l'aménagement de ce projet global coûterait :

Travaux	Fr. 14.500.000 —
Matériel et machines	» 10.500.000 —
Ensemble	Fr. 25.000.000 —

soit 160 fr. le cheval.

En résumé, par l'utilisation au moyen de quatre usines distinctes, le prix de l'unité ressortirait à Fr. 260.—

Par l'utilisation au moyen des projets fusionnés de Grésin et de la Boucle du Rhône, il s'abaisserait à » 183.— et il ne serait plus que de » 160.— avec l'adoption du projet global.

Il en ressort qu'à tous égards la première solution ne saurait prévaloir et que la fusion de tous les projets en un seul est encore plus avantageuse, comme prix de revient, que la fusion partielle des deux projets de Grésin et de la Boucle du Rhône; et l'on doit tenir compte aussi qu'au point de vue financier et pratique, l'entreprise serait facilitée par la possibilité de procéder graduellement aux augmentations de force en se réglant sur les besoins de l'industrie, c'est-à-dire en procédant tout d'abord à la construction de l'usine du barrage, puis aux tunnels, puis à l'extension progressive de la grande usine d'aval.

Si des intérêts particuliers opposaient un obstacle insurmontable à l'adoption d'un tel projet unique, il faudrait d'autant plus préconiser la fusion des deux premiers projets qui, à un degré un peu moindre il est vrai, réalise pourtant les mêmes avantages.

Ces avantages disparaissent complètement au contraire avec quatre projets distincts et concurrents.

M. Garcia termine en exprimant le vœu que nos richesses en *houille blanche* dans la région des Alpes françaises et du Haut-Rhône ne restent pas plus longtemps inexploitées, et que nous entrions plus résolument dans la voie féconde où nous ont devancés la Suisse et l'Italie.

Il cite les chemins de fer à traction électrique de la Haute-Italie et montre que l'électro-chimie et l'électro-metallurgie semblent devoir révolutionner, de leur côté, l'industrie du vingtième siècle. Il y a là, dans un avenir prochain, un emploi de forces considérables pour lesquelles la vapeur ne peut en aucun cas lutter avec l'énergie hydro-électrique.

Avec les progrès réalisés dans le transport de la force, une distance de 200 km n'est plus un obstacle au développement des usines génératrices de force motrice : elles pourront donc venir, en outre, dans un grand nombre de centres industriels, concurrencer la vapeur pour les forces beaucoup moins importantes de la moyenne industrie.

M. Garcia insiste, à ce sujet, sur cette constatation, qu'il a faite lui-même dans la région lyonnaise, que l'emploi de l'électricité fait presque toujours, par surcroît, réaliser une économie très inattendue : tel industriel qui croyait employer, pour les besoins réels de son usine 50 ch et qui établissait d'après ce nombre son

prix de revient du cheval, s'est aperçu que son compteur d'énergie électrique ne lui en marquait plus que 35 le jour où il a substitué quelques réceptrices et quelques fils à ses générateurs, à sa machine et à certaines transmissions lourdes et compliquées. C'est sur cette constatation très importante au point de vue de la vulgarisation du moteur électrique que M. Garcia termine sa communication.

BIBLIOGRAPHIE

Bericht an das schweiz. Handelsdepartement über die in der Weltausstellung in Paris 1900 ausgestellten Dampfmaschinen von Prof. A. Stodola.

Ce rapport concis et pourtant abondant en détails précis donne en peu de pages une idée très nette de l'état où en sont arrivées actuellement les machines employées pour utiliser la puissance motrice de la vapeur et des particularités caractérisant dans ce domaine l'industrie des différents pays, pour autant du moins qu'ils étaient représentés à l'exposition de Paris. Les qualités de précision et de concision que nous venons de mentionner et qui rendent la lecture de ce rapport non seulement instructive mais aussi attrayante ne permettent pas de le résumer aisément, aussi nous contenterons-nous d'en traduire librement la partie qui se rapporte au sujet actuel par excellence des *turbines à vapeur* et d'en reproduire intégralement les conclusions.

Nous engageons vivement ceux des lecteurs du *Bulletin* qui s'intéressent aux industries mécaniques de lire le rapport lui-même qui est envoyé sur demande par le susdit Département fédéral. Ils y trouveront des informations intéressantes sur les autres machines à vapeur et des renseignements sommaires sur les générateurs.

Voici ce que dit ce rapport au sujet des turbines à vapeur :

« Il était à prévoir que M. de Laval serait brillamment représenté avec sa turbine, aujourd'hui connue de tous. En effet, aussi bien l'exposition de la maison de Stockholm que celle de la Compagnie parisienne Laval en présentaient une brillante illustration. La turbine a été perfectionnée sous plusieurs rapports, par exemple par l'emploi pour les turbines de grande puissance d'un disque plein sur lequel l'arbre est boulonné de chaque côté au moyen de brides. Ceci permet de donner à la turbine une forme d'égale résistance, d'éviter le très sensible affaiblissement résultant d'un évidement central et d'atteindre des vitesses périphériques de 420 m.

Pour la consommation de vapeur, c'est une turbine de 300 HP qui donne le meilleur résultat. Avec une pression et une température de vapeur devant la soupape d'entrée de 13,55 atm. et de 234° C, un vide de 92 mm de mercure, 7 orifices d'entrée ouverts, 307,8 HP au frein, la consommation de vapeur par heure et par cheval effectif fut de 6,33 kg.

La turbine compound à action de *Segger* comprend deux disques moteurs placés tout près l'un à côté de l'autre et tournant dans des sens opposés. Le second disque est actionné par la vapeur ayant traversé le premier et possédant encore une énergie d'écroulement assez considérable et le travail qu'il recueille est transmis à l'extérieur par un arbre spécial.

Comme on le sait, la turbine à un seul disque moteur rend nécessaire l'emploi d'un engrenage pour réduire le nombre de tours à environ 1000 par minute. Bien que le travail des engrenages de la turbine Laval de 300 HP exposée à Paris fût très satisfaisant, cet engrenage nécessaire formera toujours un obstacle à l'emploi de ce système pour les grandes puissances. Cette difficulté a été tournée par la turbine Parsons à plusieurs disques moteurs c'est-à-dire dans laquelle l'utilisation de la puissance de la vapeur se fait par degrés successifs et qui doit être construite industriellement pour l'Europe centrale par la *Société par action pour la construction des turbines à vapeur système Brown-Boveri-Parsons* nouvellement fondée.

Une nouvelle et remarquable apparition est celle de la *turbine Rateau* construite par *Sautter et Harlé* à Paris. Tandis que,