Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 17 (1891)
Heft: 1 & 2

Artikel: Les eaux du Leman à Paris
Autor: Guisan, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-16474

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: 12.07.2025

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

De 2500 fr., si la recette brute est de 10 001 à 11 000 fr.
» 2600 » » » 11 001 à 12 000 »
» 2700 » » » 12 001 à 13 000 »
et ainsi de suite, l'allocation étant augmentée de 100 fr. par chaque 1000 fr. d'augmentation kilométrique.

b) Une allocation de 1 fr. 45 pour chaque kilomètre de trains remorqués par une seule machine; 2 fr. 50 par kilomètre de train remorqué par deux machines; 1 fr. 05 par kilomètre parcouru par les machines circulant isolément.

Pour fixer les idées, supposons une recette brute de 15 000 fr. par km. ayant donné lieu à 35 000 km. de trains. Les frais s'établiront comme suit : 2900 fr. $\times$ 35^{km}3 + 35 000 $\times$ 1.45 = 153 120 fr., soit par km. : $\frac{153,120}{35.3}$ = 4360 fr. ou 29 % de la recette brute.

Avancement et situation des travaux.

Les travaux ont commencé en novembre 1888 sur les quatre premiers kilomètres, à partir de Viège, sur lesquels le service technique de la Suisse-Occidentale-Simplon avait terminé les études et qui est commun aussi avec le tracé à crémaillère. Au fur et à mesure que les études définitives du nouveau projet à crémaillère dont la régie cointéressée s'était chargée se terminaient et qu'on pouvait procéder aux expropriations, on ouvrait de nouveaux chantiers.

Actuellement la ligne, sauf quelques petits parachèvements et règlements, est terminée jusqu'à Saint-Nicolas. Elle a été ouverte à l'exploitation jusqu'à Stalden le 1er juillet et jusqu'à Saint-Nicolas le 27 août 1890. C'est déjà un grand allègement pour les voyageurs, puisqu'on évite ainsi la partie la plus pénible du trajet, où il n'existe pas de route, et que depuis Saint-Nicolas on peut aller à Zermatt en voiture. Aussi dès les premiers jours de l'ouverture l'affluence a-t-elle été grande, allant jusqu'à 400 à 500 voyageurs transportés par jour.

Les travaux sont attaqués sur tout le parcours entre Saint-Nicolas et Zermatt et sont très avancés. Les maçonneries de presque tous les ouvrages d'art sont terminées. On compte que, jusqu'à la fin de cette campagne, la voie définitive sera posée jusque près de Randa, kilomètre 25.

Le nombre maximum d'ouvriers occupés simultanément était de 2057, fin mai 1890. La ligne entière jusqu'à Zermatt sera remise à l'exploitation le 1er juin 1891.

La construction de la ligne de Viège-Zermatt est une œuvre à laquelle les membres de la Société vaudoise des ingénieurs et architectes ont pris une grande part. Nous avons, dans notre note précitée de 1888, page 122, indiqué les noms de ceux qui ont coopéré aux premières études faites par le service technique de la Suisse-Occidentale-Simplon[1] : MM. J. Chappuis* et Stockalper avaient comme collaborateurs pour l'exécution de la ligne : M. Freymond*, chef de service; MM. Rey*, Busset*, Morin*, Bron*, chefs de section; et comme conducteurs de travaux : MM. Delisle*, Déglise, Ryncki fils, Pidoux*, d'Alèves, Massard, Bollens*, Durand*, Bron*, Nicole*. Ajoutons M. Wolff*, associé de M. Chappuis, qui a construit les ponts. Le contrôle a été exercé par M. Meyer*, ingénieur en chef du Jura-Simplon, et M. Perey*, ingénieur-chef du bureau technique de cette Compagnie, qui avaient comme agents sur place MM. Dapples* et de Wek*, ce dernier remplacé par M. Ryncki père.

[1] Tous les noms précédés d'un astérisque sont ceux des membres de la Société vaudoise ou d'anciens élèves de la faculté technique de Lausanne, qui a fait le 12 mai 1890 sa course annuelle, au nombre de plus de quarante, sur cette ligne.

LES EAUX DU LÉMAN A PARIS

par R. Guisan, ingénieur.

L'alimentation de Paris en eaux potables est une question importante. Il y a quarante ans, une quantité de 60 litres par jour et par habitant était jugée suffisante et Paris disposait alors de 69 litres. Dès lors la population s'est considérablement accrue et l'on a dû amener à Paris de nouvelles sources, entre autres celles de la Dhuis et la Vanne.

Aujourd'hui Paris possède par jour : en eaux de sources 140 000 m³., en eaux de rivières ou de canaux 450 000 m³ soit 220 litres par habitant. Cette quantité est généralement jugée suffisante pour les villes de moyenne importance, en fixant comme suit les divers besoins :

Usages domestiques	75 litres
Etablissements industriels . . .	50 »
Services publics	30 »
Fontaines.	65 »
Total . . .	220 litres.

Mais les exigences d'une ville comme Paris sont tout exceptionnelles. Avec ses deux millions trois cent mille habitants (et plus de trois millions en y ajoutant la banlieue), formant 810 000 ménages, ces 140 000 m³ d'eau de source par jour, ne font que 61 litres par habitant. Dans une métropole de cette importance, il faut tenir compte du nombre considérable des établissements industriels, de l'extension exceptionnelle que prennent les divers services publics, voirie, abattoirs, hôpitaux, lycées, casernes, parcs, jardins, etc. Il est indispensable d'y ajouter le lavage des égouts; ceux-ci entraînent à la Seine un liquide épais, sursaturé de matières organiques solides qui se déposent au fond ou sur les bords du fleuve, en infectant les environs. On a essayé d'obvier à ce danger en établissant dans la presqu'île de Gennevilliers un système d'épuration des eaux d'égout par infiltration. Les matières infectieuses en suspension dans ces eaux représentent *annuellement* le volume énorme de trois cent mille mètres cubes. Cela suffirait pour former une couche de 5 mètres d'épaisseur sur toute la place de Beaulieu. On comprend que la presqu'île de Gennevilliers ne va pas tarder à être sursaturée, aussi pense-t-on à créer un aqueduc évacuateur de Paris à la mer, lequel coûtera cher et sera d'un difficile fonctionnement.

Pour rendre à la Seine son rôle naturel d'évacuateur des eaux d'égout de Paris, il faut augmenter le volume de ses eaux et pour cela doter les maisons et les rues d'une quantité d'eau bien supérieure à celle dont on dispose maintenant et qu'il faut bien se résoudre à aller chercher au loin.

Dans cet ordre d'idées, M. Guillaume Ritter avait, il y a quelques années, étudié un projet pour amener à Paris les eaux du lac du Neuchâtel[1]. Il comportait 118 500 m. de ponts-

[1] Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Solothurn, 1888, page 209.

aqueducs, 29 500 m. de syphons ou tuyaux en tôle, 63 300 m. de tunnels, dont un seul, celui qui traversait le Jura aurait eu 37 km. de longueur (soit le double de celui projeté pour le Simplon), enfin 255 300 m. d'aqueducs en tranchée. Ces divers travaux formaient un aqueduc de 5 m. sur 3 m. de section mouillée et d'une longueur totale de 466 000 m. Nous ignorons à combien ce gigantesque travail était devisé, mais seul le tunnel de 37 km. représentait une somme colossale.

Dernièrement M. P. Duvillard, ingénieur au Creusot a soumis à la Société des ingénieurs civils de Paris un autre projet ayant le *lac Léman* pour bassin d'alimentation. Cette circonstance peut intéresser notre population, c'est ce qui m'a engagé à exposer brièvement les traits principaux de ce projet.

La *pureté* de l'eau du Léman, quoique vantée par les poètes, n'a pas échappé au septicisme des chimistes. Sainte-Claire-Deville, Risler, Walter, R. Brandenbourg, Lossier, l'ont confirmé scientifiquement. En effet, leurs analyses ont donné pour un litre :

	Milligrammes
Chlorure de sodium et de potassium	1,8
Sulfate de soude	15,0
Sulfate d'ammoniaqne	traces
Sulfates de chaux	47,9
Azotate de chaux	1,0
Carbonate	73,9
Carbonate de magnésie	17,0
Silice	3,7
Alumine, oxyde de fer	1,9
Matières organiques et pertes	11,9
Total	174,1

Sa minéralisation pour les usages domestiques est donc très convenable. Elle ne contient aucune matière en suspension et sa teneur en matières organiques est très faible, car elle ne décolore, par litre, qu'un milligramme quatre centièmes de permanganaze de potasse, tandis que l'eau de la Dhuis en décolore 2 mg. 20. Sous le rapport des bactéries, on peut faire la comparaison suivante pour les eaux de Paris :

	Bactéries par centimètres cubes d'eau.
1° Eau de la Seine à Chaillot	79 325
2° Eau de l'Ourcq	52 530
3° Eau de la Marne	33 950
4° Eau de la Seine à Ivry	30 840
5° Eau de la Vanne	3160
6° Eau de la Dhuis	1907
7° Eau du Léman	70

Enfin la température de l'eau du Léman est dans de bonnes conditions, vu la stratification thermométrique des couches qui en été est la suivante : 22° à la surface, 12°7 à 20 mètres de profondeur, 6°2 à 60 mètres et de 5°2 depuis 140 mètres.

M. Duvillard ferait dans le Léman une prise de 24 m³ par seconde ou 2 074 000 m³ en 24 heures. Voyons quelles en seraient les conséquences, car M. Duvillard passe comme chat sur braise sur cet important sujet, se bornant à dire « que cette prise n'abaisserait normalement le niveau des eaux sur le seuil du Banc du Travers que de 0m07 à 0m08 » et « que pour maintenir le débit de l'émissaire à 100 m³ par seconde, il suffirait de relever l'étiage du barrage de façon à diminuer de 0m10 l'écart entre les hautes et les basses eaux, en les ramenant de 0m60 qu'il est, à 0m50. »

Le Léman a une superficie de 578 kilomètres carrés, d'où il résulte qu'une nappe d'eau de *un* millimètre d'épaisseur représente un volume de 573 000 m³.

Avant les travaux de Genève, l'amplitude des variations extrêmes dans le niveau du lac était de 2m656, la plus faible de 0m742 et l'amplitude moyenne de la variation annuelle était de 1m542. C'est-à-dire que pendant la période des hautes eaux (août) le lac contient 900 millions de mètres cubes d'eau de plus qu'aux basses eaux (mars).

Depuis les travaux de régularisation du niveau du lac, les variations extrêmes sont limitées à 0m60 ce qui permet encore d'emmagasiner dans le lac un volume da 347 millions de mètres cubes, qui servent à relever le débit du Rhône pendant l'hiver.

En effet, cette réserve de 347 millions de mètres cubes permet d'augmenter le débit du Rhône de 134 mètres cubes par seconde pendant un mois, ou de 45 mètres cubes par seconde pendant trois mois. Or, le débit moyen du Rhône à Genève est de 200 m³ par seconde, variant entre 740 m³ en été et 55 m³ par seconde en avril. Le nouveau barrage à rideaux a pour but de régler l'écoulement des eaux de telle sorte que le débit de Rhône ne soit pas inférieur à 100 m³ par seconde[1]. En hiver, on comble le déficit du débit du Rhône par une prise sur la réserve emmagasinée dans le lac. Ainsi, en février le débit normal du Rhône est de 82 m³ par seconde, on ouvrira donc le barrage de manière à obtenir un débit supplémentaire de 18 m³. En mars le Rhône ne débite plus que 70 m³, la réserve devra alors fournir 30 m³ par seconde. Enfin en avril le Rhône débite 66 m³, le lac devra encore fournir 34 m³. Dès le 1er mai le débit du Rhône croît très rapidement, atteignant les 100 m³ vers le 10 du mois. Le barrage à rideaux reste dès lors fermé (sauf pendant les crues exceptionnelles), afin de constituer la réserve d'eau qui sera utilisée l'hiver suivant.

Cette explication donnée, on comprendra les conséquences de la prise de 24 m³ par seconde destinée à l'alimentation de Paris. En été, le Rhône débitant en moyenne 500 m³ par seconde, ces 24 m³ en moins n'ont aucune influence, mais en en hiver, quand le Rhône ne débite que 60 m³ ou 70 m³, cela le réduirait à 36 m³ ou 46 m³. Pour obtenir encore les 100 m³, il faudrait modifier complètement l'étiage du barrage afin d'emmagasiner en plus dans le lac un volume d'eau de 24 m³ par seconde pendant les trois mois d'hiver (de février à avril) soit 24 m³ pendant 8 millions de secondes ou 192 millions de mètres cubes, ce qui, à raison de 578 000 m³ pour un millimètre de hauteur, représente une couche d'eau de 0m332 d'épaiseur. Il faudrait donc relever d'autant le barrage de Genève. Le niveau maximum du lac ne serait plus de 1m30 au-dessous du repère de la Pierre à Niton, mais à 0m968, ainsi pendant tout l'été et l'automne le lac serait de 0m33 plus haut qu'il ne l'est maintenant à cette époque[2]. Il est même certain que les riverains n'accepteraient pas ce nouvel état de choses.

Après avoir examiné, un peu trop longuement peut-être, la question de la prise d'eau qui a bien son importance pour nous,

[1] Volume d'eau réservé aux forces motrices.

[2] Niveaux conventionnels : Max. PN-1m30 Min. PN-1m90.

comme on peut s'en rendre compte, nous allons voir dans quelles conditions l'eau du Léman serait amenée à Paris.

Il va sans dire que M. Duvillard devait faire sa prise d'eau et établir sa conduite entièrement sur le sol français. C'est à l'est du village suisse d'Hermance, situé à la frontière, soit sur le territoire et dans les eaux du département de la Haute-Savoie que se ferait la prise d'eau, dont l'orifice d'entrée serait à 400 mètres au large et à la profondeur de 35 mètres. On atteint ainsi la nappe d'eau qui, en été, est à la température de 8°, et en hiver de 5°.

La prise d'eau consiste en une galerie maçonnée traversant la grève et la beine du lac jusqu'à ce que l'extrados de la voûte soit à 2 m. au-dessous du seuil du Banc du Travers (à l'entrée du port de Genève) afin de ne gêner en aucun temps la navigation. Le radier serait placé à 12 m. au-dessous du niveau des hautes eaux. De l'extrémité amont de cette galerie partiront deux tuyaux en béton de ciment de 3 m. de diamètre s'épanouissant sous un angle de 30° pour éviter de former à la prise un grand courant sur un seul point. Ils s'enfonceront dans le lac jusqu'à la rencontre du grand talus, soit à environ 400 m. de la rive, point où la profondeur dépassera 35 m. et où on ne rencontre plus de végétaux. Sur le rivage il sera établi une chambre où seront installées les vannes régulatrices et d'arrêt nécessitées par les variations de pression que produisent les sèches et les crues du lac.

De cette prise, la conduite, de $20^{m}2$ de section environ, part en souterrain à travers le plateau de Veigy, au pied des Voirons, en contournant la frontière suisse pour passer sous Annemasse et l'Arve ; puis, toujours en souterrain, longe le pied du Salève et va déboucher à ciel ouvert sur la rive gauche du Rhône, à l'aval de Seyssel. Après avoir suivi ce fleuve sur 8 km. la conduite perce le Vuache à son pied ouest et débouche dans la vallée des Usses, dont elle suit la rive droite jusqu'au Rhône, qu'elle franchit sur un pont-aqueduc à Bassy.

A Seyssel, le canal se trouve sur la rive droite du fleuve, le suit jusqu'à Culoz pour s'infléchir brusquement vers l'orient, passer à Virieu et pénétrer sous l'extrême pointe sud des monts de Chasse pour retomber sur la rive droite du Rhône qu'il côtoie jusqu'à Lagnieu. En quittant ce fleuve, il franchit la rivière l'Ain pour pénétrer sur le plateau des Dombes (280 m.) et traverser la vallée de la Saône au-dessous de Mâcon. Son entrée dans le massif du Charolais a lieu dans un point où la ligne de faîte est peu élevée, formant le point de partage des eaux du bassin de la Loire et du bassin de la Saône. Le débouché se fait près de Charolles dans la vallée de la Bourbince. Pour éviter les parties élevées du massif du Morvan, le tracé s'appuie sur le versant de la Loire et va franchir l'Aron à Saint-Gratien; il remonte le cours de cette rivière sur 30 km., passe à Chatillon en Bazois, puis se tient sur les sommets des versants de l'Yonne et du Loing, passe à l'ouest de la forêt de Fontainebleau en se dirigeant sur Clamart et Paris, où il arrive après un parcours de 540 740 m.

La différence de niveau entre la prise (340 m.) et celle de l'arrivée à Paris (103 m.) est de 237 m., ce qui pour un développement de conduite de 540 740 mètres donne une pente moyenne kilométrique de $0^{m}438$. La vitesse moyenne de l'eau sera de $1^{m}70$ par seconde, il faudra donc 88 heures ou 3 jours et 16 heures pour que les eaux du Léman arrivent à Paris.

Que coûtera ce gigantesque travail ? En voici le devis estimatif :

		Longueur en m.		Prix total.
Aqueducs	de $16^{m2}98$ de section	139 030	Fr.	63 579 200
»	de $7^{m2}61$ »	22 740	»	6 890 200
Viaducs	de $16^{m2}98$ »	25 710	»	38 128 800
»	de $11^{m2}17$ »	4 120	»	3 820 350
Tunnels	de $19^{m2}80$ »	274 440	»	202 536 200
»	de $8^{m2}91$ »	16 080	»	7 626 400
Conduite en acier de $3^{m}10$ de diam.		58 620	»	53 377 450
Longueur totale,		540 740		
Pont sur le Rhône			»	2 964 000
Pont sur la Saône			»	1 650 000
Sept autres ponts			»	1 200 000
Prise dans le lac Léman, modification au barrage de Genève			»	2 200 000
Six réservoirs cubant ensemble 1 020 000 m^3.			»	7 140 000
Réception à Paris, machines hydrauliques, vidange, imprévu.			»	4 887 400
Etudes, expropriations			»	14 000 000
			Fr.	410 000 000
Intérêt de ces 410 millions pendant les six ans de travaux			»	40 000 000
		Dépense totale,	Fr.	450 000 000

Ainsi pour 450 millions, Paris aurait 2 074 000 mètres cubes d'eau du Léman par jour ou un apport de 320 000 onces d'eau ce qui fait ressortir le prix de l'once (4,5 litres) à 1406 fr. 25 c.

A Lausanne nous payons l'once d'eau de Pierre Ozaire 2200 francs.

On pourrait depuis le plateau des Dombes faire un branchement de 40 km. pour amener à Lyon (Croix-Rousse) un volume d'eau de 4 m^3 à la seconde ou 240 000 litres à la minute, soit 5333 onces.

On voit donc que malgré les difficultés techniques de ce projet et l'énorme capital qu'il exige, cette entreprise serait assurément rémunératrice. Mais il faudra toute une étude pour arriver à une solution satisfaisante pour les cantons riverains de l'importante question de la prise d'eau de 24 m^3 par seconde.

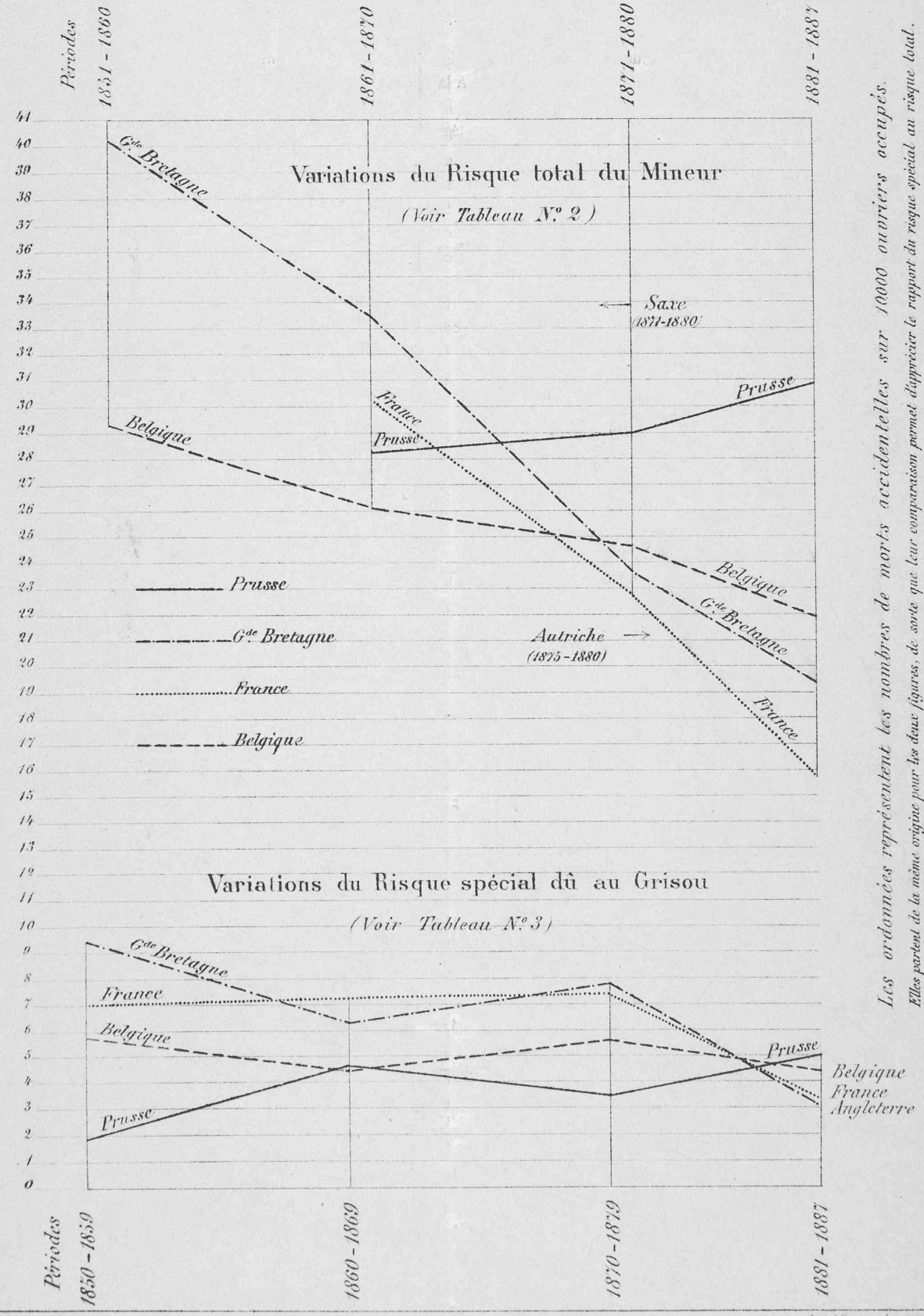
Il est très curieux de voir qu'en comparant les éléments principaux du projet de M. Duvillard avec les mêmes éléments pour les eaux amenées à Lausanne par la Compagnie de Bret et celle du Pont-de-Pierre, c'est-à-dire la population des deux villes, le volume d'eau amené par seconde et le coût de l'entreprise, on arrive à un rapport constant et qui est sensiblement du $\frac{1}{100}$. En effet nous avons :

	PARIS	LAUSANNE	Rapports
Population	3 000 000 habit.	30 000 habitants	$\frac{1}{100}$
Volume d'eau amené par seconde . . .	24 000 litres	Pont-de-Pierre 50 litres Bret. . . . . 200 » Total 250 »	$\frac{1}{96}$
Coût de l'entreprise.	450 000 000 fr.	Pont-de-Pierre 2 000 000 Bret. . . . . 2 500 000 Total 4 500 000	$\frac{1}{100}$

Lausanne, 17 novembre 1890.

Planche I.

Représentation graphique des Tableaux N.os 2 et 3.



Les ordonnées représentent les nombres de morts accidentelles sur 10000 ouvriers occupés.

Elles partent de la même origine pour les deux figures, de sorte que leur comparaison permet d'apprécier le rapport du risque spécial au risque total.

Lith. J. Chevrier, Lausanne

Seite / page

leer / vide / blank