Note sur les installations hydrauliques de la Société des Eaux et Forêts à Fribourg

Autor(en): **Crausaz, S.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg**

Band (Jahr): **4 (1883-1887)**

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-306756

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

NOTE

SUR LES

INSTALLATIONS HYDRAULIQUES

DE LA

SOCIÉTÉ DES EAUX & FORÊTS à FRIBOURG

par **S. Crausaz,** ingénieur.

(Voir planche II.)

En outre de l'exploitation des forêts et de l'établissement de scieries avec voies ferrées de raccordement, le programme de la Société des Eaux et Forêts, élaboré par M. l'ingénieur G. Ritter, comprenait comme parties essentielles :

a) l'utilisation des forces hydrauliques produites au moyen du grand barrage de la Sarine, soit par distribution à domicile en ville, soit par transmission télédynamique depuis le barrage aux établissements industriels du plateau de Pérolles ;

b) la fourniture d'eau potable à la ville de Fribourg.

Nous décrirons à grands traits les installations hydrauliques désignées ci-dessus, telles qu'elles existent aujourd'hui, en nous attachant plus particulièrement à la distribution d'eau, qui forme actuellement la principale branche de l'exploitation.

La force motrice nécessaire à ces installations est créée, comme nous l'avons dit, au moyen d'un barrage de 120 mètres de long, sur une épaisseur de 6 à 7 mètres au couronnement et de 24 à 30 mètres à la base. Sa hauteur, qui est de 12 mètres, procure une chute effective de 10 mètres. En basses eaux, lorsque la Sarine débite encore 15 mètres cubes à la seconde, la force brute disponible est donc de 2,000 chevaux.

Trois turbines, de 300 HP chacune, utilisent actuellement, comme récepteurs, une partie de cette force. Nous en parlerons plus loin.

Le barrage a été commencé vers la fin de l'été 1870 ; le gros de l'œuvre a été achevé en 1872. En 1877, on y a exécuté divers travaux de parachèvement.

1° Distribution d'eau.

Captage et filtration. Les eaux de la Sarine, qui forment la base de l'alimentation de la ville de Fribourg, sont fréquemment troublées par les pluies et la fonte des neiges. La Gérine est un des affluents qui leur fournit le plus de matières terreuses en suspension. Pour donner une idée de la quantité de limon charrié par la Sarine vers l'Usine hydraulique, nous citerons les deux faits ci-après.

Nous avons plusieurs fois observé, dans les parties du canal industriel où l'eau a le moins de courant, des dépôts annuels de limon d'une épaisseur de 50 à 80 centimètres.

Pendant l'année 1887, qui peut être considérée comme moyenne, la Sarine a été claire 113 jours, louche 103, trouble 100 et très trouble 49.

Il est clair que, dans ces conditions, le captage et

la filtration des eaux se posaient comme un des principaux problèmes à résoudre pour la distribution d'une eau potable.

Or, M. l'ingénieur Ritter avait opéré le captage, dans les graviers du fond du lac artificiel de Pérolles, au moyen de filtres naturels dont suit la description, faite par l'auteur dans son compte-rendu des années 1870-1871, page 9 :

« Les filtres consistent dans un grand puisard en » tôle, de 6 mètres de diamètre, enfoncé dans les » graviers de la Sarine à 5 mètres de profondeur et » garni intérieurement d'un mur en ciment.

» Un aqueduc met en communication les nombreu- » ses sources que nous avons trouvées pendant la » construction du barrage, avec l'intérieur du filtre. » Celui-ci communique avec le puisard des pompes » par un tuyau et un canal souterrain. L'eau du pui- » sard devant être absorbée par les pompes, elle sera » ainsi continuellement remplacée par celle arrivant » du filtre lui-même. C'est en définitive l'eau du cours » souterrain de la Sarine, naturellement clarifiée, qui » sera recueillie et conduite aux puisards des pompes.

» Les filtres ont été immergés au moyen de la » compression de l'air, ils sont entièrement terminés ; » leur montage et leur immersion ont été effectués » sans particularité digne de remarque. Nous les » avons fait envelopper d'une couche horizontale en » maçonnerie de ciment allongeant le parcours de » l'eau et assurant ainsi mieux leur fonctionnement » comme appareil filtrant. »

Le même compte-rendu constate que cet appareil a bien fonctionné au début.

Cependant, les couches filtrantes ne tardèrent pas à être obstruées par les limons qui se déposèrent au

fond du lac, dont l'envasement a été provoqué en grande partie par la paralysie des grandes vannes de vidage ménagées au pied du barrage. Ces vannes ont été négligées à l'époque où, ensuite de circonstances malheureuses, la Société a été privée de direction technique, soit vers 1875-1876, depuis le départ de M. Ritter jusqu'à l'arrivée de M. de Montenach.

Ce système de filtre était d'ailleurs mieux approprié à une eau courante qu'à son utilisation au fond d'un lac.

Après l'abandon de ce filtre, M. l'ingénieur Ferdinand Herzog fut chargé d'étudier et de construire un filtre naturel dans le pré de la Maigrauge, en aval de l'Usine hydraulique. Le filtre naturel fut construit en 1878 d'après le type de ceux de Toulouse. Il devait être alimenté par la nappe d'eau souterraine formée par la rivière.

Dans ses études, cet ingénieur avait admis la cote des basses eaux à 541^{m},93, tandis que, selon une série d'observations limnimétriques que nous avons faites ou recueillies depuis 1880 à 1884, les basses eaux atteignent la cote 540^{m},66. Il faut donc en conclure que le lit de la rivière a subi un approfondissement de 1^{m},20 de 1878 à 1884.

Aussi, ce nouveau filtre fût-il la cause d'une nouvelle déception. Il fournissait par filtration naturelle une eau de bonne qualité, mais en quantité insuffisante. M. l'ingénieur Raymond de Montenach, alors directeur de la Société, fut obligé d'utiliser l'appareil comme filtre artificiel, en amenant l'eau à la surface au moyen d'une canalisation provisoire. Mais il est évident que, la construction n'ayant pas été faite pour ce genre de filtration, l'eau n'était guère clarifiée.

A la suite d'une série d'études et d'expériences

hydrométriques, entreprises en vue de procurer au filtre Herzog une alimentation naturelle suffisante, il fallut reconnaître l'impossibilité d'alimenter l'appareil directement au moyen des eaux de la rivière, en temps d'étiage du moins. Un approfondissement de la galerie de captage de ce filtre était inutile en raison de la molasse sur laquelle elle repose.

Nous avons alors élaboré un projet basé sur un double système de filtration naturelle et artificielle avec utilisation d'eau de source. Ce projet a été approuvé par l'autorité communale le 1er décembre 1884. Les travaux ont été exécutés en 1885.

Filtration naturelle. Le niveau de la rivière ne permettant pas d'alimenter le filtre Herzog en basses eaux, nous avons construit, en amont, la galerie *KN* (fig. 1, 4 et 5), creusée à une profondeur de 2 à 4 mètres en dessous du terrain naturel jusque dans les graviers qui recouvrent la molasse. L'eau de la rivière, c'est-à-dire du lac, est amenée dans cette galerie remplie de cailloux, où elle est distribuée au moyen de 2 conduites de 150 $^{m}/_{m}$ percées latéralement. Les figures 1, 4 et 5 font voir comment l'eau de cette galerie, dite source artificielle, arrive partiellement et par filtration naturelle dans le filtre *EF*.

Filtration artificielle. La filtration naturelle est fréquemment sujette à des surprises. Il est reconnu aujourd'hui que les meilleurs filtres naturels finissent à la longue par diminuer en débit. Au contraire, la filtration artificielle peut, moyennant un entretien convenable, être maintenue à un débit absolument constant et certain.

Or, pour obtenir un filtre artificiel sans dépasser les ressources financières disponibles, nous avons utilisé le filtre naturel construit en 1878. Dans ce but, les

couches filtrantes ont été transformées, augmentées de puissance et disposées comme suit (v. fig. 2), en commençant par le haut :

Sable soigneusement criblé	épaisseur	$0^m,30$
Sable mélangé de petit gravier	»	$0^m,50$
Gravier de moyenne grosseur	»	$0^m,90$
		$1^m,70$
Gravier et cailloux	»	$1^m,55$
	Total	$3^m,25$

Les vides formés par ce matériel filtrant varient de 20 % (sable superficiel) à 34 % (gravier). D'après une série d'expériences, la vitesse de filtration est de $\frac{1}{10}$ de $^m/_m$ par seconde et la vitesse absolue de l'eau de $\frac{1}{2}$ $^m/_m$.

Soit Q le débit du filtre $= 0^m,0555$ par seconde (200^{m3} par heure)

S_0 la surface totale d'un bassin $= 455^{m2}$

V_0 la vitesse de filtration,

on aura la relation :

$$V_0 = \frac{Q}{S_0} = \frac{0,0555}{455} = 0^m,000122 = \frac{1}{10}\ ^m/_m$$

Or, comme le matériel filtrant présente des vides de 20 à 34 %, en appelant S_1 la surface utile d'écoulement et V_1 la vitesse absolue de l'eau à travers les couches filtrantes, on aura :

$$\frac{S_1}{S_0} = \tfrac{1}{2}\ (0,20 + 0,34) = 0,27,$$

$$\text{d'où : } V_1 = \frac{0,000122}{0,27} = 0^m,000452 = \frac{1}{2}\ ^m/_m$$

Le lecteur qui désirerait de plus amples renseignements sur cette question, les trouvera dans un article que nous avons publié dans le n° 10, vol. XI (mars 1888), de la *Schweizerische Bauzeitung.*

La prise d'eau pour la source artificielle et le filtre se fait dans le canal industriel en un point où le courant est très fort. La conduite, qui a 400 $^{m}/_{m}$ de diamètre, passe dans l'Usine et de là aboutit à la chambre de partage. Un système de vannes, situées dans l'Usine et dans la chambre de partage, permet de régler le partage et l'admission de l'eau à volonté.

L'eau est distribuée à la surface du filtre au moyen de chéneaux percés latéralement ; elle tombe sur des garde-chutes formés de gros gravier, afin d'empêcher les érosions dans le sable. La surface filtrante est divisée en deux bassins, dont chacun a 455^{m2} et peut débiter *en moyenne* 200^{m3} par heure. Les bassins sont utilisés alternativement, afin de ne pas interrompre le service pendant le nettoyage.

Trois canaux de trop plein ont été construits de manière à empêcher que la nappe d'eau sur le filtre ne s'élève à plus de $0^{m},20$ d'épaisseur. Les parois latérales n'étant pas revêtues, une pression plus considérable pourrait occasionner des érosions.

Le nettoyage se fait toutes les fois que le débit d'un bassin devient insuffisant. Le sable envasé est enlevé sur une épaisseur de 2 à 15 $^{c}/_{m}$, puis lavé au moyen d'une machine à contre-courants, système Gresly et Ruge, mue par un moteur hydraulique Schmid. Cette machine permet de laver très proprement 20 à 30^{m3} de sable par jour. Le sable lavé est remis en place. Le déchet provenant du lavage et de la manutention est remplacé par du sable frais, de façon à maintenir la surface des bassins au niveau des repères.

Nous n'avons pas à examiner ici le détail du mécanisme de la filtration artificielle. Chacun sait que son premier effet est de donner la limpidité à l'eau trouble. Elle a cependant une action biologique qui,

quoique inappréciée par la majorité des consommateurs, est tout aussi bienfaisante que la clarification. A l'appui de cette thèse, nous citerons les conclusions du rapport de M. le Dr Hueppe de Weisbaden, rapporteur d'une commission chargée par la Société allemande des Ingénieurs de distribution d'eau et de gaz, de déterminer les conditions que devraient remplir toutes les stations centrales de distribution d'eau. (Voir *Schillings Journal* 1888, N° 10, page 322.)

Après avoir démontré que les eaux souterraines *(Grundwasser)* sont les meilleures, par opposition aux eaux de source superficielles ordinairement chargées de matières organiques, cet auteur constate, conformément à ses expériences et à celles de ses devanciers, que la filtration artificielle, telle que nous venons de la décrire pour les filtres de Fribourg, n'a pas seulement pour effet de débarrasser l'eau des matières en suspension ; elle diminue notablement la quantité de matières lourdes en dissolution et appauvrit surtout l'eau de germes de toutes espèces.

Ces deux dernières fonctions se faisant tout aussi bien par la filtration artificielle que par le passage de l'eau à travers les terrains naturels, il en résulte que les filtres artificiels à grand débit offrent souvent, au point de vue hygiénique, plus de garanties que mainte source dont l'eau est excellente en apparence.

Wolfhugel a constaté que le nombre des germes diminue autant par une bonne filtration artificielle que par l'action du sol naturel le mieux approprié.

Sources. Au point de vue de la température, l'eau est améliorée par le captage de deux sources d'excellente qualité. L'une d'elles est située sur la rive gauche de la Sarine, en aval de l'échelle à poissons. Ses eaux sont amenées dans la galerie du filtre au

moyen d'une conduite *H* de 80 $^{m}/_{m}$ de diamètre et 116^{m},70 de longueur, suspendue par câbles à travers la Sarine (fig. 1).

L'autre source se déverse directement dans le puisard des pompes centrifuges.

La première source débite au minimum	222^{m3}	en 24 h.
La seconde » » »	154^{m3}	»
Total	376^{m5}	en 24 h.

Récapitulation. En résumé, les installations actuelles permettent de disposer d'au moins 6,056 mètres cubes en 24 heures, ce qui suffirait amplement à alimenter d'une manière *complète* une ville de 20,000 âmes à raison de 300 litres par tête de population.

Voici, en détail, la provenance de ce volume d'eau.

1° Filtration naturelle (galerie *KN* fig. 5)	880^{m3}	en 24 heures.
2° Filtration artificielle, un seul bassin 200^{m3} × 24 h.	4800^{m3}	»
3° Eau de source débit minimum . . .	376^{m8}	»
Total	6056^{m3}	en 24 heures.

Un coup d'œil jeté sur les figures 3 et 4 fait voir que, en temps d'étiage, lorsque l'eau atteint une certaine élévation dans la galerie de captage du filtre *EF,* une partie tend à s'écouler vers la rivière. Par contre, en temps de crue il y a apport d'eau par filtration naturelle de la rivière vers le filtre. Cet état de choses n'a pas d'inconvénient sérieux actuellement ; il présente même certains avantages, la consommation d'eau moyenne en 24 heures n'étant, encore en 1887, que de 2486^{m3}. Si plus tard on se trouvait dans le cas d'utiliser toute l'eau que peut débiter le filtre, il serait facile de construire à peu de frais une retenue entre celui-ci et la rivière.

Enfin, l'exploitation peut être dirigée de manière à diminuer considérablement la déperdition d'eau vers

la rivière et à augmenter dans une forte proportion le débit de la filtration artificielle.

Machines élévatoires. Le projet Ritter prévoyait, comme nous l'avons dit en commençant, un filtre naturel situé dans le lac de Pérolles, d'où l'eau captée pouvait arriver aux grandes pompes élévatoires, par aspiration directe. La suppression du filtre Ritter et son remplacement par un système mixte installé dans le pré de la Maigrauge, à 11^{m} en dessous des corps de pompes élévatoires, a rendu nécessaire l'installation d'un système à deux étages.

A cet effet, les eaux captées sont amenées dans un puisard situé dans l'Usine hydraulique, d'où deux pompes centrifuges l'élèvent dans les puisards où aspirent les grandes pompes. Les centrifuges travaillent avec une hauteur d'aspiration maximum de 3^{m},50 et une hauteur de refoulement de 5^{m},50, total 9 mètres. A 1000 tours à la minute, chacune d'elle débite 3400 litres à la minute. Elles sont actionnées par une petite turbine radiale à haute pression, mue par l'eau de la conduite ascendante, ou au moyen d'une transmission par arbre de couche et courroie, commandée par la grande turbine Girard des pompes.

Trois groupes de pompes élèvent l'eau au réservoir dit du Guintzet, situé à une hauteur de 150 mètres au-dessus du biez d'aval des turbines.

Le premier groupe, construit en 1872 par la maison Roy et Cie à Vevey, se compose de 4 corps de pompes horizontales à double effet et piston plongeur, accouplées à angle droit sur un arbre manivelle. Le diamètre des 4 pistons est de 230 $^{m}/_{m}$, leur course de 580 $^{m}/_{m}$. La vitesse normale est de 18 tours à la minute. Ces pompes ont été remises à neuf en 1886. Leur débit

théorique est de 0^{m3},18316 par tour, soit 3^{m3},29688 par 18 tours ou 198^{m3} par heure.

A la suite d'un concours, la maison Escher-Wyss fut chargée, en 1885, de construire deux nouveaux jeux de pompes horizontales, composés chacun de deux corps accouplés à angle droit sur un arbre manivelle et à piston plongeur. Le diamètre des 4 pistons est de 170 $^{m}/_{m}$; leur course de 600 $^{m}/_{m}$. La vitesse normale est de 36 tours à la minute.

Le débit théorique de ces dernières pompes est de 0^{m3},102 par tour, soit 3^{m3},672 par 36 tours, ou 220^{m3},32 par heure.

Les anciennes comme les nouvelles pompes, convenablement entretenues, donnent un rendement de 94 à 98 % du volume.

Au 96 %, elles livrent donc ensemble 400^{m3} par heure.

Elles travaillent sous une pression *statique* de 14 atmosphères.

Elles sont mues par une turbine système Gérard de 300 HP, construite en 1872 par la maison J.-J. Rieter et Cie à Winterthur, et par une turbine système Jonval d'égale force, construite par la même maison en 1886 et mise en marche en mars 1887.

Une seule de ces turbines suffit pour faire mouvoir les 3 jeux de pompes, mais, pour la commodité du service, la turbine Girard actionne généralement les pompes Roy, tandis que la turbine Jonval est plus spécialement réservée aux pompes Escher-Wyss.

L'ensemble des machines servant à la distribution d'eau est disposé de telle façon que les différentes parties peuvent fonctionner réciproquement comme réserve en cas de réparation à l'un ou l'autre organe. Ainsi chaque groupe de pompe peut non seulement être utilisé seul, mais il peut au besoin être scindé

en deux. Chaque turbine peut aussi servir de réserve à l'autre.

Conduite ascendante. La conduite qui relie les pompes au réservoir du Guintzet, a un diamètre de $400^{m}/_{m}$ et une longueur de 2500 mètres. Elle passe la Sarine au contour de la Mottaz, où elle est posée dans le lit de la rivière et protégée par une forte digue noyée.

Lorsque les pompes débitent 400^{m3} à l'heure, la vitesse de l'eau dans cette conduite est de $0^{m},88$ à la seconde.

Le *réservoir du Guintzet* a été construit en 1873. Il est divisé en deux compartiments, dont chacun a une capacité utile de 2250^{m3}. L'entrée de l'eau est à la cote 694,46, et la sortie au fond, soit à la cote 689,33 pour chaque compartiment. Ceux-ci sont divisés par un mur longitudinal qui ne permet le passage qu'à une des extrémités opposée au tuyau d'entrée. La sortie de l'eau se trouve aussi du côté opposé à l'entrée.

Il résulte de cette disposition une circulation verticale et horizontale qui rend la stagnation impossible en quelque endroit que ce soit du réservoir, ce qui est d'une grande valeur au point de vue de la pureté de l'eau.

Canalisation. Du réservoir du Guintzet, l'eau est distribuée en ville et dans la banlieue sous une pression qui varie de 3 ½ à 14 ½ atmosphères. Les tuyaux sont en fonte et ont été livrés par les usines de Louis de Roll. A l'exception d'une partie du passage de la Sarine muni de brides, ils sont tous à manchons, c'est-à-dire à emboîtement avec joints au plomb. Les joints de la conduite ascendante et ceux de la maîtresse conduite descendante sont munis de contre-brides en deux pièces, adaptées au bout mâle et boulonnées aux oreilles ménagées à cet effet au bout femelle. Cette

disposition, qui est de l'invention de M. Ritter, a pour effet d'empêcher le plomb d'être chassé du joint par la pression dès qu'une dislocation, provenant soit de la dilatation, soit de mouvements du sol, se produit.

La maîtresse conduite descendante est reliée à la conduite ascendante dans le bas de la ville, en sorte qu'il est possible d'alimenter la ville sans passer par le réservoir du Guintzet.

Entre le réservoir et la place du Tilleul, la maîtresse conduite descendante a un diamètre de 430 $^{m}/_{m}$. Lorsque la consommation est de 3000^{m3} par jour ou 35 litres par seconde, la vitesse de l'eau dans cette partie de la conduite est, en amont des branchements, de 0^{m},24 par seconde.

A l'exception de quelques ramifications isolées, le réseau est établi d'après le système de la circulation. Il comprend aujourd'hui :

Conduite ascendante	diamètre	400$^{m}/_{m}$	2500	mètres.
Conduite descendante et réseau de distribution	»	430$^{m}/_{m}$	1338	»
	»	300$^{m}/_{m}$	463	»
	»	150$^{m}/_{m}$	1949	»
	»	120$^{m}/_{m}$	2254	»
	»	100$^{m}/_{m}$	2562	»
	»	90$^{m}/_{m}$	1121	»
	»	75$^{m}/^{m}$	441	»
	»	60$^{m}/_{m}$	506	»
	»	50$^{m}/_{m}$	351	»
		Total	13485	»

Il y a 54 vannes et 71 hydrantes.

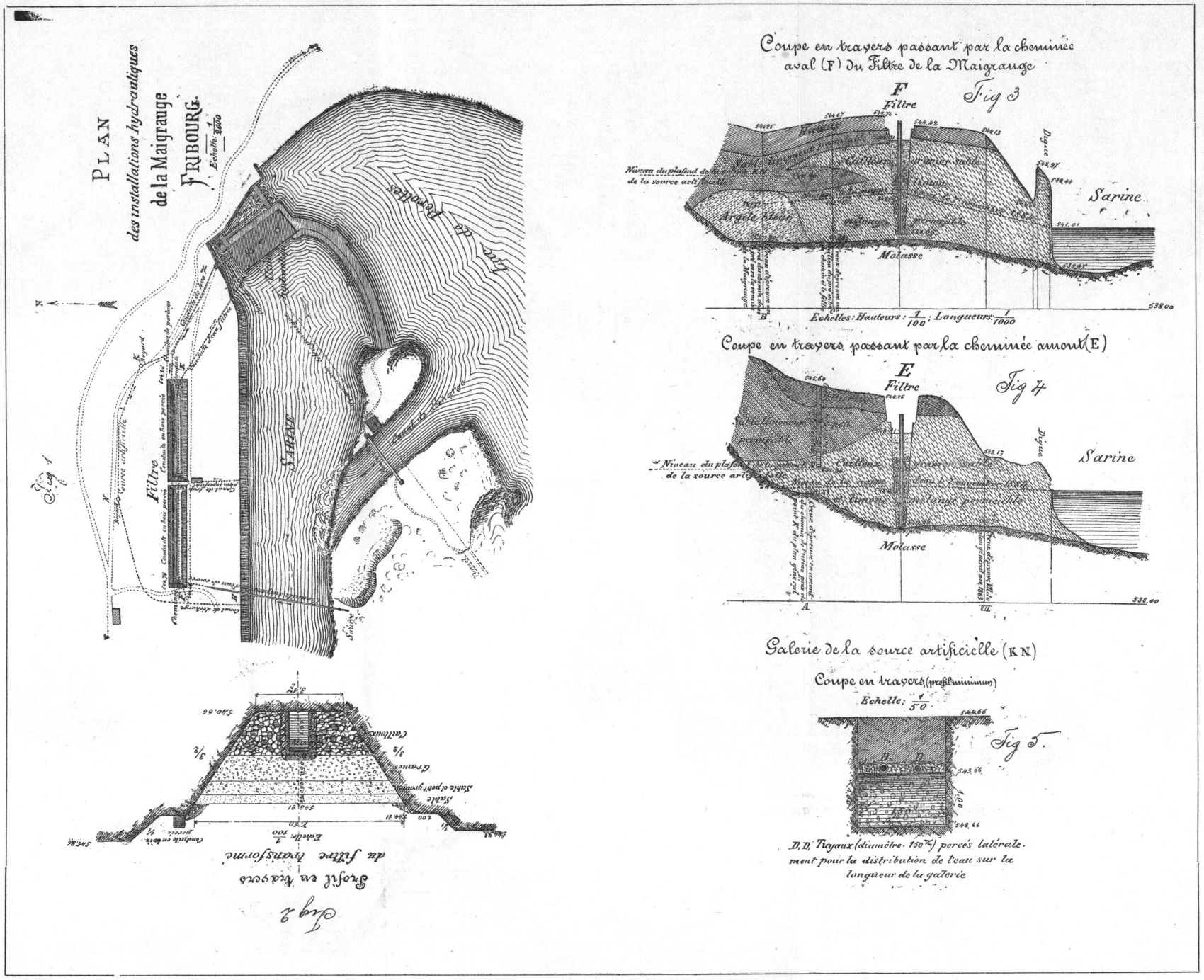
2° Distribution de force.

En ville, la force est distribuée à domicile au moyen de l'eau en pression.

Sur le plateau de Pérolles, au contraire, la force est transmise par un câble télédynamique, long de 1725 mètres avec 13 stations intermédiaires.

Le câble est actionné par une turbine système Girard de 300 HP, construite en 1873 par la maison J.-J. Rieter et Cie à Winterthur.

Ensuite des derniers travaux de parachèvement (1885-1887), l'Usine hydraulique se prêterait d'une manière excessivement favorable à une transmission de force par l'électricité, qui pourrait être combinée avec l'éclairage électrique de la ville.


Plan
des installations hydrauliques
de la Maigrauge
Fribourg.
Echelle 1/2000
Fig 1
Filtre
Sarine
Lac de Pérolles
Fig 2
Profil en travers
du filtre transformé
Echelle 1/100
Coupe en travers passant par la cheminée
aval (F) du Filtre de la Maigrauge
F
Filtre
Fig 3
Sarine
Molasse
Argile bleue
Echelles: Hauteurs: 1/100; Longueurs: 1/1000
Coupe en travers passant par la cheminée amont (E)
E
Filtre
Fig 4
Sarine
Molasse
Galerie de la source artificielle (KN)
Coupe en travers (profil minimum)
Echelle: 1/50
Fig 5.
D, D' Tuyaux (diamètre 150 m/m) percés latéralement pour la distribution de l'eau sur la longueur de la galerie