Captation des eaux de la carrière de Beauregard près Fribourg

Autor(en): **Fraisse, A.**

Objekttyp: **Article**

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

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

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-306757

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

CAPTATION DES EAUX

DE LA

CARRIÈRE DE BEAUREGARD

PRÈS FRIBOURG

par **Ad. Fraisse,** architecte, conseiller communal et directeur de l'Edilité.

(Voir planche III.)

1° Ancienne source de la carrière, cause de l'infection.

Lorsque, quittant la rue de Romont, à Fribourg, on suit la route cantonale qui conduit à Romont, on passe devant les carrières de molasse et devant la grande Brasserie de Beauregard ; on a à sa gauche un profond ravin, puis ensuite la jolie propriété de M. Hogg, Monséjour, avec son gracieux étang, ses kiosques et ses canaux aériens.

Au pied du talus de la route, à environ 17 mètres au-dessous de celle-ci, se trouve l'entrée d'une galerie souterraine qui se dirige par dessous la route dans la direction de la carrière, sur une longueur de 60 mètres. Au bout de ce tunnel correspond un canal qui amène des eaux paraissant provenir de la direction sud, parallèle à peu près à celle de la route cantonale.

Ce tunnel a environ $1^m,70$ de hauteur sur $0^m,90$ de largeur et, depuis 250 ans, il captait les eaux qui suintent de toutes parts et celles qui lui étaient fournies par le canal collecteur. Au moyen d'une canalisation

en fonte, ces eaux étaient amenées en ville et alimentaient la fontaine des Grand'places, celle de la ruelle de St-Pierre, la fontaine près du square des Places, les deux fontaines de la rue des Alpes et enfin celle qui se trouve devant la Maison-de-Ville.

Quelque temps après que la Brasserie de Beauregard eut commencé sa fabrication, on s'aperçut avec étonnement que la qualité de l'eau avait changé, qu'elle était infectée par des matières organiques en décomposition ou en fermentation, et cette infection était telle que l'eau n'était plus du tout potable. Lorsqu'on la laissait en repos pendant quelques heures, il s'y formait un dépôt visqueux semblable aux œufs de grenouilles ou à du marc de vinaigre ; si on laissait ce dépôt séjourner à l'air, il devenait brun, puis noir.

Il fallut abandonner cette eau et la Ville dut prendre, pour alimenter les fontaines ci-dessus indiquées, l'eau de la Société des Eaux et Forêts et payer un abonnement de 2600 francs par an.

On crut un instant qu'un nettoyage complet et une désinfection à la chaux vive du tunnel où se réunissaient les eaux suffiraient pour faire disparaître les causes d'infection. Il n'en fut rien et, malgré tout, ce malheureux état de choses persistait.

L'autorité communale ne pouvait, de gaîté de cœur, abandonner cette source sans chercher à élucider la question de savoir si la Brasserie de Beauregard pouvait être prise à partie, car une opinion généralement accréditée dans le public et même dans le monde scientifique tendait à expliquer ce phénomène par le fait que, les égoûts de la Brasserie ayant imbibé la masse du sol de matières organiques, les eaux de cette source, qui sont captées dans ces mêmes terrains à une grande profondeur, pouvaient fort bien avoir été altérées.

Dès lors, le Conseil communal entra en relations avec la Brasserie de Beauregard et il fut résolu que la question serait soumise à trois experts, nommés d'un commun accord.

Ces trois experts furent MM. Gremaud, ingénieur cantonal, Crausaz, directeur des Eaux et Forêts, et Spörri, directeur de la Fabrique de lait condensé de Guin.

Je cite ci-après les passages les plus intéressants de leur rapport.

2° Extrait du rapport des experts.

Les 28 avril et 14 mai 1884, les experts ont visité minutieusement la galerie de captation de la source, et ils ont constaté ce qui suit (voir pl. III, fig. 3) :

La partie *VHG* de la galerie est voûtée. Les pieds-droits sont taillés dans la molasse et la voûte est formée de gros moëllons qui paraissent avoir été posés à sec, à moins que les joints n'aient disparu. Cette partie de la galerie a une hauteur de $1^m,50$ à $1^m,80$.

Du côté gauche, en montant, la paroi présente des amas de matières rougeâtres en plus grand nombre que du côté droit.

La voûte n'offre que fort peu d'infiltrations d'eau, mais elle a de nombreuses stalactites calcaires recouvertes d'une matière noire.

De *G* en *Q* et *P*, la galerie, beaucoup plus petite, est couverte par places avec des dalles. Les pieds droits sont maçonnés à sec avec de gros moëllons irréguliers. Le fond en est inégal ; en quelques endroits, il y a des dépôts de terre glaise et de sable.

Cette partie de la galerie, qui a $1^m,00$ de hauteur sur $0^m,40$ à $0^m,60$ de largeur, présente quelques éboulements. L'accès en est relativement difficile.

Sur le trajet de cette petite galerie, il n'a pas été constaté d'infiltrations par les parois, ni aucun dépôt rougeâtre ou noirâtre.

En arrière du point *P*, il y a un approfondissement formant bassin, où l'eau est pour ainsi dire stagnante. Le fond est recouvert d'un dépôt vaseux, sur une épaisseur de $0^m,30$ à $0^m,50$, chargé de *schizomycètes* sous forme gélatineuse et filamenteuse (1).

I. Expériences.

La galerie de la source *GP* passe sous le canal-égoût *CDEF* de la Brasserie, il était donc important d'examiner s'il y a communication directe entre ces deux conduits. A cet effet, les experts ont eu recours à trois catégories d'expériences différentes :

1° Coloration de l'eau dans le canal de la Brasserie ;

2° Saturation de l'eau dans le même canal avec du sel ;

3° Expériences mécaniques consistant à faire passer une grande quantité d'eau dans le canal, afin de provoquer une pression contre les parois et, cas échéant, d'augmenter le débit de la source.

1° *Coloration.* Le 28 avril, les experts ont fermé le canal de la Brasserie à l'orifice de sortie du regard *E*, afin d'obtenir une certaine pression du liquide et aussi pour séparer ce canal en deux tronçons.

Le liquide ainsi emmagasiné dans le canal, du regard *E* en amont, a été très fortement coloré à l'aniline violette.

La distance verticale entre le canal et la galerie étant de $10^m,48$, si l'on admet une vitesse maximale de filtration de

(1) D'après une analyse microscopique faite par M. le Dr Favre sur un échantillon de cette matière, ces schizomycètes sont du genre Crenothrix, Cladothrix et Beggiatoa. Cette analyse a été communiquée par son auteur à la Société fribourgeoise des sciences naturelles.

$0^m,00015$, l'eau colorée ne pouvait pas arriver dans la galerie en moins de 20 heures.

Néanmoins, on a recueilli des échantillons d'eau dans la galerie dès la première heure, puis 10 heures plus tard, et, les jours suivants, le matin et le soir. Aucun des 27 échantillons d'eau recueillis ainsi n'a présenté de coloration apparente.

Le 14 mai, les experts ont fait une nouvelle expérience de coloration à l'aniline sur le trajet *EFR* du canal, donc cette fois en y comprenant l'aqueduc à radier pavé, sous la route cantonale. L'orifice d'écoulement au point *V* a préalablement été fermé au moyen du bouchon à ce destiné, en sorte que la galerie a été remplie et que l'eau devait s'échapper en déversoir par la cheminée qui forme la tête de la dite galerie.

Dès les 11 heures du jour, il a été versé successivement 6 litres d'aniline dans le canal par les regards *E* et *F*. Dans les canaux, l'eau est restée parfaitement colorée jusque bien avant dans la nuit suivante.

Les échantillons d'eau ont été recueillis comme lors de l'expérience du 28 avril, mais il n'a de même pu être constaté de coloration apparente de l'eau de la source.

Du 20 mai au 30 juin, les experts ont fait constater journellement l'état de la galerie.

Les expériences faites par MM. Boéchat et Bourgknecht, pour savoir si les schizomycètes ont une influence décolorante sur l'aniline, ont donné un résultat négatif.

2° *Saturation.* Le 30 juin, il a été versé 100 kil. de sel dans le regard *D*. Ce sel était contenu dans des sacs, afin d'éviter qu'il ne fût emporté par le courant avant sa dissolution. Il a été pris journellement des échantillons d'eau dans la galerie jusqu'au 5 juillet. Les six échantillons recueillis ainsi ont été envoyés à un chimiste étranger qui ne connaissait en aucune façon l'objet de la difficulté.

Sur les six échantillons, l'analyse chimique a démontré que trois (Nos 0, 4 et 5) présentaient les caractères d'une eau potable sans mélange de corps étrangers nuisibles à la santé. Les trois autres, par contre, Nos 1, 2 et 3, contenaient une quantité sensible d'ammoniaque, ainsi que des infusoires. L'eau avait un goût putride.

Mais l'analyse n'a fait découvrir aucune trace de chlorure de sodium.

3° *Submersion.* Les experts ont surélevé le déversoir dans la cheminée *V* et ils y ont placé un tuyau d'un diamètre tel qu'il pût débiter quelques litres de plus que la source ne donnait, en sorte que la plus légère augmentation dans le débit devait se traduire par une sensible surélévation du niveau de l'eau dans la cheminée. La source a été ensuite jaugée plusieurs fois, son débit était de 150 litres à la minute. — Un repère fixe a été placé au niveau de l'eau.

Ces opérations préliminaires terminées, le robinet de la Société des Eaux et Forêts a été ouvert en plein dans la Brasserie. Il a fourni, de 6 heures du soir à 7 heures du matin, soit pendant 13 heures, 160,800 litres d'eau dans le canal de la Brasserie ou 206 litres à la minute.

Les observations et jaugeages faits ensuite de cette expérience, n'ont donné aucune augmentation dans le débit de la source, bien que quelque temps auparavant il soit tombé une quantité de pluie considérable.

Il résulte des expériences qui précèdent que les experts n'ont pu constater aucune infiltration directe du canal-égoût de la Brasserie dans la galerie de la source de la Ville. Si le canal de la Brasserie n'est pas absolument étanche, il ne peut présenter de fuites sérieuses que par la couverture dallée, car même à supposer qu'il y ait quelques fissures au fond et aux parois, elles seraient rapidement fermées à l'accès de l'eau par les matières solides en charriage.

Les experts estiment que, sur le trajet du canal, les

infiltrations ne sont guère possibles ; si toutefois elles existent, ce ne sera que dans l'aqueduc sous la route, au point de raccordement du dit aqueduc avec le regard *F* et peut-être sur le trajet *FZ*.

II. Provenance des schizomycètes.

Afin d'obtenir quelques données sur l'endroit où se forment les schizomycètes signalés, les experts ont remonté le cours de l'eau dans la galerie en observant attentivement les matières charriées.

La galerie avait préalablement été vidée et nettoyée autant que possible.

Des sacs en mousseline ont en outre été placés aux points *P* et *Q*.

Ces expériences ont démontré que la formation de ces végétaux n'a pas lieu en aval du point *P*. Dès ce point *P* en amont, la galerie se rétrécit considérablement et devient inaccessible.

Il n'a donc pas pu être constaté où se trouve exactement le foyer de la génération des schizomycètes.

Pour être fixé sur ce point, il faudrait rendre possible l'accès de la galerie en arrière du point *P*, soit par un agrandissement du tronçon *GP* et au-delà, soit en creusant un puits à ciel ouvert vers ce dernier endroit.

Il serait assez difficile de déterminer à la surface du sol l'endroit convenable pour le creusage du puits, attendu que le tronçon *GP* de la galerie étant inaccessible à la boussole, son tracé sur le plan n'a été fait que selon une direction approximative.

—

Du 28 avril au 11 novembre 1884, l'orifice inférieur d'écoulement à la tête de la galerie de la source (en *V*) est resté fermé, afin que, la galerie restant pleine, les experts

pussent se rendre compte de la quantité de dépôts qui s'accumulent au fond dans un temps donné.

Le 11 novembre, ils ont fait une dernière inspection des lieux : ils ont constaté dans la galerie (après l'avoir vidée) une odeur d'hydrogène sulfuré identique à celle qui se dégage de certains regards du canal de la Brasserie. Les parois de la galerie et le fond étaient recouverts de schizomycètes. Le fond présentait un dépôt noirâtre semblable à ceux que l'on rencontre dans les regards du canal de la Brasserie. Ce dépôt avait une puissance variant entre 20 et 50 centimètres.

—

Les substances organiques qui arrivent par infiltration dans les sources ne pénètrent généralement le sol que très lentement. Ainsi, lorsque le typhus a éclaté à Russikon en juin dernier, il a été constaté qu'au mois de janvier 1884, on avait enfoui les cadavres de deux veaux à une distance de 45 mètres du réservoir général d'alimentation d'eau. La conduite d'amenée passe sous la fosse creusée pour les cadavres de ces veaux. On a attribué, ensuite d'examen de l'eau, la cause de l'épidémie à ce fait dont les conséquences ne se sont fait sentir que 6 mois plus tard (1).

Un fait analogue s'est présenté dernièrement au village de La Vallée (2).

Le genre de schizomycètes qui existent en si grande quantité dans la source de Beauregard, se trouve, selon le Dr Zopf, dans les eaux de sources stagnantes, dans les eaux courantes ou stagnantes riches en substances organiques, telles que certaines eaux industrielles.

La présence de ces végétaux dans les eaux de Berlin, de Lille et de quelques villes russes a occasionné de véritables calamités. Dans les grands réservoirs de Berlin, ils se sont

(1) Voir *Gazette de Lausanne* du 16 juin 1884, n° 141.

(2) Voir la même *Gazette* du 4 décembre 1884, n° 288.

développés en si grandes quantités, qu'ils formaient plus de la moitié d'un dépôt vaseux de plusieurs pieds de hauteur.

Selon le Dr Zopf, les schizomycètes en général se développent avec facilité sur les excréments des hommes et des animaux, sur les cadavres. Ils prennent facilement les caractères des parasites et occasionnent, comme tels, dans les organes de l'homme et des animaux des maladies infectieuses, telles que la diphtérie, l'inflammation de la rate, le typhus, la tuberculose, des maladies de la peau et des organes de la génération, etc., etc.

Résumé.

Les experts ont constaté, d'un côté, que les eaux de la source de la Ville contiennent des matières infectieuses, matières que l'on retrouve dans le canal de la Brasserie.

D'un autre côté, les expériences auxquelles ils se sont livrés, concernant les fuites du canal de la Brasserie, ont donné des résultats négatifs. Il reste à examiner d'où proviennent les causes de l'infiltration des substances nocives.

Ils estiment que la première cause provient du bassin de Beauregard. Ce bassin est formé par les rochers de la carrière, les terrains sur lesquels sont bâties la Brasserie et les maisons qui l'avoisinent du côté sud-est et nord-ouest. Les eaux industrielles, météoriques et ménagères qui ne sont pas évacuées par les canaux, s'infiltrent dans le sol et pénètrent partiellement dans la source, où elles déposent, après un certain temps, des matières organiques en décomposition. L'infiltration est facilitée par la nature essentiellement perméable de ces terrains en majeure partie formés des déblais provenant de l'exploitation de la carrière.

Ce bassin n'a pas d'écoulement. La Ville aurait dû procurer depuis longtemps cet écoulement, non seulement au point de vue de la salubrité, mais aussi pour faciliter l'exploitation de la carrière.

Il a existé sur ces terrains une porcherie. Les chambres de la carrière elles-mêmes sont remplies d'eau stagnante dans laquelle s'écoulait une partie des eaux de la Brasserie et où encore maintenant se trouvent des substances organiques et même des déjections humaines.

La seconde cause, mais la cause déterminante, selon l'avis des experts, se trouve dans les eaux de la Brasserie Beauregard qui doivent s'infiltrer actuellement et qui ont dû s'infiltrer avant et après la construction du canal de la Brasserie. L'infiltration peut aussi exister au regard *F* et dans l'aqueduc sous la route cantonale, comme il a été dit plus haut.

Malgré les conditions défavorables dans lesquelles la source Beauregard se trouve actuellement, il serait regrettable de l'abandonner. Cette source débitait encore le 11 novembre, après une sécheresse prolongée, 113 litres à la minute.

Il faudrait examiner s'il n'y aurait pas lieu de capter ces eaux de manière à les isoler des causes d'infection et de les conduire dans des tuyaux absolument étanches, où l'infiltration de substances nocives soit impossible. Il est clair qu'avant l'exécution de travaux coûteux, il faudrait s'assurer du débit de la source dans ces nouvelles conditions de captation et de conduite.

Conclusions.

De l'exposé qui précède, les experts concluent comme suit sur les questions qui leur ont été posées :

1° La source de la Ville, par sa captation et la construction vicieuse de sa galerie, reçoit des eaux non potables et renfermant des substances organiques en décomposition. Elle se trouve par le fait exposée à des causes multiples d'infection ;

2° Les eaux de la Brasserie Beauregard ont très probablement déterminé l'infection qui existait déjà à l'état latent ; les miasmes et les infiltrations de la Brasserie ont, selon l'avis des soussignés, été le ferment qui a déterminé l'infection de la source (1).

Fribourg, le 15 décembre 1884.

Les experts :

(Signé) **J.-S. Spörri, Gremaud, S. Crausaz.**

Cette expertise démontrait donc clairement que l'eau de la source était infectée, mais elle ne prouvait pas positivement que la cause directe provînt de la Brasserie.

Des analyses ont, en outre, été faites par :

1° MM. Favre, docteur, à Fribourg ;
2° Boéchat et Bourgknecht, pharm., à Fribourg;
3° H. Cuony, pharmacien, à Fribourg ;
4° Schwarzenbach, professeur, à Berne ;
5° Diestzsch, chimiste cantonal, à Zoug ;
6° Fischer, professeur, à Berne.

Toutes ces analyses concordent en général à trouver que les échantillons d'eau de la carrière répandaient une odeur nauséabonde. Au contact de l'air, cette eau se colorait en jaune. Elle est recouverte d'une pellicule fine à reflets irisés. En enlevant cette pellicule, on trouve, au-dessous, un amas de matières gluantes, visqueuses. Soumise au microscope, cette matière visqueuse présente une masse d'infusoires de toutes formes et grandeurs de la famille des schizomycètes, se mouvant avec plus ou moins de rapidité et provenant de la décomposition de matières organiques en suspension

(1) Il est regrettable que l'on ne possède pas une analyse de l'eau avant la construction de la Brasserie.

dans l'eau. Ils amènent la décomposition putride de celle-ci, la rendent impropre aux usages domestiques et culinaires et dangereuse pour la santé publique.

Le cadre de notre *Bulletin* ne me permet pas de détailler ces analyses et de les citer en entier ; la conclusion est que ces matières organiques en décomposition proviennent très probablement de la Brasserie, mais cela sans affirmation positive.

Le Conseil communal n'était pas suffisamment armé pour intenter une action en dommages-intérêts à la Brasserie Beauregard et il a préféré prendre avec elle un arrangement à l'amiable, par laquelle celle-ci s'engageait à contribuer plus tard pour une somme de 1000 francs aux travaux qui seraient exécutés pour la captation de nouvelles sources.

L'eau des fontaines desservies par la source de la carrière était donc infectée et ne pouvait plus être utilisée. Depuis cette découverte fâcheuse, l'Edilité, pour la remplacer, a introduit, dans les conduites de la Ville, l'eau de la Société des Eaux et Forêts. Cette transfusion s'est opérée devant l'écurie de la cure de St-Pierre, rue du Tir.

Cet abonnement d'eau coûtait annuellement 2600 francs à la Ville.

3° Projet de captation.

L'eau qui remplit continuellement les creux de la carrière et qu'on est obligé de pomper constamment pendant l'exploitation de la molasse bleue, m'a persuadé qu'il y avait là une nappe d'eau permanente.

J'ai pensé qu'en captant cette eau pour la conduire en ville, je ferais d'une pierre deux coups.

D'abord, je supprimerais les travaux coûteux et onéreux d'épuisement journalier des creux de carrière.

Les carriers seraient à même d'exploiter à sec, ce serait pour eux un grand avantage, qui pourrait se traduire pour la Ville par une augmentation des recettes de location.

En second lieu, cette eau qui gêne actuellement l'exploitation, remplacerait avantageusement l'eau infectée à laquelle nous avions dû renoncer.

En dernier lieu, le budget de la Ville serait allégé chaque année de 2600 francs d'abonnement payé aux Eaux et Forêts pour alimenter nos fontaines.

Sur ces bases, j'étudiai un projet de captation, je fis des nivellements, et, au mois de mars 1885, je le soumis au Conseil communal.

Pour ne pas fatiguer les lecteurs par des détails et des chiffres inutiles, je donnerai de suite les longueurs qui ont été exécutées et non celles qui ont été prévues.

Ce projet consistait :

1° à construire un tunnel, long de 138 mètres, qui se soude à l'extrémité de l'ancien tunnel, au point *G*, et rejoint une cheminée *J* devant le front des carrières (voir pl. III, fig. 3).

2° Depuis cette cheminée *J*, un embranchement long de 70 m. se dirige vers la gauche, le long du front de carrière, jusqu'au rocher *O*. Un raccordement *UX* de 13 m. de long traverse le fond du creux Fischer et va jusqu'au rocher du front de carrière ;

3° Depuis la même cheminée *J*, un autre embranchement de 49 m. de long se dirige vers la droite jusque contre le rocher *M*, traversant ainsi le creux Winkler ;

4° Construction de la cheminée *J* de $1^{m},50$ de diamètre et 11 mètres de profondeur.

L'ensemble du tunnel forme donc une longueur totale de 271 mètres.

Sa hauteur intérieure est de $1^m,80$ et sa largeur de $0^m,90$ à la naissance de la voûte et $0^m,80$ au radier (voir pl. III, fig. 1).

L'eau captée sur la longueur *ON* du front de carrière, à une profondeur de 10 à 12 mètres, est amenée en ville par une conduite étanche, destinée à alimenter les fontaines et posée contre les parois du tunnel *VJ*, à partir du point *M* seulement.

Le devis s'élevait à fr. 21,000.

Le Conseil communal prit le projet en considération ; mais, avant d'en décider l'exécution, il voulut le mûrir et l'examiner sous toutes ses faces.

Il ordonna d'abord une analyse des eaux que l'on pouvait recueillir dans cette région de la carrière.

Cette analyse, faite par M. Hochstettler, chimiste, pouvant vous intéresser, je la cite textuellement :

Fribourg, le 31 décembre 1884.

TIT. CONSEIL COMMUNAL DE LA VILLE DE FRIBOURG.

Monsieur le Syndic et Messieurs,

Chargé par lettre du 26 courant de procéder à une analyse des eaux de la carrière, je me rendis le 27 courant chez M. Ad. Fraisse, architecte ; après avoir pris connaissance des plans et devis concernant le projet d'amener, au moyen d'un tunnel, les eaux de la carrière en ville, nous nous rendîmes sur place pour prendre, en divers endroits, les échantillons d'eau à analyser.

Par une température de — 1°, l'eau d'une source abritée avait une température de + 9° ; le bassin souterrain, alimentant les sources, est donc situé à une profondeur telle qu'il échappe aux influences extérieures et donnera, comme on dit vulgairement, de l'eau chaude en hiver et froide en

été. L'eau de source de la carrière est parfaitement claire, insipide, inodore, incolore ; la moyenne de 3 évaporations me donna pour résultat *350* milligrammes de résidu fixe par litre. Comme, avec même 500 milligrammes de résidu fixe, une eau est encore très potable et que d'ailleurs ce résidu est formé principalement de carbonate de chaux (les chlorures et sulfates alcalins-terreux ne s'y trouvant qu'en très faible proportion), je trouve le résultat favorable, d'autant plus que ce résidu, blanc-grisâtre, surchauffé, n'a dégagé aucune odeur indiquant la présence de matières animales ; la couleur même du résidu fait supposer une faible proportion de *matières organiques*. Je n'en trouvai, en effet, que *25 milligrammes* par litre, ce qui est un chiffre très admissible.

Je constatai ensuite l'*absence d'acide azoteux* et des *traces* seulement d'*ammoniaque* et d'*acide azotique*.

J'ai déjà fait sur l'eau de la carrière en question plusieurs essais avec le microscope ; jusqu'à aujourd'hui, je n'ai pu que constater l'absence complète de tout être animé infiniment petit dans ces eaux ; mais ces êtres microscopiques (bactéries, vibrions, monades, etc.) ne se forment et se développent que plusieurs jours après la prise d'eau à la source ; je me propose de continuer mes essais au microscope et de vous en communiquer plus tard les résultats. S'ils continuent à être favorables, je crois que la carrière fournira à la ville une *bonne eau potable*. J'ai l'honneur, Monsieur le Syndic et Messieurs, de joindre à mon rapport un petit tableau comparatif, incomplet il est vrai, mais qui aurait bien son importance et son utilité s'il était achevé.

Agréez, etc.

(Signé) **J. Hochstettler, chimiste.**

	Eau de source de la Carrière	Fontaine de la Neuveville (Ours)	Grand-Fontaine	Fontaine de la Planche supér.
Dates	27 déc. 1884	17 août 1881	20 août 1881	23 août 1881
Température de l'air » de l'eau	— 1° + 9°	+ 17° + 15°	+ 19° + 16°	+ 18° + 15°
Propriétés physiques .	Limp., inodore	Limp., inodore	Limp., inodore	Limp., inodore
Quantité de substances organiques par litre	0gr,025	0gr,045	0gr,029	0gr,027
Quantité de résidu fixe par litre	0gr,350 Blanc-grisâtre	0gr,510 Gris-brun	0gr,485 Gris clair	0gr,495 Gris
Ammoniaque	Trace	Trace	0	Trace
Acide azotique . . .	0	Trace	0	Trace
Acide azoteux . . .	0	0	0	0
Essais au microscope	0	0	D'abord 0, 8 jours plus tard monades de la forme *	Au bout de 10 jours monades et vibrions de la forme *S
Observations	L'année a été exceptionnellement sèche; quelques pluies en automne	2 mois de sécheresse ont précédé la prise d'eau	Id.	Id.

Le Conseil général, de son côté, nomma une commission composée de MM. A. Fraisse, conseiller communal; Bise, commissaire général; Gremaud, ingénieur cantonal, et Bugnon, dentiste, chargée d'examiner ce projet et de faire rapport.

Ce rapport contient des données très intéressantes sur les expériences auxquelles cette commission s'est livrée pour s'assurer de la quantité d'eau probable. Je ne puis m'empêcher de vous en citer quelques passages :

..... Il fut donc décidé de faire vider les deux creux de la carrière pour connaître la provenance des eaux et leur débit.

A cet effet, une locomobile de la force de 8 chevaux, avec pompe centrifuge, fut installée au bord du creux exploité par M. Winkler ; des chéneaux en bois, d'une longueur de 140 mètres, ont été placés depuis la pompe jusqu'au canal de la Brasserie de Beauregard, à 22 mètres de la route cantonale, afin d'éviter que les eaux ne se déversent sur le plateau de la carrière et ne rentrent dans le creux d'épuisement.

Après quelques jours de travail et arrivé au point où la pompe à vapeur ne pouvait plus aspirer, l'épuisement fut continué et terminé au moyen d'une pompe en bois, manœuvrée par des ouvriers qui travaillaient jour et nuit en se relayant.

Lorsque le fond du creux fut à peu près à sec, il fut percé dans le dernier banc de molasse, au moyen de baramines, 4 trous d'une profondeur de 3 et de 4 mètres. Dans deux d'entre eux, il fut pratiqué des explosions de dynamite, afin de disloquer le roc et d'agrandir les fissures qu'il renferme. L'eau que l'on voyait sourdre déjà pendant le percement des trous se produisit alors en grande abondance. D'autre part, on voyait, dans la paroi du côté ouest, une fissure

verticale d'où s'échappait un filet assez important. On voyait aussi couler l'eau le long des parois et surtout des fissures horizontales.

Le creux mesure 15^{m},70 de longueur sur 8^{m},15 de largeur, ce qui donne une surface de 128 mètres carrés. Pendant le temps de l'épuisement, des observations ont été faites le soir en arrêtant la pompe et le matin, avant de la mettre en mouvement. Après l'épuisement, il a été observé, de même, de quelle hauteur le creux se remplissait chaque jour. La moyenne de toutes les observations a donné pour ce creux un rendement de 35 à 40 litres à la minute.

Après ces constatations, la pompe fut installée près du creux exploité par M. Fischer. Les chéneaux ont été placés de manière à conduire l'eau, cette fois, dans un puits perdu dans lequel les entrepreneurs de la carrière la dirigent lorsque l'exploitation des bancs inférieurs les obligent à s'en débarrasser par un épuisement continu. Ce puits est situé au pied de la paroi de rocher, à 24 mètres du creux de M. Winkler et à 48 mètres du creux de M. Fischer.

Mais avant de faire fonctionner la pompe, il fut procédé au jaugeage des eaux de l'ancienne source et au repérage de leur niveau dans le réservoir, afin de constater si les eaux jetées dans le puits perdu se rendaient dans cette source. Le jaugeage a donné 110 litres à la minute.

Les mêmes opérations ont été faites pendant les journées où la pompe d'épuisement a fonctionné. Mais, chose remarquable et qui nous a surpris au plus haut degré, les eaux de l'ancienne source n'ont pas été troublées, le niveau du réservoir est resté absolument stationnaire et le jaugeage n'a pas accusé la moindre augmentation, malgré la masse d'eau, que l'on peut évaluer à 700 litres à la minute, qui a été déversée pendant 3 jours dans le puits, perdue et répandue en partie sur le plateau de la carrière. Cette constatation nous a démontré à l'évidence que ce ne sont pas les

eaux de la carrière qui alimentent l'ancienne source et que ces eaux ont leur écoulement dans une autre direction.

Après l'enlèvement de la pompe à vapeur, celle en bois a été installée pour terminer l'épuisement ; 4 trous ont pareillement été percés avec la baramine à 3 et 4 mètres de profondeur ; leur rendement a été plus considérable que celui des trous pratiqués dans le creux de M. Winkler : il a été tel, que la pompe n'a pu parvenir à écouler les eaux à mesure qu'elles se produisaient et que M. Fischer a dû renoncer à extraire les bancs du fond du creux, qu'il se proposait d'enlever.

On a fait les mêmes observations qu'au creux précédent, en mesurant chaque jour l'élévation du niveau de l'eau et en répartissant l'augmentation du volume sur le nombre d'heures écoulées entre deux observations. Bien que les dimensions de ce creux soient moindres que celles du premier ($12^m,50 \times 9 = 112^m,50$), son rendement a été plus considérable : il est de 40 à 45 litres à la minute. On a ainsi, pour les deux creux, un débit de 75 à 85 litres à la minute, pour une longueur de 17 mètres de front de la carrière.

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, les carriers affirment que l'écoulement se produit dans les mêmes conditions, par les fissures horizontales, sur tout le front de la carrière, qui mesure une longueur de 215 mètres.

Nous croyons donc ne rien exagérer, si nous nous basons sur ces affirmations et sur les résultats obtenus, en admettant que le débit total sera d'environ 200 litres à la minute. L'ancienne source ne donne que 110 à 120 litres.

En présence de résultats aussi satisfaisants, votre commission a été unanime à se prononcer pour l'exécution des travaux projetés, en combinant ceux-ci de manière à procurer du même coup l'assainissement de la carrière, réclamé depuis si longtemps par les carriers, et qu'elle juge nécessaire pour faciliter son exploitation.

Elle a d'autant moins hésité à se prononcer dans ce sens que, parmi les personnes qui ont suivi ses opérations, aucune n'a manifesté de doute sur la réussite des travaux, que toutes, au contraire, sont persuadées de l'abondance des eaux et que la population du quartier intéressé se prononce énergiquement pour la conservation de la conduite de Beauregard.

Le rapport de la commission concluait à l'adoption du projet et à l'allocation des crédits nécessaires.

Il fut adopté par le Conseil général, dans sa séance du 21 septembre 1885. Dès ce moment, on entra dans la période d'exécution des travaux.

4° Exécution du tunnel.

A la suite d'un concours public, les travaux furent adjugés à M. Ant. Antiglio, entrepreneur, à Fribourg, le 14 janvier 1886.

Ce dernier se mit activement à l'œuvre. Après un labeur pénible, dangereux, à la lueur des lampes, privé d'air et de lumière, dans la boue jusqu'aux genoux, luttant contre le poids énorme des terres délayées et détrempées, étayant au fur et à mesure de l'avancement et disputant l'espace pied par pied, pouce par pouce, il acheva son œuvre 18 mois après.

Il ne pouvait avancer plus rapidement, car l'excavation ne pouvait se commencer que sur le point d'aval. S'il avait voulu entamer sur 2 points à la fois, le puits d'amont, n'ayant pas d'écoulement, se serait rempli d'eau et les ouvriers n'auraient pu y descendre. Il a travaillé sans relâche jour et nuit, les dimanches exceptés. Deux escouades d'ouvriers, l'une pour le jour l'autre pour la nuit, se relayaient toutes les 12 heures.

Sauf Antiglio lui-même, aucun ouvrier n'a pu tenir plusieurs mois de suite dans cet humide souterrain.

Le tunnel n'ayant que $0^m,90$ de large, on ne pouvait mettre que deux ouvriers à l'avancement.

Une voie ferrée, système Decauville, fut établie sur toute la longueur du tunnel et les terres furent amenées dans le ravin de M. Hogg par de petits wagonnets en fer. Lorsque le tunnel s'avança près du front de carrière, les terres étaient imbibées d'eau et le contenu de ces wagonnets n'était plus guère que de la vase.

On essaya alors de vider le creux de carrière de M. Fischer, en faisant passer l'eau de ce dernier, au moyen d'un énorme siphon en fer, dans la partie déjà excavée du tunnel.

L'opération réussit en principe ; mais ce siphon, qui avait 70 mètres de développement, s'obstruait souvent ; il fallait beaucoup de temps pour le déboucher et l'amorcer à nouveau. L'amorçage était une opération qui demandait des soins et de la précision.

Les deux extrémités plongeantes du siphon étaient d'abord fermées au moyen de 2 robinets. Dans la partie culminante de la branche du siphon, on avait ménagé une ouverture qui servait à remplir d'eau l'appareil. Une fois plein, on fermait hermétiquement cette ouverture supérieure, puis, à un commandement donné, on ouvrait en même temps les 2 robinets des extrémités. L'appareil fonctionnait alors et l'eau du creux Fischer s'écoulait par ce long tube dans la partie du canal la plus rapprochée.

Lorsque le tunnel fut avancé jusqu'aux abords du creux, il n'y avait plus possibilité de travailler en galerie souterraine : le terrain était tellement délayé par l'eau qu'on ne pouvait boiser. L'entrepreneur prit alors le parti de forer une série de puits de 10 mètres

de profondeur, solidement boisés. Lorsqu'un puits était arrivé à la profondeur voulue, on construisait, au fond de ce dernier, les pieds-droits et la voûte du tunnel sur l'espace laissé libre. Cela fait, on construisait un autre puits à la suite du précédent, on en jetait les terres dans l'espace boisé de ce dernier ; de cette manière, on arrivait à pouvoir maçonner au fond un nouveau bout de tunnel, et ainsi de suite.

En résumé, cette partie finale du tunnel a été construite à ciel ouvert, à 10 mètres de profondeur, au milieu des difficultés provoquées par l'eau, le poids de la terre et les étayages considérables.

Dans la partie en aval du tunnel, on a partout rencontré le rocher jusqu'à $0^m,30$ ou $0^m,40$ au-dessus du radier. C'était le fond des anciens creux de carrière, lesquels se sont étendus, à partir de l'entrée du tunnel, jusqu'au front actuel de la carrière.

Celui-ci se trouvait donc, à l'origine, à environ 200 mètres plus avant qu'actuellement, et sur tout le trajet parcouru par le tunnel, nous avons retrouvé le fond des creux de carrières et traversé également plusieurs de ces parois de molasse que les carriers laissent subsister entre les creux.

Il n'y a donc aucun doute que toute l'étendue, depuis la route cantonale jusqu'à la carrière actuelle, a été exploitée comme carrière de molasse jusqu'à la profondeur où se trouve actuellement le roc qui sert de radier au tunnel.

Sur ce roc, l'entrepreneur faisait l'excavation assez grande pour pouvoir boiser et étayer les terres.

Dans le vide formé par ce boisage, on devait pouvoir construire la maçonnerie et la voûte du tunnel (voir pl. III, fig. 1). Une grande partie des bois a été perdue, car ils étaient tellement comprimés par le

poids des terres que ce n'est qu'avec des efforts inouïs qu'on en pouvait arracher quelques morceaux mutilés.

Pour éviter des tassements, on remplissait et serrait fortement avec des débris de rocher les espaces *A* laissés libres entre le boisage et la maçonnerie (v. pl. III, fig. 1).

Chose curieuse, un banc de molasse bleue a été oublié dans le temps par les carriers, et nous avons dû en cet endroit percer le tunnel en plein rocher sur un espace de 44 mètres de longueur (fig. 2, *MJ*).

La cheminée *J*, à $10^{m},50$ du front de carrière, est munie d'un double couvert et de marches en fer scellées dans le mur de contour, afin de pouvoir y descendre facilement.

La construction du tunnel nous a démontré que la source d'eau infectée arrive directement des terrains dominés par la Brasserie et que, par conséquent, cette dernière est bien réellement la cause de cette infection. Ainsi que le représente la fig. 3, la petite galerie, que les experts avaient cru se diriger contre la carrière de M. Fischer en *GPS*, se retourne, paraît-il, brusquement vers la droite, et nous l'avons coupée au point *K*. De là, elle remonte directement sous la Brasserie jusqu'en *L*. C'est l'ancienne source infectée, remplie de schizomycètes.

C'est le seul point de toute la longueur du tunnel où apparaît l'eau infectée, et sa provenance ne laisse plus aucun doute sur les causes de l'infection.

Si les experts avaient pu pénétrer plus avant dans cette petite galerie, ils auraient été plus catégoriques dans leur manière de voir et la supposition que l'infection provient du bassin même de Beauregard, vu sa situation et son entourage, serait tombée d'elle-même. Le bassin de Beauregard est parfaitement indemne,

toutes les eaux que récolte le tunnel, du point *K* jusqu'à la cheminée et aux extrémités des embranchements *O* et *N*, sont parfaitement pures ; il n'y a d'autres eaux infectées que celle qui arrive par la galerie *LK* et qui représente la quantité d'eau totale de la source abandonnée. Elle coule sur le radier du tunnel et, depuis là, est conduite souterrainement dans le ravin Hogg.

Un barrage en bois de chêne avec vanne et guichet a été établi en amont de l'arrivée de l'eau infectée, au bout de la partie de tunnel creusée en plein roc. Ce barrage fait refluer l'eau de source jusqu'à une hauteur de $0^{m},90$, puis de là elle s'engage dans un tuyau de terre cuite, supporté par des crochets en fer le long des parois du tunnel, et, à la sortie de celui-ci, elle rejoint les anciens tuyaux de fontaine qui conduisaient autrefois l'eau en ville.

Ces tuyaux, tantôt en fer, tantôt en terre cuite, traversent ensuite tout le plateau de la gare dans un second tunnel qui aboutit à côté du restaurant des Pillettes et, de là, ils arrivent en ville.

Dans l'intérieur du tunnel, l'eau potable, depuis le barrage *M* jusqu'à la sortie *V*, est donc tenue isolée de tout contact avec les parties contaminées, soit du tunnel, soit de l'eau de l'ancienne source.

La première coule dans des tuyaux *Y* imperméables, en terre cuite, vernis à l'intérieur et suspendus à une certaine hauteur contre les parois du tunnel, et la seconde coule sur le radier dans une rigole *W*, tranchée dans le roc, afin d'infecter une moins grande surface et d'avoir un écoulement plus rapide.

A la porte du tunnel, la conduite d'eau potable entre dans un tuyau en fonte, armé d'une percluse d'un système particulier, qui permet de vider toute la conduite et d'envoyer l'eau dans l'étang Hogg.

Le barrage *M* en chêne est muni au bas d'une vanne, qui permet de vider toute l'eau du tunnel qui se trouve derrière, et d'un guichet au-dessus de la prise, qui permet de visiter celle-ci sans entrer dans le réservoir.

J'appelle réservoir la partie du tunnel qui est derrière le barrage, en amont de celui-ci ; car, par suite du peu d'inclinaison du tunnel, le barrage transforme en réservoir toute la partie *MJ* de la galerie souterraine.

Depuis le 22 octobre 1887, les travaux sont achevés ; les fontaines des Places, de la rue des Alpes et de la Maison-de-Ville sont alimentées par l'eau nouvellement captée à la carrière.

Le but cherché par l'exécution de ce travail est pleinement atteint, les carrières sont assainies et les fontaines desservies.

La Ville a dépensé pour ce travail la somme de 26,000 francs ; mais c'est de l'argent placé au 10 %, car elle économise, par le fait même, un abonnement d'eau de fr. 2,600 par an, qu'elle payait à la Société des Eaux et Forêts.

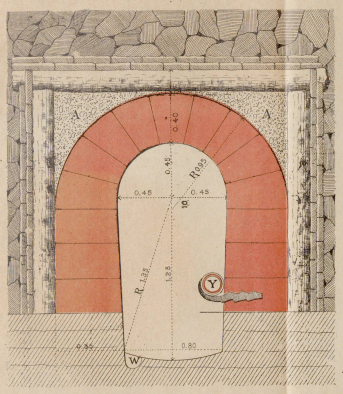
Captation des eaux de la carrière.

PLANCHE N° III

Section du Tunnel

Partie en maçonnerie

Fig. 1

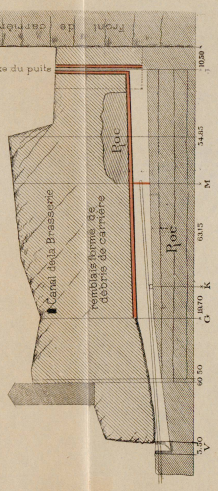


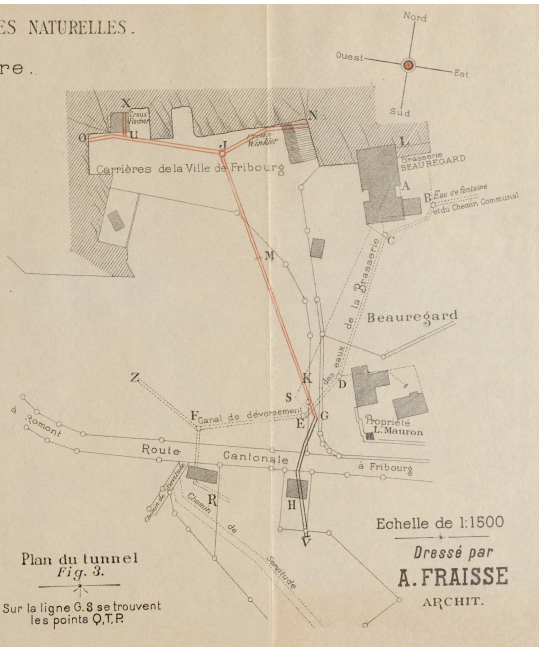
Echelle de 1.25

PROFIL EN LONG DU TUNNEL

Fig. 2

Echelle des hauteurs 1:500
Echelle des longueurs 1:1500





Echelle de 1:1500

Dressé par
A. FRAISSE
ARCHIT.

Plan du tunnel
Fig. 3.

Sur la ligne G.8 se trouvent les points O,T,P.