

Zeitschrift:	Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber:	Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band:	30 (1901-1902)
Artikel:	Observations et particularités techniques, géologiques et hydrologiques relatives à l'établissement du grand barrage de la Sarine, à Fribourg
Autor:	Ritter, G.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-88482

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: 10.02.2026

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

Séance du 11 avril 1902

Observations et particularités techniques, géologiques
et hydrologiques relatives à l'établissement du grand barrage
de la Sarine, à Fribourg

PAR G. RITTER, INGÉNIEUR CIVIL

Quelques notables de Fribourg assistant à l'inauguration du projet des eaux de Neuchâtel, me sollicitèrent en 1867, comme l'un des fondateurs de la Société des eaux de Neuchâtel et directeur technique de la première œuvre qui donna à notre ville de l'eau à domicile à haute pression dans toutes les maisons, chose réalisée alors pour la première fois en Suisse¹, me sollicitèrent, dis-je, de doter leur ville des mêmes avantages et de bien vouloir m'occuper de cette question.

Parcourant les flancs de la Berra, je trouvai sur les escarpements et affleurements du flysch et des terrains tertiaires de cette région d'innombrables sources susceptibles de faire le bonheur de Fribourg, comme alimentation d'eau, soit comme qualité, soit comme volume et surtout comme pression.

Malheureusement, il fallait 600 000 fr. en ces temps d'explosifs coûteux, de fonte à prix élevé et de transports en pays accidenté également fort dispendieux,

¹ Bâle réalisa ce progrès à la même époque avec les eaux de Grel-lingen.

pour réaliser le problème fribourgeois des eaux avec l'ampleur que je lui désirais.

La ville ne pouvant faire cette dépense, vu sa participation aux 40 millions d'emprunt fait par le canton pour créer sa ligne de chemin de fer, il me fut répondu qu'une société des eaux, semblable à celle de Neuchâtel, serait la bienvenue et qu'il lui serait fait des conditions favorables, cas échéant de propositions fermes.

Je demandai deux cents poses des forêts du Burgerwald (côtes de la Berra) comme subvention en lieu et place de subvention sonnante; cela ne se pouvait pas, la ville voulant vendre ses forêts dont inventaire avait été fait et les prospectus des conditions de vente ayant été lancés déjà partout.

J'offris alors de retenir les forêts de la ville au prix d'inventaire et de créer une société des eaux, avec programme de développement industriel très vaste, assurant l'avenir de la cité sous le double rapport des eaux et de la force motrice.

Mes propositions furent acceptées.

Telle est la genèse de la transformation actuelle de Fribourg, qui ne le cède certes, sous ce rapport, à aucune ville suisse, de même que le canton, avec ses 22 000 chevaux de force disponible en ce moment, peut résoudre actuellement sur son territoire tous les problèmes de distribution générale de force, de lumière, de traction de chemins de fer et tramways, d'édilité et d'industrie qui se rattachent à cette branche de l'activité humaine.

Le grain de sénevé que j'ai pu semer se transforme peu à peu en un arbre gigantesque, et les 60 000 chevaux hydrauliques de force théorique totale du canton, dont

je parlais dans une conférence publique faite à Fribourg en 1868, sont en œuvre pour le premier tiers déjà; le reste suivra sûrement avec le temps.

Programme technique.

Le petit plan fig. 1 donne le canevas du programme technique tracé à l'époque, et une convention conclue avec la ville en mai 1869 m'aliénait les 1420 poses de forêts, moyennant l'exécution et l'exploitation d'un vaste projet industriel dit des eaux et forêts et le paiement d'une somme de 1 400 000 fr. à solder pour prix des forêts.

En résumé, le projet comprenait :

- a. La construction d'un barrage sur la Sarine, de 10 m. de hauteur, permettant l'utilisation de toute la force hydraulique de la rivière en ce point-là;
- b. L'installation des engins nécessaires pour l'utilisation de la dite force;
- c. L'élévation d'eau d'alimentation dans un réservoir situé à 160 m. au-dessus de la Sarine et de 6000 m³ de capacité;
- d. L'établissement de filtres dans les graviers de la Sarine, assurant de l'eau fraîche, limpide et pure à l'alimentation.
- e. La conduite maîtresse alimentant la ville devait, tout en assurant la pression nécessaire à l'alimentation, pouvoir distribuer par petits moteurs 350 HP de force à domicile aux abonnés;
- f. Un réseau complet de conduites secondaires avec hydrants et susceptible de pouvoir fournir partout de l'eau à domicile, tant pour l'alimentation que pour la distribution des petites forces prévues ci-dessus;

g. La transmission sur des terrains à niveau de la gare par câbles télodynamiques des forces de la Sarine non absorbées par l'élévation des eaux, forces à utiliser dans des usines à créer par le concessionnaire, ou à vendre à des abonnés au prix du charbon nécessaire pour produire par machines à vapeur la même force sur l'arbre moteur de leurs usines;

h. Enfin le projet prévoyait sur le lac créé par le barrage un établissement de pisciculture et pêcheries, des bains froids et chauds séparés pour dames et messieurs, des écoles de natation, un patinage, des glacières, etc.;

i. La ville abandonnait au concessionnaire les produits de ses canaux d'égout, à charge par celui-ci de les exploiter par irrigation ou par traitement industriel;

k. L'Etat avait de même abandonné au concessionnaire la pêche des 60 lieues de cours d'eau du canton en amont du barrage, moyennant repeuplement et mise à disposition du public dans les viviers de l'établissement de pisciculture de poisson vivant, aux prix courants de la saison.

C'était là un effort assurément intéressant, puisqu'il était basé sur une véritable association de l'initiative privée avec celle des autorités tant cantonales que communales engagées dans le problème. En effet, l'énumération de ce vaste et formidable programme suffit pour se rendre compte du colossal effort fait alors à Fribourg pour mettre cette ancienne et pittoresque cité au niveau de ce qui se faisait ailleurs de mieux en fait de progrès édilitaire et industriel.

Choix du système technique.

Deux systèmes se présentaient pour mettre en œuvre les forces hydrauliques de la Sarine :

1^o Barrer hardiment la rivière réputée dangereuse, puisqu'en quelques heures ses crues subites en portent le débit de 10 ou 20 m. cubes à 1000 ou 1200 m. par seconde¹ et créer immédiatement en aval de l'obstacle une chute de 10 à 12 m. avec usine hydraulique utilisant les 1500 chevaux de l'étiage ordinaire ou les 3000 que l'on pouvait obtenir avec accumulation hydraulique en amont du barrage.

Ou bien :

2^o Etablir une prise d'eau avec seuil bas. Une dérivation de 3 à 4 km. de la Sarine avec sa pente moyenne de 3 % aurait suffi pour produire la même chute de 10 à 12 m. dont j'estimais avoir besoin.

Ce dernier système n'étant pas susceptible d'accumulation, vu l'orographie des lieux, je me décidai pour le premier, malgré les grandes difficultés d'exécution.

Le barrage.

La Sarine est la rivière la plus sinueuse du territoire suisse dans sa traversée des terrains tertiaires depuis Bulle à sa jonction avec l'Aar². Le contour du

¹ J'avais prévu 1000 m³ dans mes calculs comme débit maximum, mais on se récria et les experts appelés pour disséquer mes projets fixèrent à 1300 m³-seconde le volume des hautes eaux de la Sarine en cas de crue exceptionnelle.

² Voir comme exemple la figure qui représente la dérivation de Thusis-Hauterive.

FRIBOURG

ses environs et ses nouvelles entreprises industrielles.

卷之三



1. Cathédrale de St-Nicolas. - 2. Chancellerie. - 3. Hôtel des Postes. - 4. Hôtel de Ville. - 5. Tilleul. - 6. Statue du P. Grirard. - 7. Eglise de Notre-Dame. - 8. Grenette. - 9. Couvent des PP. Cordeliers. - 10. Couvent de la Visitation. - 11. Chapelle Capucins. - 12. Hôtel de la Région. - 13. Temple protestant. - 14. Hôpital bourgeois. - 15. Collège St-Michel. - 16. Chambre. - 17. Lycee. - 18. Couvent des Ursulines. - 19. Maison de force. - 20. Eglise des Augustins.

ruines.-19. Maison de force.-20.

SOCIÉTÉ DE TRANSMISSIONS AÉRIENNES

Autolithos des Taurier Neolithikum

Botzet présentait un point favorable immédiatement en amont de Fribourg pour y asseoir et fonder un semblable massif de maçonnerie en gros béton de ciment (voir fig. 2).

Les dimensions du barrage sont :

Longueur 195 m., y compris les fondations non apparentes rive droite sous le bassin de prise d'eau et leur allongement sous les éboulis de l'escarpement mollassique pour assurer en toute sécurité l'ouvrage contre les érosions en cas de crue intense de la rivière;

Largeur 14 m. en fondation normale pour une profondeur sous l'eau daval de 3 à 5 m. (voir fig. 3 et fig. 4).

Largeur 16 à 18 m. pour une profondeur de fondation de 5 à 8 m.;

Enfin, la largeur de fondation atteint 25 à 26 m. sur une longueur du barrage de 8 à 9 m. là où la profondeur de fondation atteint 10 à 11 m. sous le même niveau de l'eau en aval du barrage.

Au-dessus des fondations, le barrage varie de 8 à 10 m. de largeur à sa base pour finir à 6 m. en couronne sur laquelle passent non seulement les piétons et promeneurs, mais qui sert de déversoir aux eaux lorsque la tranchée de trop-plein ne suffit pas malgré sa largeur considérable de 55 m. à l'entrée et de 30 m. au milieu.

Je fixai ces formidables épaisseurs de fondations pour éviter toute surprise, n'admettant pas que dans un cas pareil le technicien créateur d'une semblable œuvre puisse se contenter de la marge fixée par la pratique pour se garer contre tous les imprévus tels que malfaçons, matériaux de qualités inconnues et décom-

position possible de quelques-uns de ceux-ci, infiltrations, oscillations de l'écorce terrestre, etc., etc.

Le cube du monolithe de béton est de 31 000 à 33 000 m.; il s'arqueboute en arc de cercle contre le rocher des deux rives; sa hauteur maximale est de 20 à 21 m. et 13 m. au minimum.

Sa construction, y compris les fondations de l'usine hydraulique, a exigé plus de 1000 wagons de ciment, fourniture qui a fait le bonheur des fabricants de Noiraigue.

La Sarine, lors de ses crues subites¹, fournissait abondamment les sables, les graviers et cailloux nécessaires à la confection des maçonneries de béton; la rivière les déposait en terrasse tout près des chantiers.

Grâce à des procédés très simples de confection des mortiers et à cet approvisionnement naturel sur place des matériaux par la rivière elle-même, le béton de ciment n'a coûté que 10 à 11 fr. le mètre cube dosé à 250 kg. de ciment par mètre cube. Le barrage en entier, avec sa tranchée de trop-plein de 40 000 m³., le tunnel d'évacuation provisoire de la Sarine percé sous le promontoire du Botzet, enfin avec les formidables épuisements opérés par trois machines à vapeur et une dizaine de pompes, fut exécuté avec une dépense totale de 450 000 fr., alors que des entrepreneurs nous demandaient 1 100 000 fr. pour le construire à forfait. Ceci rapidement indiqué pour les techniciens de notre société que cela pourrait intéresser, passons aux considérations d'ordre scientifique sur lesquelles je crois utile d'attirer votre attention.

¹ Les chantiers ont été submergés une douzaine de fois pendant la construction des travaux hydrauliques.

I. Puissance d'érosion de la Sarine.

Le lac de Pérolles, comme nous l'appelions, formé par la retenue des eaux à l'amont du barrage, s'étendit sur 2500 m. de longueur et fut rempli en 1872 (voir fig. 2). Dès cette année-là, les eaux s'écoulèrent par la tranchée de trop-plein taillée en pleine molasse. Or aujourd'hui, après 30 années, l'usure de la tranchée est d'au moins 1 m. d'épaisseur en moyenne et à son entrée il a fallu, après une dizaine d'années, établir une chaussée de 0^m,80 de hauteur pour compenser l'usure et maintenir le niveau du lac à sa cote normale.

La hauteur des escarpements rongés par la Sarine à Fribourg étant de 100 m. environ, avec une usure semblable et proportionnelle, on arriverait à $30 \times 100 = 3000$ ans de durée. Mais il y a une correction à faire, car la largeur du fond de la vallée était au moins deux fois celle de la tranchée; donc à pente égale l'érosion fut deux fois moins intense et rapide.

D'autre part, l'usure peut être admise approximativement comme proportionnelle à la vitesse, soit à la racine carrée des pentes. Celle de la tranchée est de 1 %; la pente générale de la Sarine est de 3 % ou trois fois moindre, donc usure comme $\sqrt{1}$ est à $\sqrt{3}$; soit 1,75 fois moindre. Ces données auraient donc été de

$$2 \times 1,75 \times 3000 \text{ ans} = 10500 \text{ ans.}$$

Mais un dernier facteur intervient: c'est celui des graviers quaternaires ou galets de la rivière, qui agissent tantôt comme élément protecteur ou surface mollassique contre l'action de l'eau lorsqu'ils sont au repos, tantôt comme facteur d'usure rapide lorsqu'ils

sont en mouvement, témoin les marmites du canal de trop-plein déjà relativement énormes et dont je m'occuperai plus loin.

Des expériences et observations pourraient facilement être faites en certains points de la Sarine à contours brusques, et permettraient de trouver et de fixer un facteur assez approximatif pour être indiqué et appliquée ici; malgré cette lacune j'ai cru utile de donner le résultat chiffré de mes observations sur l'érosion observée, ces données pouvant être de quelque utilité pour d'autres chercheurs.

Les calculs de feu Morlot, l'archéologue bien connu, sur l'antiquité des habitations lacustres, estimée au moyen du cône de déjection de la baie de Montreux qui les recouvrait, avec échelle de mensuration et au moyen des objets romains trouvés dans une zone du même cône au-dessus, étaient sûrement assurément à autant d'imprévu et de facteurs d'erreur possibles que ceux que j'ai l'honneur de vous soumettre.

D'autres calculs semblables, basés sur l'avancement de l'ensablement du lac de Biel depuis la fondation de l'abbaye de Saint-Jean, construite au bord du dit lac au XI^{me} siècle et aujourd'hui distante de près d'un kilomètre de ce même lac, autre échelle au moyen de laquelle on proposa jadis d'évaluer l'âge des palafittes des tourbières en amont de Saint-Jean. Ces calculs sont évidemment d'une approximation aussi problématique que les miens et si je les rappelle c'est pour justifier ma prétention de donner ceux-ci¹.

¹ Le tunnel romain de Hagneck, que le géologue Gressly et moi avons exploré et coupé par celui qu'une société bernoise construisait en 1857 ou 1858 eût permis aussi de calculer l'âge de formation par érosion du blanc-fond du lac de Biel et par suite de la durée des grandes érosions quaternaires des rives sud des lacs de Biel et de Neuchâtel, mais je ne puis m'étendre là-dessus.

La mesure de la durée des érosions du tertiaire de la plaine suisse donnerait approximativement la durée de l'époque quaternaire jusqu'à nos jours, de même que des observations analogues d'usure des roches jurassiques permettraient de calculer la durée d'usure des cluses du Jura ; j'aurai, je l'espère, dans une prochaine communication, l'occasion de donner quelques autres résultats d'observations sous ce rapport.

II. Observations concernant les cavités, marmites et fissures observées dans les travaux hydrauliques de la Maigrauge.

Lors de la mise à nu de tout le travers de la vallée pour y asseoir solidement le massif de béton du barrage, c'est-à-dire mise à nu d'une surface d'environ 5000 m. carrés (demi-hectare), dont la moitié fut piquée en redans pour favoriser l'attache des bétons au sol et empêcher tout glissement de la masse, sous l'effort des 15 millions de kilogrammes qui pèsent contre elle horizontalement d'amont en aval¹, quelques particularités inattendues se présentèrent.

Parmi celles-ci, les marmites perforées dans la mollasse par la rotation de cailloux morainiques entraînés par l'eau tourbillonnant dans leurs cavités et rongeant les parois et le fond de celles-ci furent des plus curieuses.

Je citerai principalement parmi les quelques douzaines de cavités ainsi formées et mises à nu l'une d'elles, la plus remarquable. Elle avait 1^m,50 de dia-

¹ Cette pression horizontale peut être comparée à celle verticale d'un train de 1500 wagons sur un pont de 200 mètres de longueur ou de 50 trains superposés de 30 wagons de 10 tonnes chacun.

mètre, présentait la forme d'un puits cylindrique vertical, aux parois presque parfaites, avec quelques stries horizontales; elle se prolongeait dans la roche du lit à une profondeur telle qu'arrivé à 4 mètres je dus faire cesser le travail de nettoyage que je poursuivais par pure curiosité plutôt que par nécessité technique, ayant pour objet la solidité des fondations du barrage en construction.

Il importe de faire remarquer que la dite marmite se trouvait dans le voisinage assez immédiat d'un approfondissement brusque du lit de la Sarine, où, sous l'influence d'un rapide très prononcé comme penit et d'une forte pression d'eau, les cailloux de volume moyen qui remplissaient la cavité devaient tournoyer avec la dernière aisance et une grande vitesse sous l'influence tourbillonnante de l'eau motrice (fig. 4). Chose encore plus remarquable, le puits-marmite, lors de son curage, était envahi par de l'eau souterraine arrivant de bas en haut, soit par une source jaillissant probablement de ses parois ou de son fond et provenant d'un clivage ou d'un délit de la mollasse atteint par le puits ainsi perforé (fig. 5).

En fait de cavités, nous eûmes la malchance de tomber, en avançant les ouvrages, en un point excavé B (fig. 6), à escarpement brusque A, à parois verticales si hautes, que je dus modifier le tracé du barrage et le reporter plus en amont selon la ligne C D E, au lieu de celle P Q R primitivement fixée.

De plus, dans cet escarpement A, il doit exister des fissures et cavités de dimensions assez considérables, qui donnèrent lieu à des incidents fort étranges dont je parlerai plus loin à propos des saumons qui remontent en assez grand nombre la Sarine.

La mollasse est une roche sédimentaire de nature assez compacte et homogène, présentant peu de fissures, failles ou clivages, ce qui résulte de sa nature plus tendre et moins cassante que celle des roches du Jura et de l'impuissance des efforts orogéniques cependant si formidables de la fin du Tertiaire, à craquer une masse sédimentaire sablonneuse encore molle et se prêtant sans grands bris de structure aux déformations qu'elle a dû subir alors pour prendre son relief actuel.

Toutefois, les rares fissures qui se montrent sont des points d'attaque facile à l'eau affouillante et l'escarpement dont je viens de parler fut précisément dû probablement à un grand clivage qui favorisa l'érosion de la roche du lit de la Sarine en ce point à contour assez brusque.

D'autre part, lorsqu'un clivage se présente dans un rapide, les cailloux roulés par la rivière sont facilement retenus dans les fentes de ce clivage et y engendrent par rotation de nombreuses marmites qui peu à peu prennent de l'importance et parfois forment de véritables chapelets activant l'érosion rapide du lit fluvial.

On peut voir dans le canal de trop-plein du lac de Pérolles une de ces fissures avec une série de marmites en formation, marmites fort irrégulières et déformées par l'irrégularité de la fissure qui les relie.

A l'aval de ce canal de trop-plein se trouvent de nombreuses marmites en formation et période de pleine extension; elles varient de dimensions et atteignent jusqu'à 1 m. de profondeur ou même 1^m,20 et ont de 10, 20, 30 à 50 cm. jusqu'à 1 m. et même plus de diamètre horizontal.

Les fig. 7, 8 et 9 donnent les formes typiques des marmites visibles dans la tranchée du déversoir. La figure 9 représente un chapelet de marmites. Les parois qui les rejoignent disparaissent peu à peu et finalement le tout se transforme en ces surfaces gauches arrondies, se raccordant les unes aux autres à la façon d'un tapis que l'on secoue et laisse retomber sur une surface plane sans le soumettre à une tension par ses bords.

Le type 7, auquel on pourrait donner le nom de marmite en cul de bouteille, résulte du mouvement giratoire de graviers et sables suffisamment petits pour que la force centrifuge les éloigne du centre, ce qui arrive fréquemment.

Le type 8, que l'on peut appeler marmite à fond concave, résulte d'une diminution de vitesse de rotation de la mitraille tourbillonnante qui lui permet de frotter le fond plutôt que les parois, ou bien d'un gros caillou roulé qui ne peut que tourner au centre de la marmite sur son petit axe.

Il fut construit en 1880 une échelle à poissons, donc huit années après la création de la tranchée de trop-plein du lac. Cette échelle est aujourd'hui presque détruite ensuite de la formation rapide de marmites dans chaque gradin. Ces marmites atteignent quelques-unes plus de 1 m. de diamètre et des profondeurs allant jusqu'à plus de 3 m.

Cela prouve avec quelle rapidité l'eau peut user la mollasse et vient à l'encontre de l'opinion de ceux qui se figurent qu'il faut des centaines et des milliers de siècles pour former des ravins et vallons d'érosion comme ceux de la Sarine.

Ici se place, pour terminer ce chapitre des cavités

de la mollasse dans le lit de la Sarine au barrage de Fribourg, l'inénarrable aventure des saumons remontant cette rivière.

Lorsque le remplissage du lac de Pérolles fut effectué, la rivière en aval du barrage fut mise à sec pendant environ dix-huit heures. Dans le lit de la rivière nous vîmes se débattre deux gros poissons d'environ 25 livres chacun : c'étaient deux saumons qui firent les délices de quelques administrateurs de la Société des eaux et forêts et de leurs invités, prélude de ce qui allait arriver.

En effet, quelques jours après, la Sarine s'écoulant par la tranchée de trop-plein du lac et formant une chute de 10 à 11 m. de hauteur, laissait au pied du barrage, dans la partie profonde affouillée, un grand étang ou loquia, dans lequel apparurent bientôt toute une collection de poissons blancs, parmi lesquels aussi des truites et ombres et enfin une trentaine de gros saumons, dont plusieurs individus atteignant 30 livres. Toute la tribu se promenait de temps à autre majestueusement dans l'étang leur servant de réservoir d'arrêt dans leur pérégrination manquée.

La Société de pisciculture, à qui le poisson appartenait, appela à l'aide les pêcheurs de la ville avec leurs éperviers pour s'emparer des superbes échantillons de salmonides si inopinément retenus dans le traîtreux étang.

On s'empara ainsi facilement d'un peu de menu fretin, mais de gros poisson pas trace dans l'épervier, malgré force sueurs et persévérence des pêcheurs. Les saumons réapparaissaient quelques heures après et recommençaient leurs majestueuses promenades. Des chasseurs appelés vinrent et se mirent à l'affût, à

distance, le soir, lorsque le calme régnait et que quelques-uns des géants se hasardaient à reparaître.

Peines et coups de feu perdus, ces nemrods ignorant les lois de la réfraction dans l'eau visaient toujours l'image apparente de la bête et en manquaient constamment le véritable objet; deux ou trois saumons seulement gagnèrent à ce jeu l'un un dos légèrement percé, les autres un bout de la nageoire caudale entamé, ce qui ne les empêchait pas de venir le lendemain narguer de plus belle leurs adversaires déconfits.

Toutefois, pendant une nuit, avec mille précautions, je réussis, en compagnie du garde de nuit, à harponner un jeune étourdi de 18 livres, premier fruit ou résultat de plus de huit jours de luttes avec les vaillants salmonides. De guerre lasse, la partie étant finalement abandonnée par les nemrods et pêcheurs à l'épervier, je me dis qu'il fallait en finir par l'emploi des grands moyens et j'eus recours à la dynamite. Trois cartouches coulées au milieu de l'étang et allumées firent arriver à la surface toute une nappe flottante de poissons blancs et une truite saumonée de 12 livres. Des saumons, pas un seul! Je les croyais repartis pour l'aval lorsque le lendemain nouvelle promenade de quelques-uns des matadors bien connus de la troupe. Nouvelle charge de 10 cartouches de l'explosif immergées plus profondément et soulèvement considérable de l'eau par l'explosion. Résultat : zéro. Ni fretin, dont il ne restait plus trace dans l'étang, ni saumon! On peut juger de l'ébahissement des curieux et de celui qui écrit ces lignes lorsque derechef, deux jours après, les vaillants poissons réapparaissent, et bien les mêmes, puisque

celui au dos percé et celui à l'appendice caudal entamé faisaient partie du cortège.

Ainsi nargué, je recommençai, et cette fois avec une charge de 25 cartouches immergées encore plus profondément, je soulevai toute la masse entière de l'eau de plus de 1^m,50 au centre d'explosion. Vaine tentative! Pas davantage de saumons!

Nouvel essai, cette fois avec 50 cartouches coulées à fond. Explosion véritablement formidable et majestueuse. La lentille soulevée, de 50 m. de diamètre, présentait environ 2^m,50 de flèche en A, au centre, et l'ébranlement circonvoisin fut tel que j'eus, à l'aspect du phénomène, un moment d'émotion et de crainte pour les travaux voisins du barrage et des fondations de l'usine hydraulique. Quant aux saumons, que je croyais pulvérisés cette fois, pas trace ni vestige daucun, et le lendemain, nouveau cortège de ces poissons, plus dispos que jamais à nous narguer.

L'épervier, le fusil, la dynamite, quoi, toute la physique reconnue impuissante, il restait la chimie; ne voulant pas en démordre, je fis venir une dizaine de gros tonneaux, soit deux voitures de chaux grasse, et transformai l'eau de l'étang en un vrai brouet blanc comme lait. Cette fois, la réussite devait être certaine. Vaine attente pendant huit jours. Aucun saumon ne fut atteint, et lorsque l'eau eut déposé et fut redevenue quelque peu claire par l'arrivée souterraine d'eau venant on ne sait d'où, nouvelle réapparition des poissons. Cela devenait stupéfiant. Finalement, je fis venir le célèbre Fasnacht, pêcheur et chasseur de Montilier, avec son grand filet, et nous enveloppâmes la nuit l'étang en entier avec cet engin, puis, après quelques heures d'attente, nous relevâmes au dernier moment et brusquement le mur du filet, là où je me

doutais que les saumons avaient une échappatoire souterraine.

Le succès, cette fois, fut complet. Six formidables pièces, pesant ensemble près de 150 livres, furent sorties de l'eau.

Et dans la nuit et la suivante, nous continuâmes le même jeu, et 30 saumons furent finalement le gain total de cette pêche incroyable et sensationnelle, après laquelle aucun saumon de cette remontée annuelle ne fut aperçu.

Mais l'explication du phénomène des poissons échappant à l'effroyable effet balistique ne peut se donner que comme suit (voir fig. 10) : L'étang était sûrement en communication avec quelque grotte de l'escarpement A, fig. 6, où les saumons se réfugiaient. D'autre part, la communication présentait un étranglement où venait s'arrêter l'effet violent et brusque de l'explosion, alors que l'eau de la ou les cavernes, avec peut-être des poches d'air, étaient à peine soulevée ou influencée par la pression, vu l'étranglement du passage. Il eût fallu placer la dynamite à un moment donné, puis, quelques heures après, une fois les saumons dehors, de loin, y mettre le feu au moyen d'une décharge électrique, mais à cette époque, l'outillage pour une semblable opération manquait ou eût été trop coûteux et eût dû être commandé d'avance, et à la première grande crue nos poissons eussent pris le chemin de la mer pendant que nous eussions attendu les appareils.

Telle est l'histoire absolument authentique et fort curieuse d'une pêche en Sarine, qui ne se reproduira pas de longtemps. Elle valait, je crois, la peine d'être publiée quelque part dans des annales scientifiques.

III. Observations relatives aux charriages de la Sarine.

La Sarine, rivière torrentielle alimentée par les glaciers du Sanetsch et du Wildhorn, traverse, depuis son départ des Alpes séparant le Valais des cantons de Berne et de Vaud, des terrains meubles de diverse nature, très propices à fournir abondamment, lors des crues, des volumes considérables de matières terreuses, graveleuses et arénacées, facilement entraînées lors des crues de l'impétueuse rivière.

La construction à Fribourg d'une muraille de 10 à 12 m. de hauteur au-dessus de son lit, fermant brusquement la vallée en formant un lac aux eaux tranquilles, de 2500 m. de longueur, devait donner naissance à un arrêt presque brusque dans la translation des graviers, sables et limons à l'amont de ce lac, en provoquer le remplissage et lui donner une durée nécessairement éphémère.

C'est la description de ce qui s'est passé sous ce rapport qui fait l'objet de ce chapitre et les chiffres qui en résultent sont fort intéressants.

La manière dont s'étagent les limons, les sables fins, les sables grossiers, les moyens et gros graviers est des plus instructives aussi pour se rendre compte de l'envahissement et du comblement de nos plaines de la Broye, de l'Orbe, du Seeland et de la Thielle.

Le lac de Pérrolles fut créé en 1872, et son remplissage mit à sec la Sarine en aval pendant environ dix-huit heures, ce qui correspondait à un cube du lac de $(2500 \times 80 \times 5) = 1\,000\,000$ de mètres à un débit de 14 à 15 m³. d'eau par seconde.

Le profil en long A, fig. 11, au 1 : 4000, représente

approximativement le lac créé par le barrage au lendemain de la retenue des eaux par l'obstacle élevé au travers de la vallée.

La diminution de vitesse de l'eau mit brusquement fin au transport normal des graviers et sables charriés par la Sarine sur un espace de 2500 m. et donna lieu, de 1872 à 1902, aux diverses modifications de profil que je vais décrire.

Le profil B, fig. 12, donne le type de ce qui se produisit dans les cinq ou six années qui suivirent l'érection de l'obstacle.

En R, *à l'amont du lac*, les graviers s'accumulèrent par couches successives formées pendant les fortes crues de la Sarine, car lors des étiages et des volumes moyens d'eau écoulée par la rivière, celle-ci est limpide et ne déplace ni limon, ni sable et encore moins de graviers; chaque zone 1, 2, 3 ou 4, etc., de comblement correspondant à ces fortes crues et peut être figurée elle-même par un profil de répartition des matériaux étagés et talutés à peu près comme les représente le profil fig. 15.

- { G Gros gravier résistant le mieux au courant.
M Graviers moyens faisant suite aux précédents.
N Graviers fins et gros sables succédant à la couche M.
S Sables menus terminant superficiellement le comblement dû à la crue.

A cette masse (1) transportée par la forte crue en succédaient une seconde (2), puis une troisième et ainsi de suite, si bien qu'aujourd'hui, sur 400 à 500 m. de longueur, la vallée est entièrement remblayée à l'amont du lac par des amas de graviers successifs étagés

comme triage, depuis les gros et moyens cailloux aux menus graviers comme l'indique le profil fig. 15.

Voilà pour le côté amont du lac.

Pour le reste du lac, aucun gravier n'y arrivait faute de vitesse d'entrainement suffisante, mais, en revanche, des masses de sables ténus et de limons l'en-vahissaient de plus en plus (fig. 13) et finirent, après une quinzaine d'années, de le combler entièrement (fig. 16).

Pour obvier à cet inconvénient destructeur du lac créé et en retarder l'échéance, j'avais prévu et installé dans le barrage, immédiatement au-dessus des fondations, un orifice de vidange de 6 m^2 . de section avec vannages obturateurs mus par une turbine manœuvre spéciale de 15 chevaux de force. C'était un vrai plaisir que de voir ouvert le puissant appareil fonctionnant lors des crues sous 12 m. de charge, soit pour 6 m^2 ., sous une pression totale de 72 000 kg. produisant une vitesse de 15 m. environ par seconde et un débit de près de 100 m^3 . pendant ce même temps. Malheureusement, mes successeurs dans la direction de l'entreprise négligèrent complètement, malgré mes avis réitérés, de faire fonctionner assez souvent le vannage de fond du barrage et de curage du lac, et après deux ou trois années de négligence, les fortes crues amenèrent force bois et débris de toute espèce contre le dit vannage, protégé cependant par un puissant grillage formé de rails de chemin de fer, si bien que le déblaiement de ces matériaux enchevêtrés les uns dans les autres devint impossible et coûta même la vie au scaphandrier que l'on y envoya trop tardivement tenter l'aventure du déblaiement.

Bref, aujourd'hui le lac (fig. 14) est comblé entière-

ment de vase sur les deux tiers aval de sa longueur et le reste est occupé par les graviers qui s'avancent de plus en plus et donnent lieu, en raison du remplissage, à une marche en avant toute différente de celle que je viens de décrire. En effet, si sur le tiers environ de la longueur du lac le fond de la vallée est garni sur toute son épaisseur par les graviers charriés et déposés selon le rythme décrit fig. 12, aujourd'hui ce système de comblement a pris fin et les graviers entraînés marchent par-dessus les dépôts durcis des sables et des limons sans aucunement déformer ni entamer ceux-ci sérieusement, en sorte qu'il se forme une vraie couche de gravier variant de 0^m,50 à 1 m. ou même 1^m,50 d'épaisseur sur le banc d'argile ou de sable ténu. Ce curieux remplissage de gros matériaux (fig. 14) ou de sables ténus charriés sur des amas de sables et limons et formant une vraie couche superposée, explique le mécanisme qui a présidé au remplissage de nos vallées lors des grands courants de l'époque quaternaire et comment il se fait que si souvent on rencontre sous des bancs puissants de gravier des amas de sables fins et même d'argiles engendrés par le dépôt de fins limons.

Donc il peut se former très rapidement des amas considérables de matières fines en suspension dans l'eau courante, lorsque celle-ci est privée brusquement de sa vitesse, et la finesse des matériaux constituant le dépôt produit des argiles d'une finesse extraordinaire, puis des argiles aux éléments moins fins, puis des masses constituées par du sable fin ou du sable grossier, suivant que l'amas observé est à moindre distance de l'arrivée de l'eau trouble dans la nappe aux eaux tranquilles. De plus, l'argile fine

peut se trouver sous les amas de gravier sans que l'on puisse en conclure qu'il s'agit de deux formations d'époques différentes. Il suffit que le lac une fois partiellement ou entièrement comblé par les matières fines et limoneuses qui s'y déposent, les arrivages de gravier continuent en amont, pour que leur étalage sur la masse argileuse se produise sans affouillement, érosion ou déformation de celle-ci.

La fig. 14 donne le profil de cet envahissement du lac de Pérölles.

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 Couches de gravier de fond par bandes rythmées, comme je l'ai expliqué en fig. 15.

a, b Couches de sables augmentant de finesse du point a à b, c'est-à-dire de l'amont à l'aval.

$a_1 a_1 a_1 a_1$ Argiles à grain grossier.

$b_1 b_1 b_1$ Argiles plus fines, sablonneuses.

$b_2 b_2 b_2$ Limon très fin (argiles plastiques).

$b_3 b_3 b_3$ Argiles extra fines.

$c_1 c_1 c_1$ Envahissement des graviers par-dessus les couches limoneuses.

Actuellement, l'arrivée de ces bancs de gravier est à 1500 m., soit aux trois cinquièmes de la longueur du lac comblé, et dans peu d'années le banc de ce gravier atteindra le barrage et tous les matériaux charriés, limons, sables et graviers chuteront par-dessus celui-ci comme si l'obstacle n'existeit plus, à moins de travaux de défense qui en forceeront le passage par le trop-plein où il passe déjà des graviers provenant des parois plus voisines de ce canal et y creusant, comme nous l'avons vu, des marmites. Quoique le ravin d'érosion dans lequel s'est étalée la nappe des eaux refoulées par le barrage ne présente guère qu'une

largeur variant de 80 à 150 m., on peut observer que l'horizontalité du banc envahisseur de gravier par-dessus les dépôts d'argiles est d'autant plus grande que la largeur du lac est plus considérable.

Les trois fig. 16, 17 et 18 donnent une perception visuelle de ce qui se produit. Là où le lac est de faible largeur, la masse graveleuse présente un profil à pente transversale, offrant une certaine raideur accentuée (fig. 16). Avec une plus grande largeur, la nappe graveleuse s'est étalée (fig. 17) régulièrement. Enfin, lorsque la largeur est la plus grande, le gravier s'est répandu sur la surface en couche mince, parfaitement nivélée, sans ressauts aucun, quelle que soit la grosseur des graviers (fig. 18). Ceci explique l'horizontalité si remarquable de nos plaines de l'Orbe, de la Broye, du Seeland, des marais de Cressier et du Landeron pour leurs parties superficielles, où l'on rencontre des graviers déjà sous la mince couche de terre végétale qui les recouvre.

Ailleurs où après le remplissage principal il restait des dénivellations ou des lagunes, ces dernières se sont comblées par le colmatage résultant d'eaux troubles y déposant leurs limons lors des inondations, cela *proportionnellement à l'épaisseur d'eau trouble* qui les recouvrait lors des crues, fait qui, avec le temps, mettait forcément à niveau toute la surface, les parties profondes recevant plus de dépôt que les parties moins immergées. Quant aux lagunes très profondes, toujours remplies d'eau claire faisant obstacle à l'arrivée facile des eaux troubles des crues, il ne pouvait aussi facilement s'opérer un remplissage de cette façon et rapidement la végétation tourbeuse se chargeait alors d'en opérer le comblement. Rien d'éton-

nant donc que de vastes plaines de 8 à 10 km. de largeur sur une longueur double présentent, remplies par des eaux troubles, des surfaces vraiment réglées au cordeau et d'une horizontalité parfaite, malgré leur remplissage en matériaux soit limoneux, soit graveleux, ces derniers, les plus grossiers, souvent déposés par bancs épais sur des argiles fines, comme cela se passe en ce moment dans le lac de Pérrolles à Fribourg.

Les naturalistes ont parfois prétendu qu'il fallait des centaines de siècles pour former des bancs de 10 à 15 m. d'argiles fines, dans les lacs ou les mers. Ainsi en concluait feu notre collègue M. Desor¹ dans l'estimation des bancs d'argiles d'Abbeville sous lesquels Boucher de Perthes avait trouvé les fameuses haches préhistoriques, dont l'âge fut, à l'époque de leur trouvaille, si discuté. Pas n'est besoin donc de centaines de siècles pour former un banc d'argile fine de 10 m., puisque moins de 40 ans ont suffi pour produire ce phénomène derrière le barrage de Fribourg.

Il me reste à donner quelques chiffres concernant la puissance de charriage des eaux de la Sarine.

Pour opérer scientifiquement, il faudrait, pendant plusieurs années, récolter un volume d'eau chaque jour, le laisser se déposer, mesurer le volume du dépôt ou le peser, faire l'addition et l'on aurait la puissance effective moyenne du charriage fluvial observé.

Cela se fera avec le temps et je rends attentifs ici nos jeunes collègues sur le vaste champ ouvert à leurs

¹ Conférence faite en 1863 dans laquelle j'entendis de mes oreilles énoncer cet axiome.

ardeurs scientifiques et labeurs futurs dans le domaine inexploré de l'usure par l'eau de la croûte terrestre soumise ainsi à l'action corrosive des eaux atmosphériques condensées s'écoulant dans les océans et les lacs. En ajoutant au volume constaté la matière dissoute par les eaux on aurait là un facteur fort important de la puissance de dissolution, d'érosion et de comblement des eaux courantes.

Pour le charriage des graviers et matières lourdes formant les amas que les crues jettent en descendant de gauche à droite ou de droite à gauche de leurs rives dans les méandres ou sinuosités des rivières torrentielles ou des fleuves, c'est une tout autre question, et une méthode expérimentale générale n'apparaît pas facilement à l'horizon du chercheur que cela intéresse pour cuber le travail d'érosion des cours d'eau et leur puissance de translation des matériaux arrachés à la croûte terrestre. C'est pourquoi les chiffres ci-après, quoique fort approximatifs, me paraissent dignes d'attention et surtout d'annotation.

Le lac de Pérrolles envahi par les graviers peut être supposé à 2500 m. de longueur et le cube des graviers estimé comme suit (voir fig. 14) :

1^{re} partie, soit des zones 1, 2, 3, 4,
environ . . . $800 \times 3 \times 80 = 192\,000 \text{ m}^3$
2^{me} partie de recouvrement.

$$\frac{1500 \times 1 \times 100 = 150\,000 \text{ m}^3}{\text{Total } 342\,000 \text{ m}^3}$$

Ce qui, pour 30 années, correspond à

$$\frac{342\,000}{30} = 11\,400 \text{ m}^3.$$

en moyenne par année pour le charriage annuel en gros graviers retenus dans le lac de Pérolles et provenant de la région en amont du lac¹.

Il me reste, pour terminer cet exposé, de vous entretenir d'un phénomène hydrologique de changement de composition des eaux potables de l'entreprise que j'avais créée à Fribourg.

IV. Remarquable transformation des eaux potables du lit souterrain de la Sarine.

Ayant constaté, lors de mes études concernant l'entreprise du barrage de Fribourg, que les sondages dans les graviers du lit de la Sarine fournissaient dans leur nappe souterraine une eau d'excellente qualité à 11 ou 12° de température, je renonçai à mon premier projet de dériver les sources de la Berra au Burgerwald, eaux plus séléniteuses, d'une captation assez compliquée et enfin d'une dérivation et adduction à Fribourg assez coûteuse; je résolus de capter l'eau du lit souterrain de la rivière à 5 ou 6 m. de profondeur et de l'élever mécaniquement à 160 m. de hauteur.

Un puits métallique de 6 m. de diamètre fut descendu à la profondeur voulue, c'est-à-dire jusqu'à 1 m. environ de la roche mollassique au moyen d'air comprimé, et garni d'une chemise en béton de ciment.

Des canaux établis le long du barrage au pied des fondations, côté amont, amenaient au filtre une eau abondante et quintuple en volume de celle qui était nécessaire.

¹ La Durance charrie à Serre Poncou annuellement en moyenne 3 500 000 m³. de limon et 170 000 m³ de graviers et sables, soit $\frac{1}{20}$ du limon, chiffres autrement formidables que ceux fournis par la Sarine.

L'eau était fraîche (10 à 12° presque fixes), pure et excellente sous tous les rapports. Chacun se félicitait à Fribourg de la réussite du projet ainsi conçu et réalisé.

Le pompage à 160 ou à 165 m. de hauteur, y compris le frottement dans les conduites, après quelques difficultés pour alimenter le réservoir à air, réussit aussi d'une manière satisfaisante et peu coûteuse. Cette réussite fut la cause première qui me permit de penser à la possibilité de pomper l'eau à 500 m. et d'élaborer plus tard pour La Chaux-de-Fonds le projet qui alimente cette localité.

La satisfaction du public fribourgeois devait cependant être de courte durée et ici se produisit un véritable phénomène d'un ordre absolument inaccessible à la perspicacité humaine dans les limites où celle-ci peut, en pareille occurrence, se mouvoir dans le domaine scientifique.

L'eau pompée de la Sarine, à laquelle le public donnait, pour simplifier, le nom d'eau Ritter, devint peu à peu une eau admirablement fortifiante pour les anémiques et fort peu recommandable pour l'alimentation des personnes au tempérament sanguin.

Au bout de deux années ses qualités d'eau anti-anémique furent telles que des personnes atteintes d'anémie de façon soi-disant irrémédiable et dont on désespérait me remercièrent chaleureusement de leur guérison en me déclarant qu'elles me devaient la vie, reconnaissance qui me donna plus d'inquiétude que de satisfaction.

En effet, l'eau admirable, aux propriétés fortifiantes, pompée dans la nappe phréatique de la Sarine, ne tarda pas à se changer en une intolérable eau ferrugineuse

désagréable au goût, tachant les lessives, affectant les légumes d'un arôme peu engageant, etc., etc.

Le puits d'arrivée des eaux dans l'usine élévatrice se colorait d'un dépôt d'oxyde de fer absolument insolite et fort dégoûtant.

Il fallut parer à cet inconvénient, tournant pour l'alimentation publique en un état intolérable, car pour un anémique enchanté de l'eau, il se trouvait cent personnes opinant en sens inverse et la déclarant mauvaise.

C'était en 1876, une année après mon départ de Fribourg.

Les ingénieurs qui me succédèrent dans la direction de l'entreprise crurent bien opérer en faisant passer simplement l'eau de la rivière dans des filtres à ciel ouvert (filtres qui fonctionnent encore aujourd'hui) et de supprimer l'eau souterraine en la remplaçant par de l'eau de rivière, recevant toutes les eaux de surface, ayant lavé tous les détritus animaux et végétaux, boue des routes, etc., etc., d'une vallée de plus de vingt lieues de longueur, aux fortes rampes latérales et par conséquent où l'arrivée des eaux contaminées peut être rapide lors des pluies.

Aussi, si quelque chose m'étonne, c'est de ne pas entendre parler d'épidémies à Fribourg, et ce qui m'étonne encore plus c'est de voir les autorités ne pas se soucier d'apporter un remède radical à cet état de chose funeste, dangereux et malpropre, qui rappelle les eaux filtrées de la Seine à Paris dans le milieu du siècle passé, alors que les fameuses roues et pompes dites samaritaines fonctionnaient encore.

Mais cela n'a pas de rapport avec l'objet de cette communication et le jour où les autorités fribour-

geoises voudront alimenter leurs pompes d'eau fraîche et pure, je leur indiquerai avec empressement, si elles le demandent, où se trouve de l'eau semblable et non ferrugineuse, à moins de 100 m. des dites pompes élévatrices. Ceci dit en passant.

Mais ce qui importe ici, c'est de se rendre compte du phénomène hydrologique de la ferrugination des eaux de la nappe phréatique des graviers de la Sarine sous le lac de Pérrolles.

En voici l'explication fort simple, basée sur une observation faite lors de la construction des fondations du barrage de la Sarine.

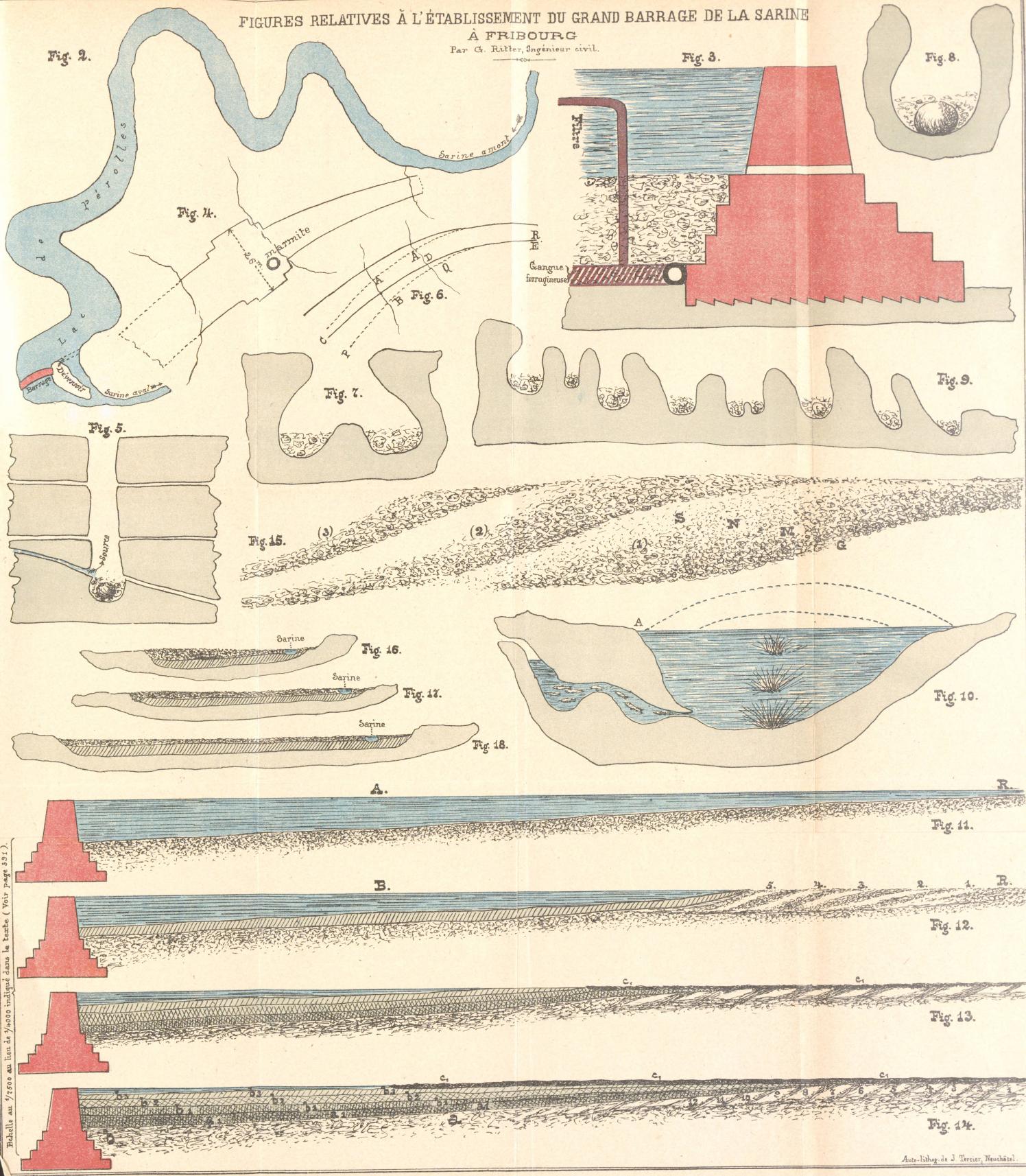
En fouillant le sol pour mettre à nu la roche mollassique afin d'y entailler les redans dans lesquels devait s'encastrer le béton, nous trouvâmes partout sur cette mollasse de fond un banc d'environ 50 cm. d'épaisseur de gravier aggloméré par une gangue ferrugineuse compacte, ayant l'apparence d'ocre rouge, le reste de l'épaisseur des graviers de remplissage du lit de la Sarine était, sur les 4 à 6 m. de cette épaisseur, complètement indemne de cette gangue (fig. 3).

L'existence de ce recouvrement du fond du lit de la Sarine par ce poudingue ferrugineux fut, ensuite de l'envasement du lac par les limons sur environ 2 km. de longueur, la cause du phénomène que je viens d'indiquer.

La nappe phréatique sous le lac dut s'alimenter toujours plus en amont au fur et à mesure du progrès de l'envahissement de celui-ci par les limons et l'eau souterraine descendant lentement dans les graviers, frôler et rouler de plus en plus ses filets le long de la couche de conglomérat ferrugineux et se charger toujours davantage de fer en dissolvant la gangue rougeâtre du dépôt.

FIGURES RELATIVES À L'ÉTABLISSEMENT DU GRAND BARRAGE DE LA SARINE
À FRIBOURG

Par G. Ritter, Ingénieur civil.



Plus l'envasement du lac se prolongeait à distance du barrage en amont, plus s'allongeait le parcours des eaux souterraines en contact avec la malencontreuse gangue et plus la teneur des eaux en fer devenait riche, si bien que finalement l'eau de non minérale et excellente qu'elle était à l'origine, devint minérale ferrugineuse à la grande joie des anémiques, puis finalement si ferrugineuse qu'elle perdit sa qualité d'eau potable à force de vertu régénératrice du sang de ces malades.

Ces faits valaient assurément la peine d'être une fois publiés. Je laisse aux géologues le soin de trouver l'explication de la provenance du fer et de la formation du malencontreux poudingue. Y aurait-il eu dans le Tertiaire inférieur, si riche en plâtre, des émanations de sulfure de fer qui auraient, en décomposant du calcaire pour produire ce sulfate de chaux tertiaire, laissé quelque part des dépôts d'oxyde de fer amenés par entraînement fluvial dans les bas-fonds du lit de la Sarine en amont de Fribourg, ou s'agit-il ici d'une érosion temporaire à la même époque de quelque affleurement de crétacé ou de dépôt sidérolitique existant quelque part dans la vallée de la Sarine?

Je livre, en terminant, ce problème à la méditation des géologues que cela pourrait intéresser.

