

# Station d'aération au lac de Bret

Autor(en): **Mercier, P. / Perret, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **75 (1949)**

Heft 20

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-56884>

## **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.

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

**ABONNEMENTS :**Suisse : 1 an, 20 francs  
Etranger : 25 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 17 francs  
Etranger : 22 francsPour les abonnements  
s'adresser à la Librairie**F. ROUGE & Cie**  
à LausannePrix du numéro :  
1 fr. 25

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. EPITAUX, architecte, à Lausanne ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. — Membres : *Fribourg* : MM. † L. HERTLING, architecte ; P. JOYE, professeur ; *Vaud* : MM. F. CHENAUX, ingénieur ; E. D'OKOLSKI, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; *Genève* : MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. MARTIN, architecte ; E. ODIER, architecte, *Neuchâtel* : MM. J. BÉGUIN, architecte ; G. FURTER, ingénieur ; R. GUYE, ingénieur ; *Valais* : MM. J. DUBUIS, ingénieur ; D. BURGNER, architecte.

Rédaction : D. BONNARD, ingénieur. Case postale Chauderon 475, LAUSANNE

**TARIF DES ANNONCES**Le millimètre  
(larg. 47 mm) 20 ctsRéclames : 60 cts le mm  
(largeur 95 mm)Rabais pour annonces  
répétées**ANNONCES SUISSES S.A.**5, Rue Centrale  
Tél. 2 33 26LAUSANNE  
et Succursales**CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE**

A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; R. NEESER, ingénieur.

**SOMMAIRE :** Station d'aération au lac de Bret, par P. MERCIER, D<sup>r</sup> ès sciences et J. PERRET, ingénieur E. P. U. L. — *Concours d'architecture pour l'étude des plans du futur temple de St-Marc, à Lausanne.* — **DIVERS :** Doublement de la voie entre Fribourg et Romont. — **LES CONGRÈS :** 61<sup>e</sup> Assemblée générale de la Société suisse des ingénieurs et des architectes. — **NÉCROLOGIE :** Charles Diserens, ingénieur. — **BIBLIOGRAPHIE.** — **COMMUNIQUÉ.** — **SERVICE DE PLACEMENT.**

## STATION D'AÉRATION AU LAC DE BRET

par P. MERCIER, D<sup>r</sup> ès sciences et J. PERRET, ingénieur E. P. U. L.<sup>1</sup>

Cette station, créée en 1947 par la Compagnie du chemin de fer de Lausanne à Ouchy et des Eaux de Bret, a été décrite sommairement par P. Mercier dans sa communication intitulée : « Aération partielle sous-lacustre d'un lac eutrophe », présentée au X<sup>e</sup> Congrès international de limnologie, à Zurich, en août 1948.

Les résultats obtenus au cours des années 1947 et 1948 par MM. P. Mercier, docteur ès sciences, et S. Gay, chimiste au Laboratoire cantonal vaudois, feront l'objet d'un article dans un prochain numéro de la *Revue Suisse d'Hydrologie*.

Nous rappelons brièvement ci-dessous les caractéristiques principales du lac et les motifs qui ont conduit la Compagnie L.-O. à réaliser la station d'aération.

Situé à 673,50 m (RPN 373,60 m) d'altitude et à 11 km à vol d'oiseau à l'est de Lausanne, le lac de Bret occupe un vallon fermé au sud par une moraine glaciaire. Le niveau du lac a été relevé de 3 m en 1918. Son volume, quand il est plein, est de 5 millions de m<sup>3</sup> et sa profondeur maximum est de 20 m. Sa longueur est alors un peu supérieure à 1,5 km. Sa largeur maximum est d'environ 400 m.

Depuis 1875 ses eaux sont utilisées, en partie comme force motrice pour actionner les funiculaires de Lausanne à Ouchy et de Lausanne à la gare C. F. F.; en partie pour alimenter Lausanne en eau industrielle et eau de secours, et fournir de l'eau potable aux communes suburbaines.

Le lac de Bret est alimenté principalement par une dérivation du Grenet, cours d'eau appartenant au bassin du Rhin. Grâce à cette dérivation, le bassin d'alimentation présente une surface de 20 km<sup>2</sup> qui est rattachée artificiellement au

bassin du Rhône. La consommation annuelle d'eau est de l'ordre de 6 millions de m<sup>3</sup> et dans les années normales les fluctuations de niveau ne dépassent pas quelques mètres.

Il résulte des recherches systématiques entreprises par la Compagnie L.-O., de 1939 à 1943, en vue de l'amélioration de la qualité de l'eau, que le lac de Bret doit être classé dans la catégorie des lacs eutrophes. Le phytoplancton est très abondant dans l'épilimnion et la barre thermique (Sprungschicht) est très marquée en juillet et août. Au cours de la stagnation d'été, l'oxygène dissous est en excès dans les couches supérieures et diminue très rapidement dans la profondeur, alors que le CO<sub>2</sub> libre augmente. A la fin de cette période, la présence de Fe était constatée en quantité appréciable dans l'eau traversant les filtres. Ce Fe se déposait ensuite sous forme d'hydroxyde ferrique dans le réseau de distribution.

Le problème à résoudre pour éviter ces inconvénients, dus à la disparition progressive de l'oxygène dans la zone profonde pendant la période de stagnation d'été, était le suivant : aérer l'eau du lac dans une zone sous-lacustre aussi étendue que possible, sans perturber la stratification thermique du lac.

Il était désirable d'aérer la zone profonde à l'extrémité sud du lac, qui se prêtait particulièrement bien à une expérience de ce genre.

D'après les calculs de P. Mercier, le débit de la station devait être au moins de 100 à 120 l/sec d'eau saturée d'oxygène. L'eau brute devait être puisée en un point N situé à 13,5 m de profondeur, c'est-à-dire au même niveau que la crépine A de la conduite d'adduction Bret-Lausanne. L'eau saturée

<sup>1</sup> Extrait du « Bulletin mensuel » de la Société suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux, N° 2, année 1949.

d'oxygène devait être restituée en un point *S*, au même niveau que le point *N*. Il importait que la température de l'eau restituée soit aussi voisine que possible de celle de l'eau puisée.

Du point de vue économique, il convenait de réduire au strict minimum le volume de la station, la longueur des canalisations et la puissance installée.

Ces conditions dictaient le choix d'un système d'aération particulier. Les ruisseaux, que l'on utilise fréquemment, ne pouvaient pas convenir, car la durée prolongée du contact de l'air ambiant et de l'eau plus froide aurait élevé sensiblement la température du liquide. De plus, la faible vitesse de translation de l'eau aurait nécessité la construction d'un local de trop grandes dimensions. La méthode qui consiste à pulvériser l'eau au moyen de buses spéciales n'a pas été retenue, car les corps étrangers contenus dans l'eau brute risquaient de boucher en peu de temps les orifices de ces appareils.

Des recherches expérimentales permirent de vérifier que si l'on projette de petits jets d'eau sur un plafond parabolique, l'eau retombe très finement divisée, ceci pour autant que les jets rayonnent du foyer de la parabole. Il suffit que l'eau ainsi pulvérisée reste en contact une seconde avec de l'air frais pour qu'elle se sature d'oxygène. C'est ce dernier système qui fut adopté.

L'emplacement de la station d'aération fut choisi sur la rive droite à 250 m de l'extrémité sud du lac, le plus près possible des points *N* et *S*. Le niveau du rez-de-chaussée du bâtiment est à la cote 673,50, soit à l'altitude maximum du plan d'eau du lac de Bret.

La station comporte un escalier d'accès, un local des machines, une chambre d'aération, un bassin de dégazage et décantation et un déversoir de restitution. L'ensemble de ces volumes est condensé en un bloc quasi rectangulaire de 10,55 m de longueur, 3,30 m de largeur et 6,35 m de hauteur, comportant deux étages.

Le bâtiment est fondé sur un radier de béton. La marne homogène du sol de fondation est comprimée à raison de 0,58 kg/cm<sup>2</sup> lorsque la station fonctionne. Ce taux tombe à 0,4 kg/cm<sup>2</sup> lorsque la station est hors service. Les tassements n'ont pas dépassé 1 mm.

Le bâtiment est constitué par une ossature de béton armé ne comportant aucune articulation. Les dalles et les parois du rez-de-chaussée ont une épaisseur moyenne de 20 cm. Elles contiennent les escaliers d'accès, la chambre des machines, le réservoir de décantation et le déversoir de restitution.

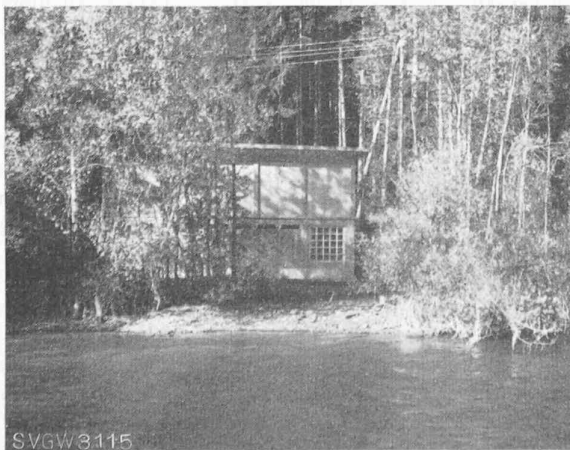


Fig. 2. — La station d'aération vue depuis le lac.

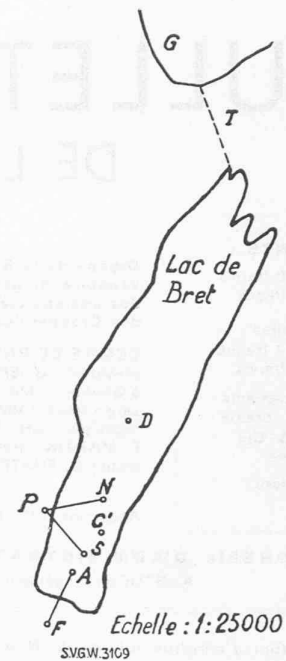


Fig. 1. — Schéma du lac de Bret et de la station d'aération.

<i>G</i> = Grenet	<i>P</i> = Station d'aération
<i>T</i> = Tunnel	<i>N</i> = Entrée de l'eau brute
<i>A</i> = Extrémité de la conduite d'adduction menant à la station de filtration	<i>S</i> = Sortie de l'eau aérée
<i>F</i> = Station de filtration	Les points <i>A</i> , <i>N</i> , <i>S</i> sont à la même profondeur, soit à 13,50 m au-dessous du niveau maximum.

Ces éléments forment des cadres rigides avec les sommiers du premier étage, sur lesquels se trouve la chambre d'aération. Le fond de cette chambre comporte des plaques d'éternit ondulé qui reposent d'une part sur la paroi du réservoir et d'autre part sur l'arête d'une gondole. Des potelets en béton armé supportent la dalle de la toiture. Celle-ci est plate à l'extérieur tandis que le plafond est de forme parabolique. Les parois latérales sont en briques de 8 cm d'épaisseur. Des claustras de béton permettent à la lumière extérieure de pénétrer dans la salle des machines et dans l'escalier d'accès.

Le sol et les parois du réservoir, celles de la chambre d'aération, le plafond parabolique ont été recouverts d'un enduit de mortier taloché puis lissé au ciment. De plus, deux couches de peinture asphaltique complètent l'étanchéité.

La *salle des machines* abrite une pompe centrifuge Sulzer directement accouplée à un moteur Schindler d'une puissance de 43 CV (32 kW). Une crépine comportant un treillis métallique est intercalée entre la canalisation d'aspiration et la pompe. La canalisation de restitution de l'eau, depuis le déversoir, passe également par la salle des machines. Une disposition originale des éléments de ces conduites permet d'inverser le sens de circulation de l'eau dans les canalisations *P-N* et *P-S*.

Une petite pompe d'aspiration électrique Sulzer S. L. P. I. de 1,1 CV est destinée à l'amorçage de la pompe principale. Un tableau de distribution comportant notamment les compteurs, les interrupteurs avec relais thermique pour chaque moteur, une signalisation lumineuse, le contacteur de la pompe principale faisant office d'interrupteur à tension nulle et un manostat pour le déclenchement lors d'un désamorçage accidentel, complètent l'équipement électrique. Tout arrêt de fonctionnement est automatiquement signalé au domicile du surveillant.

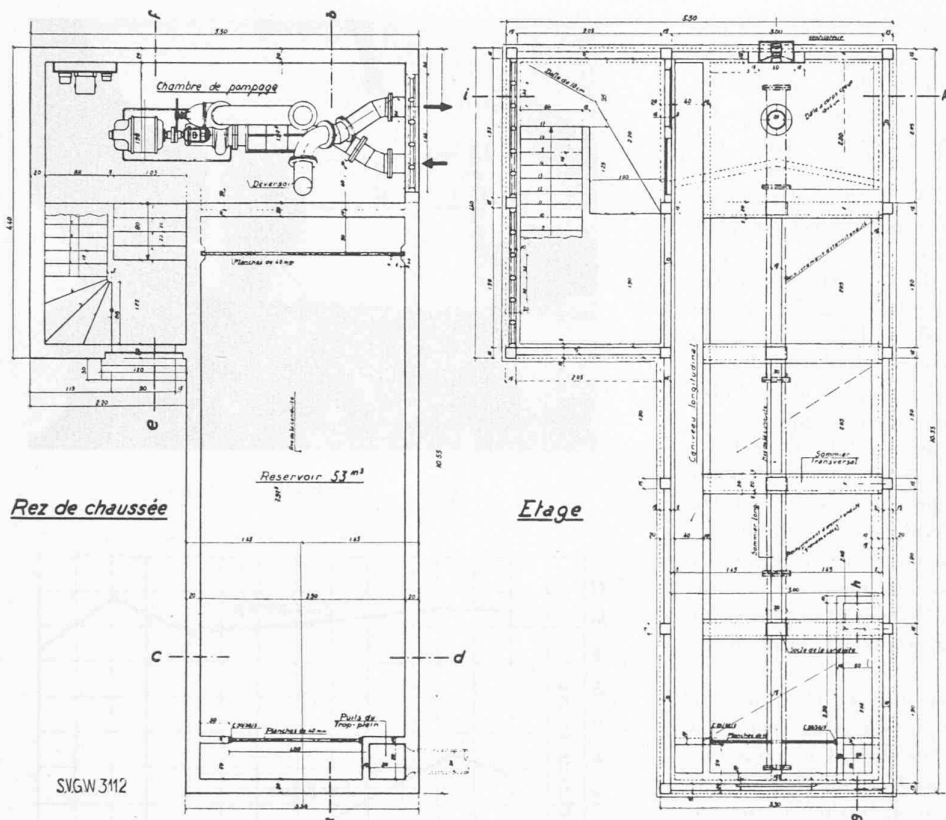


Fig. 3. — Vues en plan de la station d'aération.

La chambre d'aération forme un tunnel de 10 m de longueur, de 3 m de large et de 3 m de hauteur. Un tuyau d'acier horizontal de 300 mm de diamètre, reposant sur les sommiers en béton armé, est placé dans l'axe longitudinal de cette chambre. Les 120 l/sec refoulés par la pompe s'échappent de ce tuyau par 2200 trous de 2,2 mm qui sont percés dans sa partie supérieure. La pression de l'eau refoulée dans le tuyau est de 1,5 atm. lorsque le lac de Bret est à son niveau maximum ; cette pression diminue avec la baisse du niveau

L'arête du déversoir de restitution limite l'une des extrémités du réservoir. L'eau est recueillie dans une cunette de mise en charge de retour P-N.

Les canalisations P-N et P-S ont un diamètre intérieur de 300 mm. Elles sont en acier S. M. d'une teneur d'environ 2 % de Cu. Les tôles ont une épaisseur de 7 mm. Les conduites sont entièrement soudées et comportent des articulations, à un ou deux soufflets, au sommet des variations de pentes fixées par les profils en long. Aux extrémités N et S, chaque

du lac. Après avoir frappé le plafond parabolique, l'eau retombe verticalement en pluie fine sur le plancher d'éternit ondulé. Une gondole latérale conduit l'eau par gravité jusqu'à l'extrémité du réservoir de décantation.

Un ventilateur hélicoïdal actionné par un moteur électrique de 0,15 CV débite 20 m<sup>3</sup> d'air par minute. Ce courant d'air traverse la chambre dans toute sa longueur.

Notons que pour incorporer 10 milligrammes d'oxygène à chaque litre d'eau pompée, il suffirait, théoriquement, de disposer d'une quantité totale de 0,25 m<sup>3</sup> d'air par minute.

Le réservoir de décantation est situé immédiatement au-dessous de la chambre d'aération. D'un volume de 53 m<sup>3</sup>, il comporte près de chaque extrémité un jeu de planches de tranquillisation judicieusement espacées pour que la vitesse de translation de l'eau soit aussi uniforme que possible. L'eau aérée séjourne environ sept minutes dans cette cuve et dépose un léger sédiment. Par suite de la pulvérisation, l'eau aérée contient moins de CO<sub>2</sub> libre que l'eau brute.

Coupe a-b

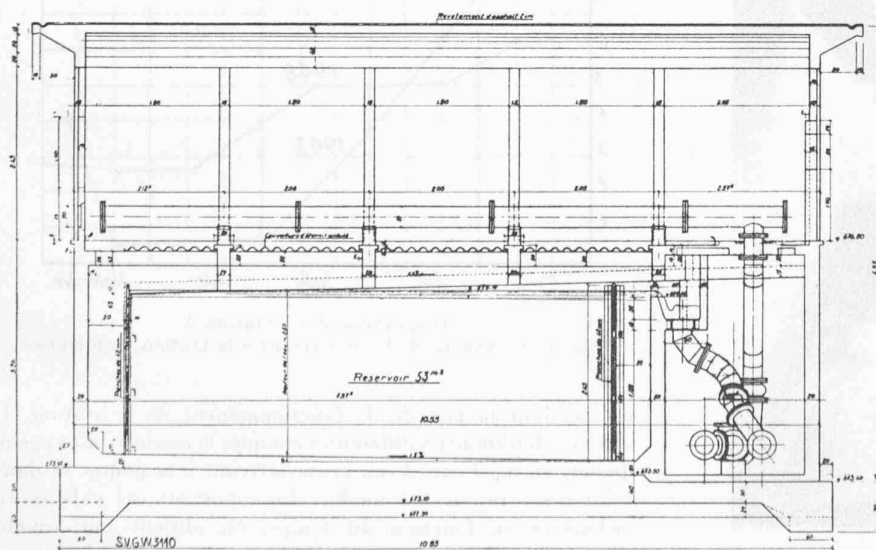


Fig. 4. — Coupe longitudinale de la station d'aération.

Coupe c-d

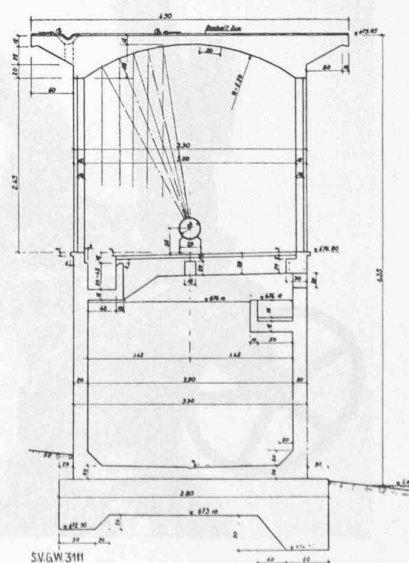


Fig. 5. — Coupe transversale de la station d'aération.

conduite est relevée verticalement pour se terminer par une crépine radiale recouverte d'une plaque circulaire horizontale. Les canalisations ont été recouvertes de deux couches de peinture anti-rouille. Les tuyaux furent assemblés sur les rives du lac, puis chaque canalisation mise en place par flottage, puis immersion. La construction et le montage furent confiés à la maison Zwahlen & Mayr, à Lausanne, qui s'assura la collaboration de l'entreprise Losinger pour les travaux de flottage et d'immersion.

Relevons encore que l'eau circule dans les tuyaux à une vitesse de 1,7 m/sec, créant une perte de charge de 2,80 m dans la conduite d'amenée et de 2,60 m dans la conduite de refoulement. Cette vitesse relativement élevée fut choisie pour éviter les dépôts dans les canalisations et dans l'idée d'empêcher le développement des bactéries ferrugineuses sur les parois intérieures de la conduite amenant l'eau brute.

La station a été mise en service pour la première fois du 23 juin au 12 septembre 1947. Ces premiers essais ont été satisfaisants, car les inconvénients habituels dus au déficit d'oxygène ne se sont pas produits en été 1947. Toutefois la sécheresse exceptionnelle et la baisse anormale du lac qui caractérisent l'année 1947 obligeaient à faire une réserve et à attendre une année normale pour apprécier exactement l'efficacité de l'aération.

L'année 1948 a été caractérisée par un été pluvieux. Le niveau du lac s'est écarté très peu de son maximum. La circulation d'automne a été retardée de près d'un mois. La station d'aération a fonctionné pendant 140 jours, du 22 mai au 6 octobre 1948, date à laquelle la température de surface a rejoint celle de l'eau arrivant aux filtres. On peut affirmer que les conditions météorologiques de l'année 1948 ont été particulièrement sévères pour l'épreuve de la station d'aération qui a permis de lutter contre ces circonstances défavorables en maintenant dans l'eau profonde une quantité d'oxygène dissous suffisante pour éviter les inconvénients mentionnés plus haut.

Le diagramme 1 ci-contre permet de calculer très simplement le poids de l'oxygène qui a été absorbé par l'eau du

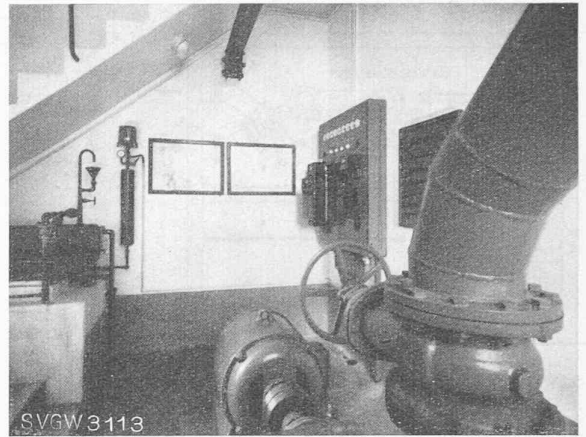


Fig. 6. — Salle des machines.

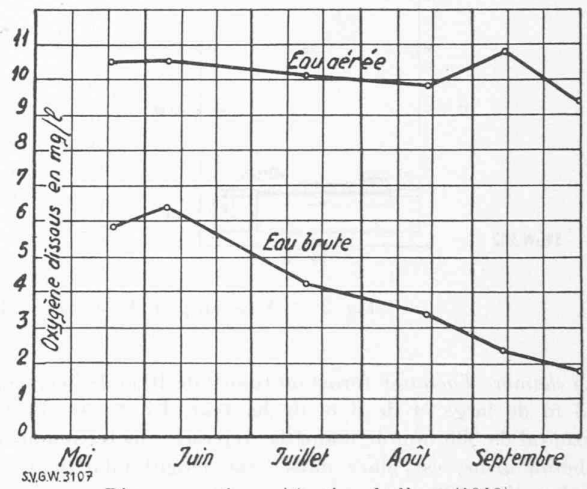


Diagramme 1. — Aération de l'eau (1948). Poids d'oxygène absorbé par l'eau aérée du 21 mai au 30 septembre 1948 = 9,36 t.

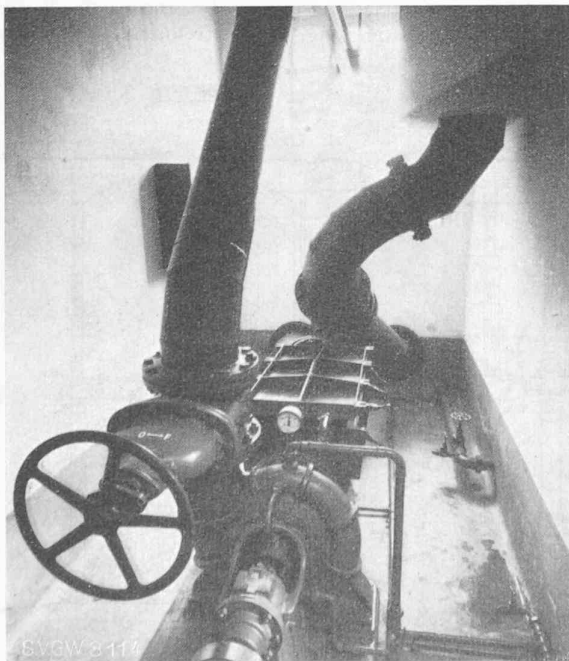


Fig. 7. — Salle des machines et canalisations d'arrivée et de départ.

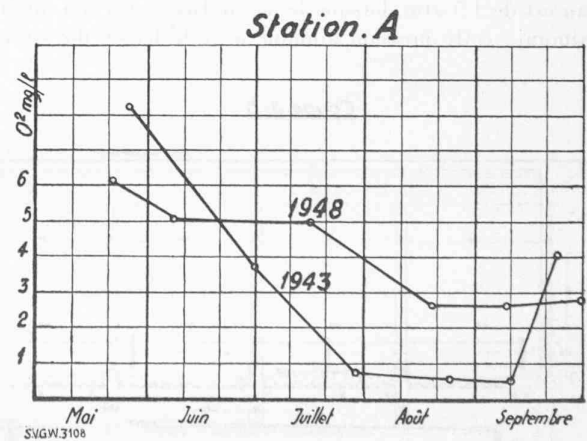


Diagramme 2. — Station A. Teneur en oxygène de l'eau arrivant à la station de filtration.

lac pendant la période de fonctionnement de la station. Il suffit de déterminer à différentes époques la quantité d'oxygène dissous en mg/l dans l'eau brute arrivant à la pompe et dans l'eau aérée retournant au lac. En reportant ces valeurs en ordonnées en fonction du temps, on obtient une courbe supérieure relative à l'eau aérée et une courbe inférieure relative à l'eau brute.

Le débit étant resté constant, soit 120 l/sec pendant toute la durée de fonctionnement, la surface comprise entre les deux courbes est proportionnelle à la quantité totale d'oxygène absorbée. On trouve ainsi que du 22 mai au 6 octobre 1948, la quantité d'oxygène dissous introduit artificiellement dans le lac est très voisine de 10 tonnes. Cette quantité n'est pas négligeable si l'on se rappelle que le volume total du lac est de 5 millions de m<sup>3</sup> et que sa capacité en oxygène dissous est d'environ 50 tonnes à 12° et à une pression atmosphérique moyenne de 705 mm.

Le diagramme 2 suivant est relatif à l'eau quittant le lac au point A où elle pénètre dans la conduite d'adduction qui aboutit aux filtres. L'échantillon est prélevé au moyen d'un robinet placé sur cette conduite, quelques mètres avant son entrée dans la station de filtration.

On a porté en ordonnées l'oxygène dissous en mg/l et en abscisses l'époque des prélèvements. La ligne brisée relative à l'année 1943, antérieure à l'aération, montre que l'oxygène dissous a passé vers le 10 septembre par un minimum un peu inférieur à 0,5 mg/l. Celle relative à l'année 1948 montre que, grâce à l'aération, l'oxygène dissous est resté supérieur à 2,5 mg/l pendant tout le mois de septembre. Ce résultat peut être considéré comme satisfaisant si l'on considère qu'en 1948 la circulation d'automne a atteint le niveau du point A le 6 octobre, alors qu'en 1943 ce niveau était atteint peu après le 10 septembre.

Notons enfin qu'au mois d'août et de septembre 1948, la quantité de Fe décelée dans l'eau filtrée est toujours restée inférieure à 0,1 mg/l et que des prélèvements de vase effectués en différents points du lac, en novembre 1948, ont montré un dépôt superficiel clair, ce qui n'était pas le cas en 1943 avant l'aération.

On pouvait se demander jusqu'à quelle distance l'eau aérée se propage dans le lac. Pour cela des prélèvements systématiques ont été faits à des profondeurs déterminées aux stations désignées par les lettres C' et D, cette dernière située (voir fig. 1) au milieu du lac. On a toujours observé un relèvement ou une décroissance moins rapide de l'oxygène

dissous dans la zone située entre 12 et 14 m de profondeur.

Il est exact, comme il a été dit plus haut, que l'eau aérée s'étale en nappe horizontale affectant la forme d'une lentille plus ou moins épaisse suivant le gradient de température. En première approximation, la vitesse de propagation est inversement proportionnelle au carré de la distance, mesurée depuis le point S. Il en résulte que le point D n'est atteint par l'eau aérée qu'après plusieurs jours de fonctionnement de la station.

Il est d'autre part évident que la vitesse de propagation de l'eau aérée devient sensiblement nulle en période de circulation totale et que l'usage de la station doit être réservé à la période de stagnation d'été.

Les résultats satisfaisants obtenus jusqu'à présent, permettent d'envisager l'application de la méthode d'aération décrite plus haut, à d'autres lacs souffrant, comme le lac de Bret, d'un déficit d'oxygène dans la profondeur.

Le problème sera différent s'il s'agit d'un simple assainissement ou de combiner une station d'aération avec une station de pompage puisant de l'eau en un point A.

Dans le premier cas la position des points N et S sera seule à considérer et la distance N-S sera choisie aussi grande que possible.

Dans le deuxième cas il y aura peut-être intérêt à réaliser une certaine symétrie en choisissant pour le point A une position située à l'intérieur du V formé par les conduites de la station d'aération.

Quelles que soient les dispositions choisies, il faudra que la distance S-A soit suffisante pour que l'eau aérée, sortant en S, mette plus de vingt-quatre heures pour parvenir au point A.

En terminant, il est prudent de faire une réserve concernant l'application éventuelle de cette méthode d'aération à un grand lac. En effet, dans le cas des grands lacs, il peut y avoir des courants sous-lacustres dont il faut tenir compte. Il serait nécessaire de faire une étude approfondie du régime et du gradient des températures ainsi que des courants avant d'envisager une telle réalisation.

## Concours d'architecture

### pour l'étude des plans du temple de St-Marc, à Lausanne

#### Extrait du règlement et du programme

L'Association du temple de Saint-Marc, à Lausanne, ouvre, en septembre 1948, un concours en vue de la construction d'un temple et de locaux annexes sur la propriété qu'elle possède dans le quartier de Valency à Lausanne, à la bifurcation du chemin de Renens et de l'avenue de Sévery.

Le concours était réservé aux architectes suisses domiciliés dans le canton de Vaud depuis une année avant la date d'ouverture, et, aux architectes vaudois quelle que soit leur résidence.

Les constructions faisant l'objet du concours comprenaient : le temple proprement dit avec ses locaux annexes, le logement du pasteur.

Le temple et ses annexes devaient abriter : un lieu de culte protestant avec orgue réservant au total 350 à 400 places ; une galerie de 80 à 100 places ; une sacristie (15 places) ; une salle de catéchisme (40 places) ; une salle paroissiale

(250 places) ; trois bureaux ; un local tenant lieu d'office pour la salle paroissiale.

#### Extrait du rapport du jury

Le jury, composé de MM. F. Panchaud, professeur, président ; J. Tschumi, professeur ; E. Virieux, architecte cantonal ; R. Loup, architecte, à Lausanne (voix consultative : M. le pasteur Anselmier ; secrétaire M. R. Widmer), a siégé les 20, 21, 22 et 24 janvier 1949.

Quarante et un projets avaient été remis dans les délais prescrits. Deux projets sont écartés comme ne satisfaisant pas aux exigences du programme. Sept projets et une variante sont éliminés pour insuffisance générale au premier tour. Au second tour, dix projets et six variantes sont écartés malgré certaines qualités pour insuffisance marquée.

Le jury procède ensuite au troisième tour au cours duquel il élimine dix projets et deux variantes qui offrent des dis-

(Voir suite texte page 255).