

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin technique de la Suisse romande
<b>Band:</b>	30 (1904)
<b>Heft:</b>	18
<b>Artikel:</b>	Les installations de la Compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe
<b>Autor:</b>	[s.n.]
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-24143">https://doi.org/10.5169/seals-24143</a>

#### **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:** 26.01.2026

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

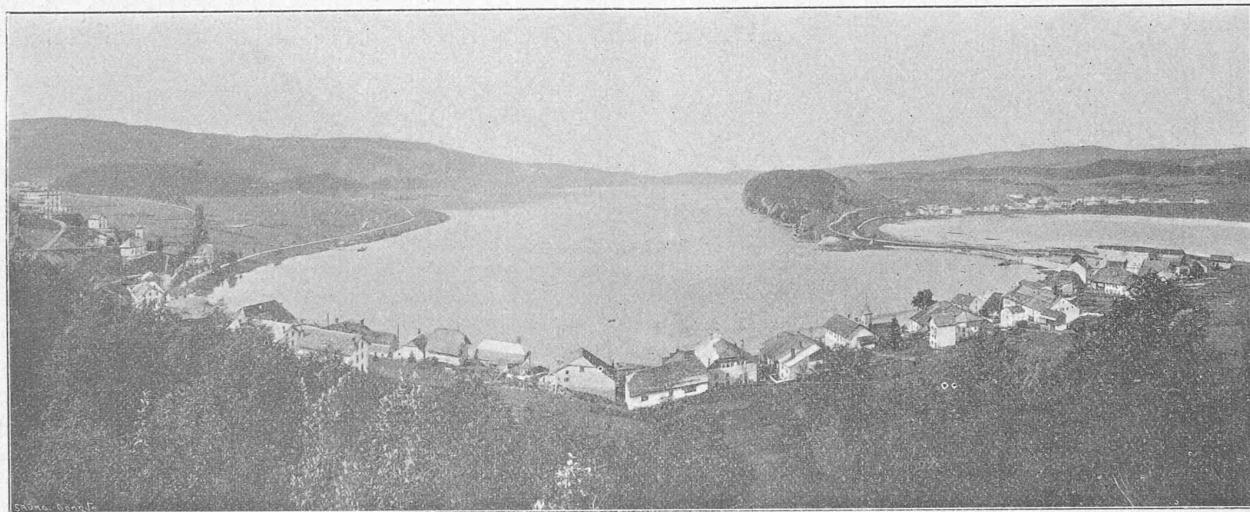
# Bulletin technique de la Suisse romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES. — Paraissant deux fois par mois.

Rédacteur en chef: M. P. HOFFET, professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

Secrétaire de la Rédaction : M. F. GILLIARD, ingénieur.

**SOMMAIRE:** *Les installations de la Compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe*, par M. C.-H. Perrin, ingénieur. — *Alcool industriel. Etat actuel de la question de son utilisation pour l'éclairage et la production de force motrice*, par M. Octave Rochat, ingénieur. — *Monument commémoratif de la fondation de l'Union postale universelle*. — **Divers:** Plan d'extension de Lausanne. Rapport de la Commission d'art public (Extrait). — Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne. — *Nécrologie* : Antonio Chiattone. — *Sociétés* : Société technique suisse de l'industrie du gaz et des eaux. XXXI<sup>e</sup> Réunion annuelle. — *Concours* : Collège suburbain de Vausseyon, à Neuchâtel.



Cliché Jullien frères.

Fig. 1. — Le lac de Joux et le lac Brenet, vus depuis le Pont.

## Les installations de la Compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe.

### INTRODUCTION

#### Hydrographie du bassin des lacs de Joux.

La Vallée de Joux, située dans le Jura à une altitude voisine de 1000 mètres, forme un bassin naturel fermé dont la superficie totale atteint 211 km<sup>2</sup>.

Une partie des eaux météoriques de ce territoire est directement absorbée par les couches perméables du sol, tandis que l'autre partie vient s'accumuler au fond de la vallée, en formant une nappe d'environ 10 km<sup>2</sup>, dont la profondeur maximum atteint 34 mètres. Un étranglement de la vallée divise cette nappe en deux bassins d'inégale grandeur, le lac de Joux et le lac Brenet (fig. 1).

Le principal cours d'eau se déversant dans ces lacs est l'Orbe, qui sort du lac des Rousses, coule le long de la vallée et se grossit de quelques petits affluents, dont le plus important est le Brassus. Le lac de Joux reçoit encore les eaux de la Lyonne, ruisseau qui s'y jette à l'Abbaye.

L'alimentation du lac s'effectue aussi par plusieurs sources sous-lacustres, constatées par des différences de température amenant en hiver des retards dans la congélation de certaines régions du lac.

Il faut en outre remarquer que le bassin des lacs dépasse la limite géographique des faîtes; il est en effet démontré qu'une partie des eaux du versant français du Mont Risoux se rassemble également dans la cuvette de ces lacs.

Les eaux recueillies dans ce réservoir naturel n'ont pas d'écoulement superficiel; sans former un cours d'eau bien délimité, elles s'échappent par infiltration dans le sol, à travers les fissures que présente le terrain calcaire du bassin.

Plusieurs de ces exutoires, ou *entonnoirs*, sont visibles et connus depuis longtemps; ils sont au nombre de douze, dont cinq au lac Brenet et sept au lac de Joux.

Quant aux orifices invisibles, leur existence ressort des observations de tous les auteurs qui ont étudié le régime de ces lacs.

Citons, entre autres observations, les relevés limnémétriques complets du niveau des lacs de la vallée de Joux, effectués depuis l'année 1847. Ces relevés ont fourni de précieux éléments pour les études entreprises au cours

des quinze dernières années, notamment à une étude complète de la question, au double point de vue hydrologique et géologique, exécutée par MM. les professeurs F.-A. Forel et H. Golliez, de 1892 à 1894, pour le compte du Département des travaux publics du Canton de Vaud.

Tout en admettant que le bassin n'est pas étanche, on peut affirmer aussi que le débit des fissures invisibles est beaucoup moins important que celui des débouchés visibles et peut être considéré comme pratiquement négligeable.

Les eaux débitées par les différents exutoires, visibles ou invisibles, s'achèment à travers les crevasses de la montagne, se rassemblent pour la plus grande partie et sourdent enfin à la cote 789 m., à La Dernier, près Vallorbe, dans un site bien connu des touristes, en formant la source de l'Orbe. C'est une source vauclusienne, débouchant au pied d'une paroi de rocher et dont nous reproduisons une photographie dans la figure 2.

Les eaux jaillissant à la source de l'Orbe ne proviennent pas exclusivement des lacs de Joux et Brenet; une partie provient du drainage des terrains traversés. Par diverses méthodes, entre autres par la comparaison des températures de l'eau dans les lacs et à la source de l'Orbe, on a pu établir que, dans des conditions normales, les eaux des lacs constituent environ le

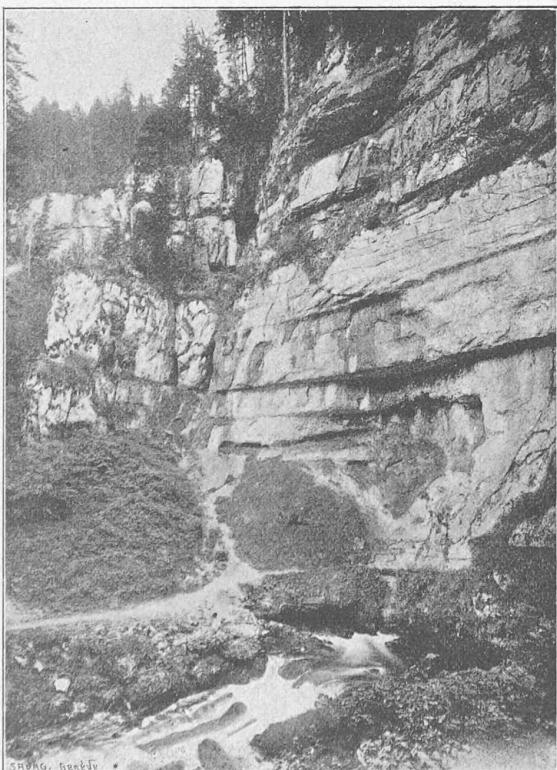


Fig. 2. — La source de l'Orbe.

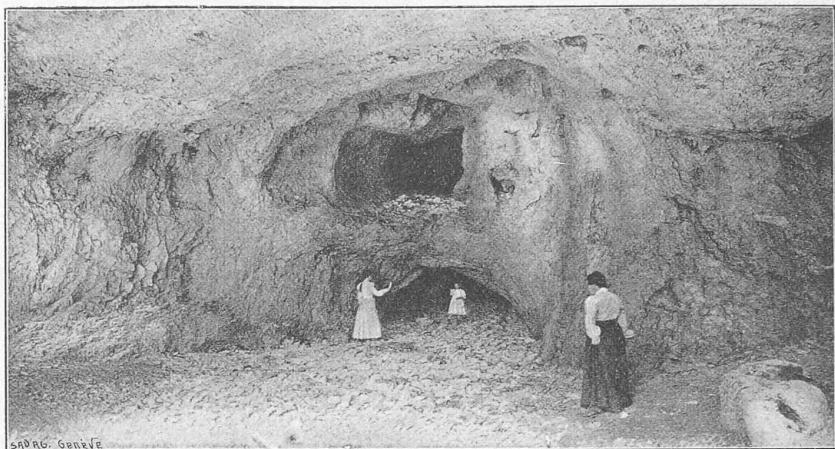


Fig. 3. — La grotte de Vallorbe.

60 % du débit de la source; le solde, soit 40 %, provient d'autres eaux souterraines.

Plusieurs mesures ont été faites pour déterminer la durée de l'écoulement de l'eau entre les lacs et la source de l'Orbe. Il faut deux heures à deux heures et demie pour qu'une augmentation du débit à l'entonnoir de Bon-Port (lac Brenet) se fasse sentir à la source de l'Orbe.

D'autres expériences, effectuées en colorant l'eau dans les entonnoirs, ont montré que la durée d'écoulement entre l'entonnoir de Bon-Port et la source est d'environ 22 heures, la distance entre ces deux points étant de 3 kilomètres. Pour l'entonnoir du Rocheray (lac de Joux), situé à 11 kilomètres de la source, une expérience analogue a donné une durée de 12 jours environ.

La vitesse de l'écoulement souterrain est donc très faible, ce qui démontre l'existence d'une nappe d'eau intérieure importante.

Dans la paroi de rocher, au pied de laquelle jaillit la source de l'Orbe, se trouve la grotte de Vallorbe (figure 3). Cette grotte est un ancien émissaire des eaux qui, dans certaines années très pluvieuses, débite, sous forme de cascade, une partie des eaux accumulées dans les cavités intérieures de la montagne.

Nous reproduisons, dans la figure 4, la courbe des relevés limnimétriques, donnant les maxima et minima des niveaux des lacs observés depuis 1847.

Il ressort de ces relevés que la plus grande amplitude des variations de niveau des lacs, pendant cette période, a oscillé entre les cotes 1011 m., au mois de janvier 1883<sup>1</sup>, et 1004<sup>m</sup>,90 en 1865; la plus grande différence de niveau a donc été de 6<sup>m</sup>,10.

Abandonnés à leur régime naturel, ces lacs peuvent donc voir leur niveau varier dans des limites très éloignées, ce qui ne laisse pas d'être dangereux pour les populations riveraines, car, dès que la cote 1009<sup>m</sup>,50 est atteinte, des maisons d'habitation et des terrains cultivés commencent à être inondés.

<sup>1</sup> Le graphique de la fig. 4 indique ce maximum comme s'étant produit en 1882. La crue en question a eu lieu effectivement les derniers jours de décembre 1882, mais atteignit son maximum le 4 janvier 1883.

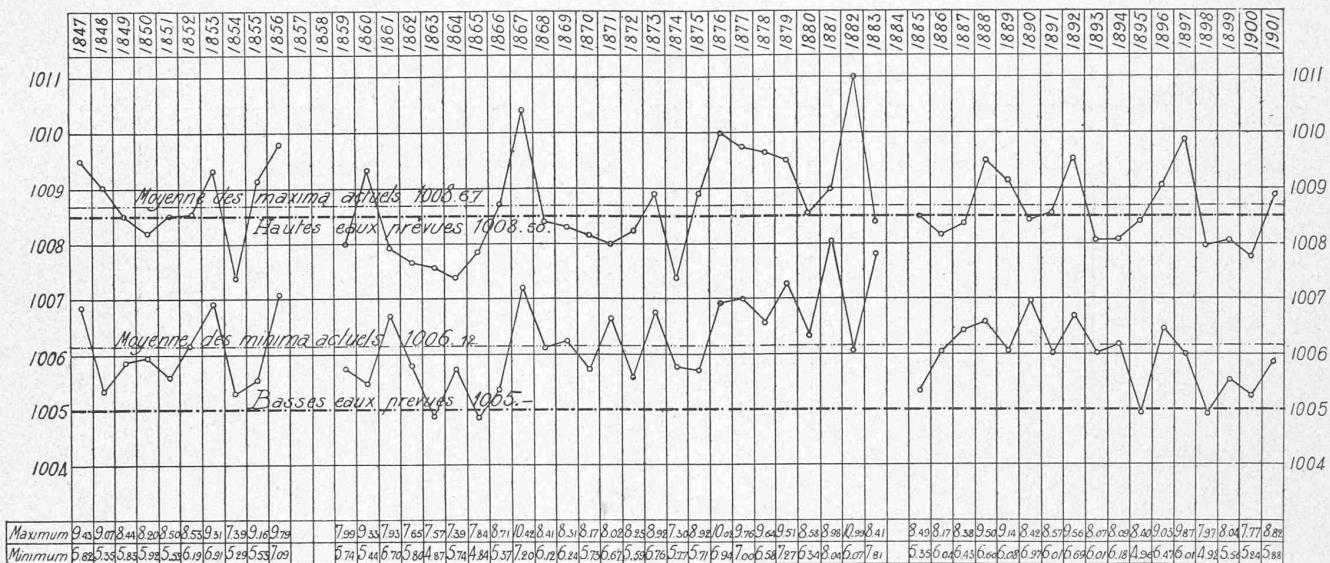


Fig. 4. — Relevés limnimétriques des lacs de Joux de 1847 à 1901.

C'est au printemps en général, par l'effet de la fonte des neiges, que le niveau des eaux est le plus élevé; ce maximum se produit parfois aussi en automne, à la suite d'une période très pluvieuse. Quant aux basses eaux, elles résultent soit de la sécheresse de l'été, soit de la congélation hivernale; il y a ainsi deux types de minimum, qui se produisent ou en automne ou à la fin de l'hiver. Le régime des lacs, dépendant des circonstances climatériques, est donc assez différent d'une année à l'autre, ainsi que le montrent les courbes de la figure 5, représentant la variation du niveau des lacs au cours de trois années consécutives (1896, 1897 et 1898). Ces variations sont parfois excessivement rapides; au mois d'octobre 1865, par exemple, après une série de grandes pluies, le niveau s'est élevé de 1<sup>m</sup>,80 dans l'espace de 10 jours.

Le seul débit des entonnoirs ne suffit pas à maintenir le niveau des lacs à un maximum déterminé, car ces entonnoirs peuvent évacuer 5 à 6 mètres cubes par seconde, au maximum, lorsque le lac est à la cote 1009. Ce débit est tout à fait insuffisant pour parer à une inondation, celle-ci est inévitable suivant les circonstances pluviales.

Le lac étant à la cote 1006 m., ce débit se réduit à environ 1<sup>m</sup>,6 par seconde.

Au point de vue du débit, les entonnoirs sont très différents. Celui de Bon-Port, au lac Brenet, est le plus important. Tirant parti de la chute existante, une scierie y avait été installée avec une turbine placée au fond de l'entonnoir. Cette usine a fonctionné jusqu'en 1883.

L'entonnoir du Rocheray, à l'extrémité supérieure du lac de Joux, a donné lieu également à une installation analogue, encore en service en 1904. Ces deux scieries constituent donc la première application industrielle des eaux des lacs.

A plusieurs reprises, des travaux ont été entrepris par l'Etat de Vaud aux entonnoirs, en particulier à celui

de Bon-Port, sous la direction de M. l'ingénieur Guiger de Prangins, pour arriver à régulariser, dans une certaine mesure, le niveau des lacs, en augmentant le débit des entonnoirs; mais ces travaux et l'établissement de barrages munis de vannes n'étaient pas suffisants.

En diminuant le débit, on pouvait en effet maintenir le lac à un certain niveau en temps de sécheresse, mais les travaux exécutés ne permettaient pas d'augmenter le débit naturel maximum des entonnoirs.

Au sujet du régime naturel des eaux, mentionnons le fait qu'une certaine régularisation automatique s'opérait par quelques entonnoirs, voisins des rives, qui cessaient de débiter lorsque l'eau s'abaissait au-dessous de leur cote. Par contre, il arrive que le rôle d'autres entonnoirs, notamment celui du Rocheray, est interverti à la fonte des neiges ou dans des périodes très pluvieuses; ces orifices sont obstrués partiellement par les venues d'eau provenant des nappes supérieures du Risoux et les entonnoirs refuent de l'eau dans le lac au lieu d'en favoriser l'écoulement.

Le faible débit des entonnoirs présente un avantage au point de vue de la régularisation de l'Orbe inférieure, dont le cours n'est fortement influencé que par les variations des quantités d'eau aboutissant directement à la source de l'Orbe, sans subir l'atténuation du bassin lacustre. Ceci explique pourquoi les crues de l'Orbe sont relativement modérées eu égard à la nature et à l'étendue du territoire qui alimente cette rivière.

L'insuffisance du débit des entonnoirs a conduit à créer un écoulement artificiel, réglable, dimensionné de façon à éviter tout risque d'inondation à la Vallée de Joux. L'idée est venue ensuite de tirer parti de l'entreprise de correction fluviale pour y greffer une entreprise industrielle, c'est-à-dire utiliser la différence de niveau d'environ 220 mètres existant entre les lacs de Joux et la source de l'Orbe pour la création d'une force motrice importante.

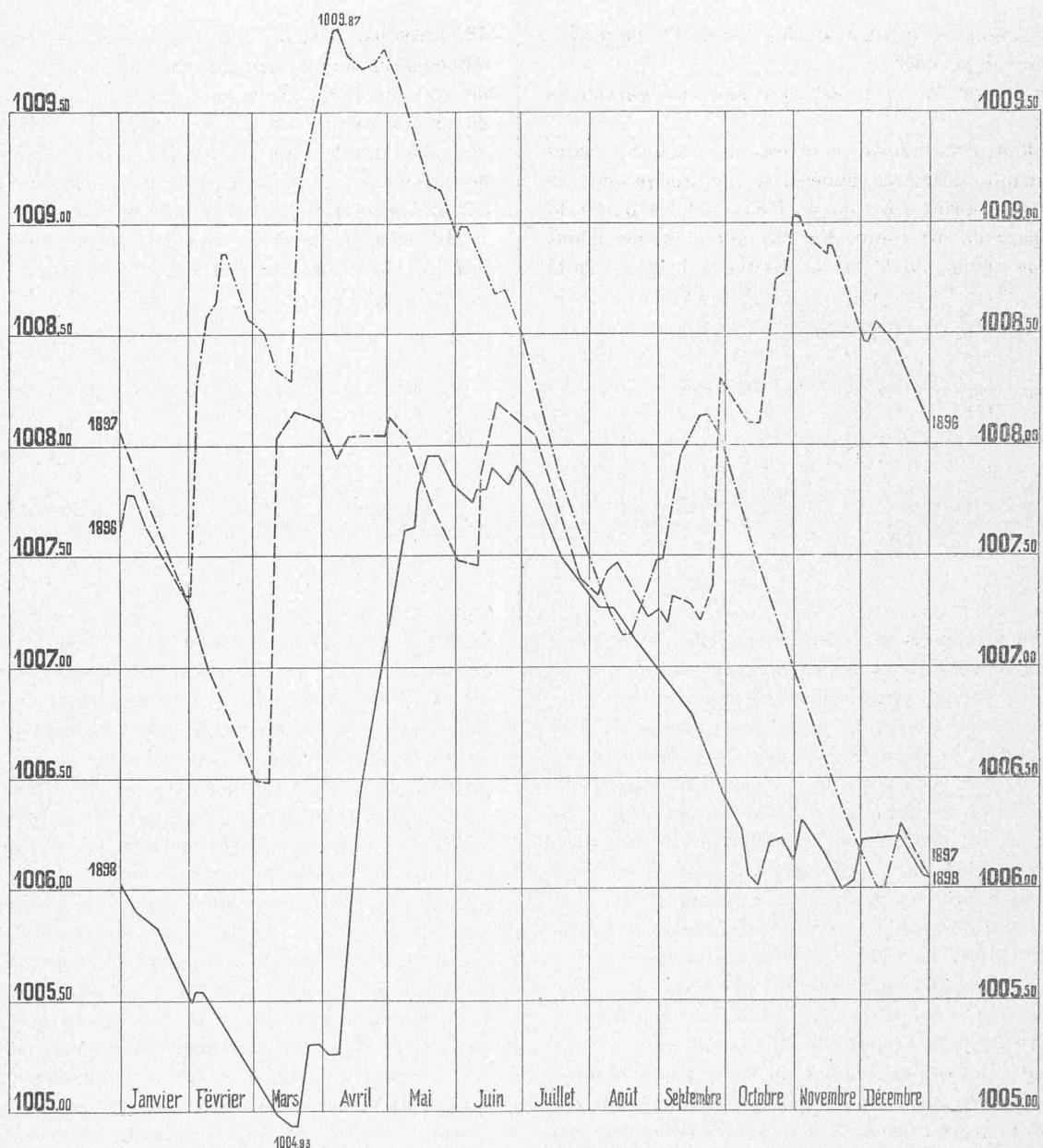


Fig. 5. — Variation du niveau des lacs de Joux pendant les années 1896, 1897 et 1898.

## PREMIÈRE PARTIE

### Régularisation des eaux de la Vallée de Joux. (Entreprise fluviale).

#### Renseignements généraux.

Au point de vue de la régularisation, le problème à résoudre était le suivant :

Créer un canal artificiel à écoulement réglable, permettant de débiter une quantité d'eau suffisante pour rendre impossible une inondation de la Vallée de Joux, en maintenant les eaux des lacs entre des limites fixées, tout en utilisant la force motrice devenue disponible par ces travaux.

Plusieurs projets, avec des données assez variables suivant leurs auteurs, ont été élaborés depuis l'année 1891 pour la réalisation de ce double programme.

En 1897, M. Jordan-Martin, chef du Département des Travaux publics du Canton de Vaud, chargea M. A. Palaz, ingénieur, d'une étude définitive de la question.

Nous renvoyons, pour de plus amples détails, à cette étude<sup>1</sup>, à laquelle nous empruntons la plupart des renseignements qui suivent.

Les travaux, dont la description suit, ont été exécutés sur la base de cette étude et sous la direction immédiate de M. A. Palaz, pour le compte de la Compagnie vaudoise

<sup>1</sup> Régularisation des eaux du lac de Joux et utilisation des forces motrices. — Rapport présenté au Département des Travaux publics du Canton de Vaud par A. Palaz, ingénieur-conseil. Lausanne, 1899.

des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe dont il est l'ingénieur en chef.

Le projet de M. Palaz est basé sur les observations suivantes :

L'étude des variations du niveau des lacs, au cours des cinquante dernières années, a montré qu'une des crues les plus fortes a permis au lac de s'élever de 1<sup>m</sup>,80 dans l'espace de dix jours. En supposant qu'au début d'une crue semblable le lac se trouve à la plus haute cote admissible, il faut, pour éviter l'inondation, que le canal puisse débiter la quantité d'eau correspondant à un apport de cette importance. En fixant entre 1008 et 1009 m. la cote maximum, la surface du lac est d'environ 1 000 000 m<sup>2</sup>. La crue de l'année 1865 a donc amené au lac une quantité de 18 millions de mètres cubes d'eau en dix jours, qu'il faut pouvoir évacuer dans le même laps de temps, soit à raison de 21 mètres cubes par seconde.

C'est ce chiffre qui a été admis pour le calcul de la section du canal artificiel.

Une autre donnée importante de la régularisation réside dans les limites fixées pour les variations du niveau. Les valeurs qui leur ont été assignées sont les suivantes :

Niveau maximum . . .	1008 m. 50
Niveau minimum . . .	1005 m. —

Voici, d'après ces limites, quelles sont les réserves d'eau contenues dans les lacs pour différents niveaux.

Niveau des lacs.	Réserve d'eau.
1005,0 m.	0 m <sup>3</sup> .
1006,0	8 200 000
1007,0	16 900 000
1007,5	21 500 000
1008,0	25 200 000
1008,5	30 000 000

En fixant le niveau supérieur à la cote 1008<sup>m</sup>,50, on constitue donc une réserve importante, qui permet d'assurer un débit de 2900 litres par seconde pendant 120 jours. A la cote 1007<sup>m</sup>,50 ce débit serait de 2050 litres par seconde.

Mais, au début d'une période sans pluie, le lac n'est pas nécessairement à la cote maximum, on peut admettre, par exemple, qu'il est voisin du niveau moyen ; dans ce cas, en prenant la cote moyenne 1007<sup>m</sup>,0, la réserve constituée est encore de 16 900 000 m<sup>3</sup>, ce qui correspond à un débit de 1600 litres par seconde, pendant 120 jours.

Le minimum de débit régulier admissible intervient dans le volume d'eau qui doit être assuré à l'Orbe inférieure, en temps de sécheresse, afin de sauvegarder les intérêts des usiniers d'aval.

Ce minimum est prévu à environ 3 m<sup>3</sup> par seconde ; il est obtenu par l'apport du canal artificiel, par l'écoulement naturel du aux exutoires invisibles et par les eaux superficielles ou souterraines qui aboutissent directement à la source de l'Orbe.

En admettant que tous les entonnoirs connus soient cancelés, le débit des entonnoirs invisibles a été admis à

450 litres par seconde, soit une valeur égale au débit des affluents du lac au moment des basses eaux. Ce chiffre de 450 litres, admis comme représentant la non étanchéité du bassin, est plutôt élevé ; cette hypothèse défavorable annule l'apport des affluents du lac en temps de sécheresse, et supprime ces deux éléments dans le calcul des réserves d'eau disponibles.

Le débit du canal, en vue de la production de force motrice, doit donc être fourni entièrement par l'accumulation hydraulique.

Pour terminer ces renseignements généraux, mentionnons que le Conseil d'Etat du Canton de Vaud, suivant les propositions de M. V. Duboux, chef du Département des Travaux publics, a soumis au Grand Conseil un projet complet pour la régularisation du niveau des lacs de La Vallée et la constitution de la *Compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe*, chargée d'en exécuter les travaux. Ce projet a été adopté par le Grand Conseil le 22 mai 1901.

Le décret du 22 mai 1901 prévoit que les travaux seront exécutés de manière à limiter les oscillations du niveau des lacs entre les cotes normales de 1005 et de 1008,5 mètres, la manœuvre des vannes du canal de dérivation étant effectuée conformément à un règlement approuvé par le Conseil d'Etat.

La Compagnie reçoit en outre la concession des forces motrices des lacs de la Vallée et celles de l'Orbe et de ses affluents non encore concédées, le tout pour une période expirant le 31 décembre 1951.

### Description des travaux.

**1. Entonnoirs.** — Afin d'être maître de la régularisation des eaux et de permettre un réglage aussi parfait que possible, il importait de canceler les voies d'eau naturelles du bassin lacustre, constituées par les entonnoirs.

Tous les entonnoirs connus, situés sur les rives des lacs, ont été bordés de digues construites en béton et en maçonnerie. Ces digues ont été arasées à la cote 1009<sup>m</sup>,10 aux entonnoirs du lac Brenet ; elles sont munies d'une échancrure de 1<sup>m</sup>,60 de largeur, arasée à la cote de retenue 1008<sup>m</sup>,50, formant ainsi déversoir automatique lorsque les eaux des lacs atteignent ce niveau. En plus, les barrages des principaux entonnoirs ont été pourvus d'une vanne de fond, permettant de les faire fonctionner avec un fort débit, même en basses eaux.

Parmi les entonnoirs situés sur les rives du lac Brenet, au nombre de six, les principaux sont l'entonnoir de Bon-Port et l'entonnoir Neuf.

Viennent ensuite : l'entonnoir de la Cave à la Metsire, l'entonnoir Martinet, l'entonnoir des Charbonnières, le creux aux Italiens.

Nous donnons dans la figure 6 une vue de l'ancien état du principal entonnoir, soit celui de Bon-Port. Cet



Fig. 6. — L'entonnoir de Bon-Port. Vue intérieure.

émissaire peut débiter environ 1400 litres par seconde, en hautes eaux.

La photographie montre le barrage dont une vanne de fond permet de régler le débit. La scierie qui utilisait la chute est déjà démolie.

Ce barrage a été modifié lors des derniers travaux. La vanne de fond a reçu une section de  $1,3 \text{ m}^2$ , le niveau du seuil étant à la cote  $1003^{\text{m}},50$ .

L'entonnoir Neuf, la Cave à la Metsire et l'entonnoir Martinet ont été également pourvus de vannes de fond ; celles-ci ont une section de  $0,4 \text{ m}^2$ , avec seuil à la cote  $1005^{\text{m}},00$ . La figure 7 donne une coupe en travers des digues de ces deux entonnoirs, avec la vanne.

Les entonnoirs sur les rives du lac de Joux sont au nombre de sept :

Entonnoir du Rocheray, entonnoir de la Combe Noire, entonnoir de la Roche fendue et les 4 entonnoirs du Pré Lyonnet.

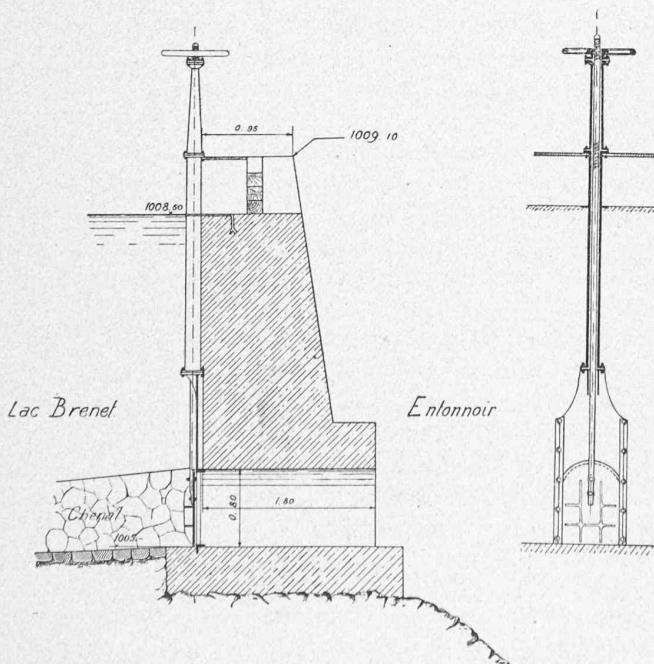


Fig. 7. — Coupe en travers d'un barrage des entonnoirs.

Ils sont beaucoup moins importants comme débit que ceux du lac Brenet. Cependant le débit de l'entonnoir du Rocheray est suffisant pour que l'on y ait installé une scierie avec une turbine de 12 chevaux, placée au fond de l'entonnoir, ainsi que nous l'avons mentionné précédemment.

Ces entonnoirs du grand lac, sauf celui du Rocheray, ont été entourés de digues semblables à celles du lac Brenet, mais sans vannes de fond et arasées à la cote  $1008^{\text{m}},50$  ; ils fonctionnent donc à partir de cette cote seulement.

**2. Prise d'eau.** — Le canal artificiel est alimenté par une prise d'eau avec vannes de réglage.

Cette prise est située à l'extrême Nord du lac Brenet, au lieu dit La Tornaz. Elle est constituée par un chenal maçonné venant s'épanouir dans le lac à quelques mètres de la grève.

Ce chenal a une largeur variant de 1 m. à  $1^{\text{m}},80$  au plafond, avec talus inclinés à  $45^{\circ}$  ; le fond du chenal est à la cote  $1003^{\text{m}},30$ , il se raccorde par une surface gauche avec la prise d'eau proprement dite, dont les parois sont verticales.

Nous donnons dans la figure 9 la disposition en plan et le profil en long de la prise d'eau, ainsi que quelques profils en travers caractéristiques.

Le radier de la prise d'eau est à la cote  $1003^{\text{m}},50$ , soit  $1^{\text{m}},50$  en dessous du niveau inférieur (1005 m.), fixé pour la régularisation des eaux.

Cette différence assure un bon fonctionnement de la prise en temps de basses eaux et permet d'abaisser les eaux du lac Brenet en dessous de la cote 1005 m. dans certains cas exceptionnels, par exemple si des travaux de réparation aux entonnoirs exigeaient un niveau extraordinaire bas.

Pour faciliter la construction de la prise d'eau, le niveau du lac Brenet a été abaissé, à l'aide des entonnoirs, à la cote 1003 m., en créant une retenue entre les lacs de Joux et le lac Brenet par un barrage.

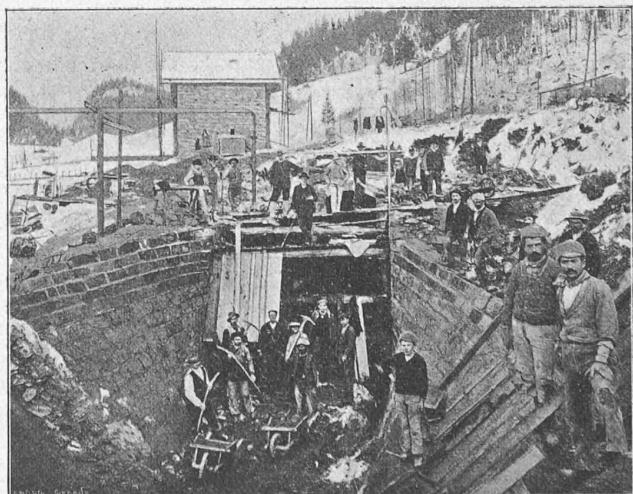
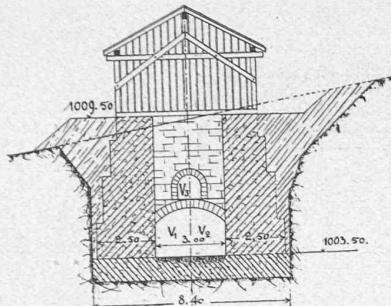
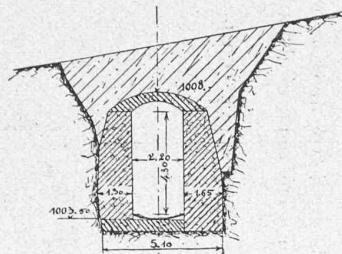


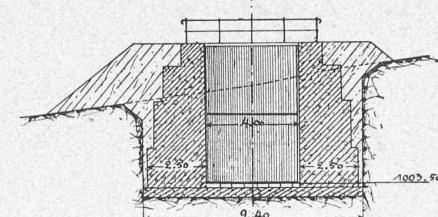
Fig. 8. — Chantier de la prise d'eau.



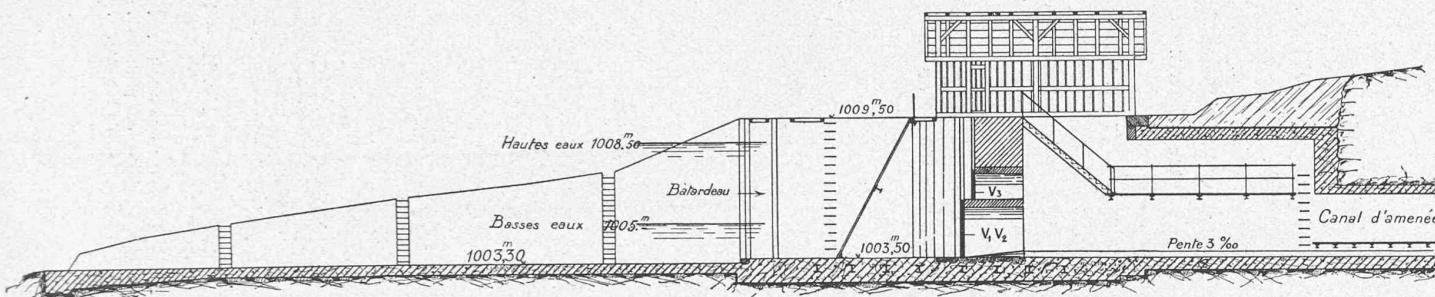
Profil en travers 6.



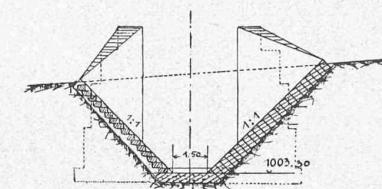
Profil en travers 5.



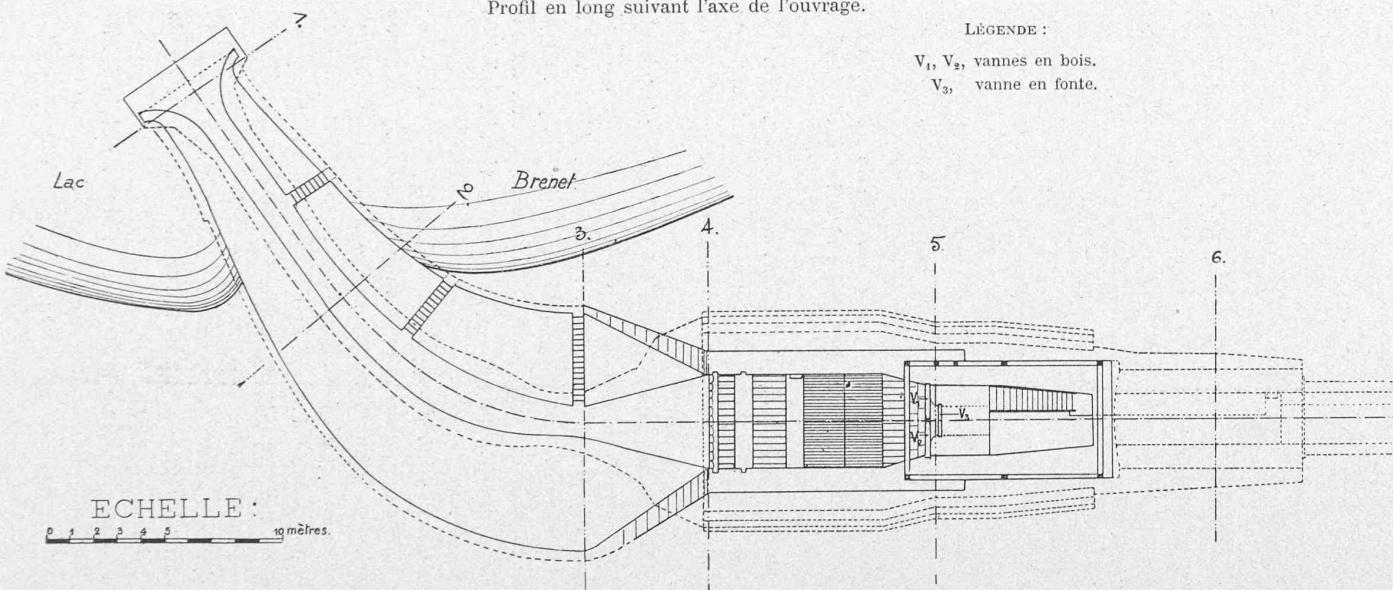
Profil en travers 4.



Profil en long suivant l'axe de l'ouvrage.



Profil en travers 3.



Plan.

FIG. 9. — PRISE D'EAU AU LAC BRENET

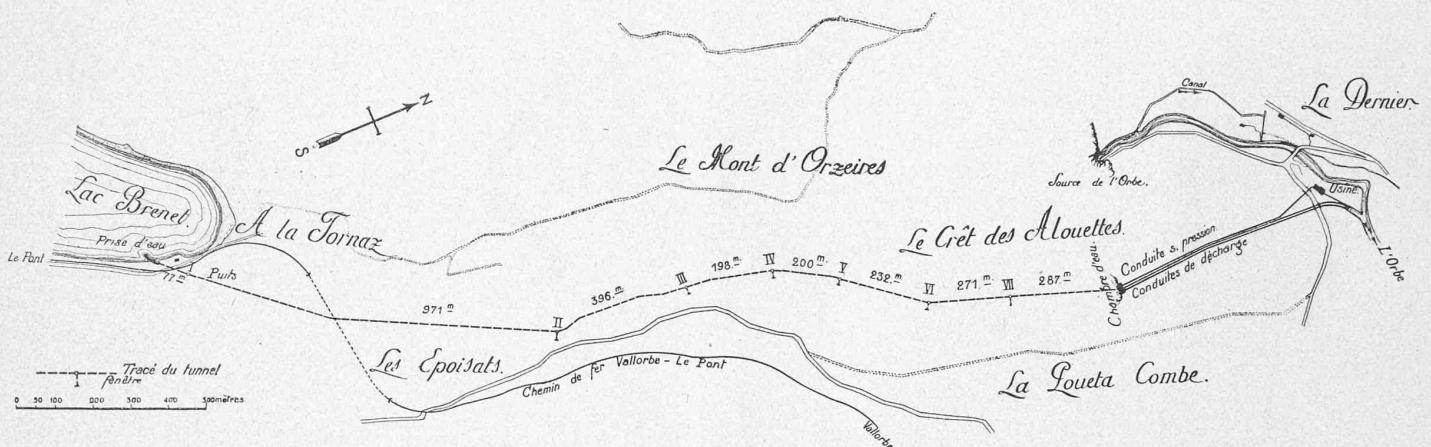


Fig. 10. — Plan de situation du tunnel d'aménée.

La figure 9 représente la prise d'eau en cours d'exécution.

Un batardeau permet de fermer la prise d'eau à l'extrémité du chenal.

Derrière le batardeau se trouve une grille de  $28 \text{ m}^2$ , inclinée à  $30^\circ$ , avec barreaux espacés de 30 mm.

Une double vanne en bois de  $1\text{m},50 \times 2 \text{ m}$ . ferme complètement l'arrivée de l'eau ; le seuil de ces vannes est à la cote  $1003\text{m},50$  ; elles permettent un débit de 20 mètres cubes à la seconde.

Au-dessus de ces vannes, et placée dans la paroi de maçonnerie transversale fermant la prise d'eau, une troisième vanne en fonte de  $1,2 \text{ m}^2$  de section permet de régler plus facilement et avec plus d'exactitude le débit nécessaire au fonctionnement de l'usine et à la régularisation fluviale.

L'entrée du tunnel est à 15 m. des vannes. Dans la première partie, le profil du tunnel a été agrandi ; une passerelle y donne accès et permet d'observer l'arrivée de l'eau.

Enfin, une vanne en fonte a été placée dans le tunnel, à 100 mètres de la prise, dans un puits maçonné, utilisé pour la construction du tunnel d'aménée. Cette vanne constitue une sécurité supplémentaire, car elle permet de couper totalement l'arrivée de l'eau dans le tunnel, au cas où le fonctionnement de la prise d'eau viendrait à être compromis.

Une habitation du type des guérites des gardes-voie a été construite aux abords de la prise d'eau. Un garde chargé de la manœuvre des vannes de la prise d'eau et des entonnoirs y est à demeure ; il reçoit directement les ordres de l'usine à l'aide d'une ligne téléphonique posée à l'intérieur du tunnel d'aménée.

**3. Tunnel d'adduction des eaux.** — Le canal d'adduction des eaux est complètement en tunnel. Sa longueur totale entre la prise d'eau et le sas de distribution est de 2632 mètres.

La figure 10 donne le tracé du tunnel. Celui-ci traverse la chaîne de montagnes qui sépare le bassin du lac Brenet du vallon des Epoisats ; cette partie du tunnel a

une longueur de 971 m. et n'a été attaquée qu'aux deux extrémités. Sur le reste du parcours, cinq fenêtres avec galeries latérales ont facilité les travaux.

La pente uniforme du tunnel est de  $3\%$ .

Le tracé a rencontré des terrains de diverses natures, soit de la roche calcaire et des marnes entrecoupées par quelques bancs de poudingues, les plissements géologiques étant assez accidentés.

Nous donnons dans la figure 11 le profil-type du tunnel dans le calcaire compact ; ce profil a été renforcé dans d'autres terrains.

La section moyenne est d'environ  $5,7 \text{ m}^2$ , soit  $2\text{m},20$  de large sur  $2\text{m},60$  de hauteur.

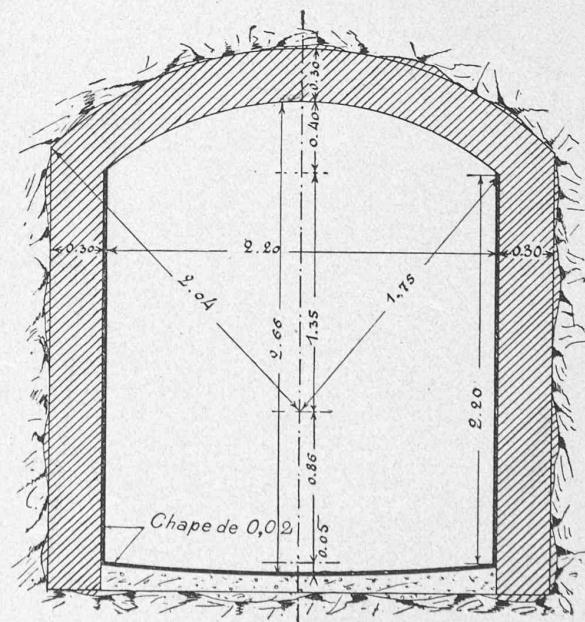


Fig. 11. — Profil-type du tunnel.

Cube de déblai . . . . .	par m. courant	$8,20 \text{ m}^3$
> des piédroits . . . . .	>	$1,42 \text{ m}^3$
> de la voûte. . . . .	>	$0,88 \text{ m}^3$
> du béton du radier . . . . .	>	$0,25 \text{ m}^3$
Surface de l'enduit . . . . .	>	$6,60 \text{ m}^2$

Un débit de 20 mètres cubes à la seconde représente à peu près l'écoulement à pleine section du tunnel.

Une passerelle en bois, posée sur supports en fer, a été placée dans le tunnel, à 50 cm. au-dessus du radier, pour le service d'inspection.

La dernière partie du tunnel, près de la chambre d'eau, forme réservoir.

(A suivre.)

### Alcool industriel.

#### Etat actuel de la question de son utilisation pour l'éclairage et la production de force motrice.

Par M. OCTAVE ROCHAT, ingénieur.

L'utilisation de l'alcool comme agent d'éclairage ou de force motrice n'a guère fait l'objet d'une étude en Suisse, mais, pour les pays qui nous entourent : la France, l'Allemagne et l'Autriche, le développement des emplois industriels de l'alcool préoccupe à la fois l'agriculture et l'industrie, et les gouvernements y voient un très vif intérêt.

Nous voudrions essayer de résumer les résultats acquis et, en examinant tout ce que l'on attend d'une solution pleinement satisfaisante de ce problème, peut-être verrons-nous ce que la Suisse peut en espérer.

Dans tous les pays la vente d'alcool doit acquitter certains droits et la fabrication de celui-ci est l'objet de la surveillance de l'Etat, qui trouve, par ces impôts indirects, d'importants revenus. En Suisse, la Régie des alcools a vendu, en 1903, 56 771 q. m. d'alcool potable et 48 689 d'alcool dénaturé, laissant un bénéfice de Fr. 6 450 000, dont 6 317 000 furent répartis aux cantons. En France, la production atteint 2 300 000 hl., pour la moyenne des cinq dernières années, procurant le joli revenu annuel d'environ 300 000 000 de francs.

L'alcool ayant de nombreux emplois industriels, il importait de lui permettre de pouvoir être utilisé dans l'industrie à un prix peu élevé, aussi s'est-on vu dans l'obligation de créer un alcool, dit dénaturé, sur lequel l'Etat ne perçoit que des droits réduits. En 1814, une loi française consacrait ce principe pour la première fois.

Dénaturer l'alcool, c'est chercher à le rendre imbuvable, sans changer ou altérer ses propriétés, et de telle façon que cet alcool ne puisse être régénéré que par une série d'opérations trop onéreuses pour permettre cette fraude. Le dénaturant idéal devrait être une matière absolument inséparable de l'alcool dénaturé, ce qui ne paraît guère possible, mais au moins difficilement séparable, et telle que de très petites doses puissent facilement en être dévoilées dans l'alcool régénéré.

Les substances les plus employées sont les méthylènes impurs, soit l'alcool méthylique obtenu par la distillation du bois et qui contient quelques produits pyrogénés. En Allemagne, on mélange à cet esprit de bois de la pyridine, base extraite de l'huile d'os. Par hectolitre d'alcool, on

ajoute deux litres d'alcool méthylique et demi-litre de cette pyridine. La dénaturation revient à Fr. 2,50.

En Italie, le procédé est assez semblable et le gouvernement vend à Fr. 3,80 la matière dénaturante d'un hectolitre.

La Régie française emploie encore aujourd'hui dix litres de méthylène, auxquels s'ajoutent d'autres substances, suivant la destination du produit ; pour l'alcool de chauffage cette dénaturation revient à environ Fr. 10 par hectolitre. Les congrès tenus en France ces dernières années, pour s'occuper de l'alcool industriel, ont adressé au Gouvernement le vœu pressant de le voir adopter un procédé moins coûteux, et il s'y résoudra certainement.

En Suisse, l'alcool destiné à la dénaturation est un alcool de seconde qualité à 95°, acheté par la Régie à l'étranger, au prix de Fr. 19 à 20 le q. m. en 1903. La dénaturation est obtenue par un mélange de trois substances qui sont des méthylènes, des bases de pyridine et de l'huile de goudron. On ajoute 2 1/2 à 3 kg. de dénaturant par 100 kg. et le prix de revient de l'alcool dénaturé se trouve augmenté de Fr. 2,25 à 3 par quintal. Dans tous les pays on recourt à des dénaturants spéciaux pour l'alcool destiné à diverses industries.

La Russie a mis au concours la recherche d'un nouveau dénaturant, et il est à espérer que le beau prix proposé aux chercheurs pourra récompenser la découverte d'un procédé donnant toute satisfaction aux exigences à concilier et dont le coût n'entrera plus guère en ligne de compte dans le calcul du prix de revient de l'alcool industriel.

Le développement de la production d'alcool est, pour l'agriculture, une question de très grand intérêt. La culture de la betterave, en France, de la betterave et surtout de la pomme de terre, en Allemagne, sont des revenus précieux. Elles ont permis, dans ce dernier pays, de mettre en valeur des terrains très pauvres, tandis qu'en France la betterave, alternant avec la culture du blé, conservait à celle-ci un rendement rémunérateur.

D'un autre côté, on se préoccupe plus que jamais des ravages que cause à la société l'abus des boissons d'alcool. Comment donc concilier des exigences si diverses ? N'est-ce pas, d'une part, en diminuant la quantité d'alcool consommé en boissons, par un relèvement des droits perçus par l'Etat, et, d'autre part, en encourageant le plus possible l'emploi de l'alcool industriel, grâce à un abaissement du prix de vente, résultant de primes prélevées sur les droits ci-dessus ?

C'est ainsi que le comprennent nos deux grandes voisines, où l'on rivalise dans les études à la recherche de nouvelles applications industrielles de l'alcool. Comme dans tant d'autres domaines de l'industrie, l'Allemagne a devancé la France, et c'est chez elle que les gouvernements pourront étudier les voies et moyens utilisés, lesquels ont jusqu'ici fort bien réussi.

Grâce aux primes allouées aux dénaturateurs, le prix de vente de l'alcool dénaturé 90 % est, en Allemagne, de 15 Mark. l'hl., par très grandes quantités, et Mk. 16,50 pour des quantités plus petites, soit Fr. 18,75 et Fr. 20,60. Aussi