

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 63 (1937)
Heft: 10

Artikel: Lacs suisses d'accumulation
Autor: Mathys, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-48447>

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>

arrangements sont d'autant plus faciles lorsqu'ils sont conclus avant que les terrains aient pris une valeur trop élevée.

Les constructions.

Comment lutter contre le désordre dans les formes et le genre des constructions, sans tomber sous la tyrannie d'une architecture officielle ?

Les règlements de quartiers, lorsqu'ils sont le résultat d'une entente entre propriétaires, pouvoirs publics et constructeurs sont une méthode excellente.

Il faut que la profession soit mieux protégée. Actuellement, les trois-quarts des demandes d'autorisation de construire sont déposées par des particuliers, des entrepreneurs, des sociétés de construction, sans recourir à des architectes qualifiés.

Il faut aussi que le public soit éclairé. L'abandon de saines traditions et les erreurs qui en découlent viennent en général d'une fausse conception du client. La mentalité créée par les bazars et les uniprix sévit aussi dans la construction et si, dans le domaine de la mode, le goût pour la camelotte et la course à l'économie n'ont qu'une importance secondaire, dans le domaine de la construction, la question est bien différente. L'employé, le commerçant, l'ouvrier qui met dans sa maison l'argent épargné pendant des années de travail doit comprendre qu'avant de chercher l'économie dans les prix de concurrence, il faudrait d'abord qu'il la poursuive dans la conception de son habitation, c'est-à-dire dans la forme, dans le plan, dans l'agencement des pièces. Economie devrait signifier simplicité. Et cette simplicité n'est nulle part mieux exprimée que dans les constructions rurales.

Le retour à de saines traditions se fera beaucoup plus par l'éducation du public que par la voie législative. À ce point de vue, le concours¹ pour l'étude de petites villas et de maisons familiales à Genève, en 1935, ainsi que les primes accordées aux meilleures constructions édifiées² dans le cours de l'année sont des tentatives intéressantes qui peuvent donner d'intéressants résultats.

Lacs suisses d'accumulation

par G. MATHYS, ingénieur, à Bâle.

Depuis quelques années, un certain nombre de nos producteurs d'énergie électrique se plaignent de ne savoir que faire de leur énergie disponible. Un coup d'œil jeté sur le graphique de la figure 1, qui représente la production et la consommation d'énergie électrique suisse fournie à des tiers permet de se rendre compte de la justesse de cette plainte. Ce graphique a été établi sur la base des statistiques publiées régulièrement, depuis 1932, par l'Office fédéral de l'économie électrique. La ligne I indique la production possible des usines suisses en année moyenne, compte tenu de la mise en service des usines actuellement en construction. Dans le cas d'une année très humide, cette production pourra dépasser la ligne I de 3 à 400 millions de kWh et, dans le cas d'une année très sèche, lui rester inférieure d'autant. La ligne II représente la consommation suisse d'énergie vendue à un prix normal, la ligne III, la somme de cette énergie et de l'énergie d'exportation et la ligne IV, l'énergie totale vendue par les usines électriques. Le champ délimité par les lignes III et IV est l'énergie fournie, en Suisse, pour le chauffage des chaudières et cédée à un prix généralement inférieur au prix de revient.

¹ Voir *Bulletin Technique* du 6 juillet 1935, p. 168. — Réd.

² Voir *Bulletin Technique* du 12 septembre 1936, reproduction des objets primés. — Réd.

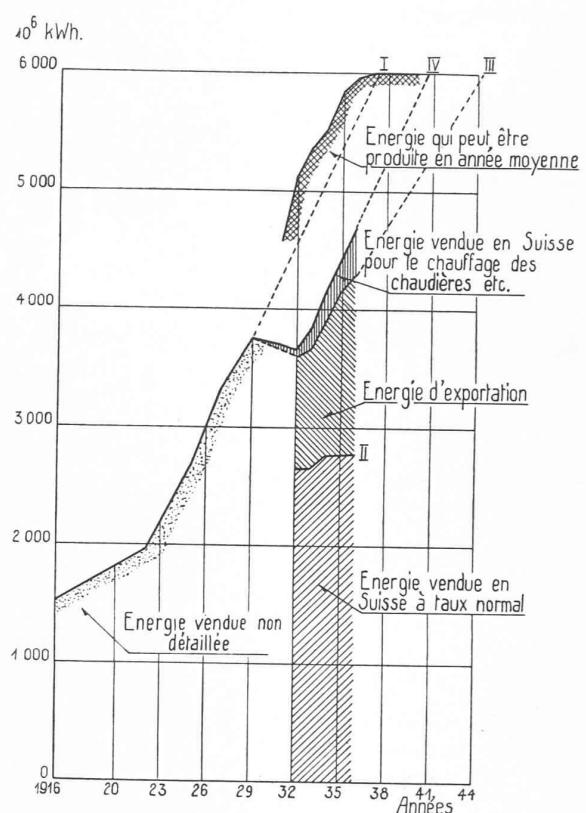


Fig. 1. — Energie électrique qu'il est possible de produire en Suisse, en année moyenne, livrée à des tiers.

En cas de besoin, la fourniture de cette énergie livrée à titre précaire pourrait être supprimée.

La consommation totale d'énergie, ligne IV, qui augmentait très fort depuis 1922, a subi un brusque arrêt en 1929 et a repris sa marche ascendante dès 1931-32. Il en est résulté un écart considérable entre la possibilité de production et la consommation, ce qui explique les plaintes dont nous parlions tout à l'heure. La marche ascendante actuelle de la ligne IV est due presque exclusivement à l'augmentation de l'exportation d'énergie. Aujourd'hui encore, certains consommateurs critiquent l'exportation d'énergie, alors que nous devrions nous féliciter de l'amélioration de notre balance commerciale qui en résulte. En faisant abstraction de l'énergie fournie à titre précaire pour le chauffage des chaudières et en admettant un accroissement constant de l'énergie d'exportation jointe à l'énergie consommée en Suisse à un prix rémunérateur, représentée par la ligne III, la production totale en année moyenne, représentée par la ligne I, serait absorbée par les besoins vers 1943. Il faudrait donc mettre de nouvelles usines en service dès avant cette date, car, comme on vient de le voir, la production totale d'énergie peut subir un déchet de 3 à 400 millions de kWh en année très sèche, sans compter que, faute de liaison et d'entente suffisantes entre les différents réseaux, il est actuellement impossible de livrer toute l'énergie produite à la consommation, d'où déchet supplémentaire estimé entre 100 et 200 millions de kWh par an. En

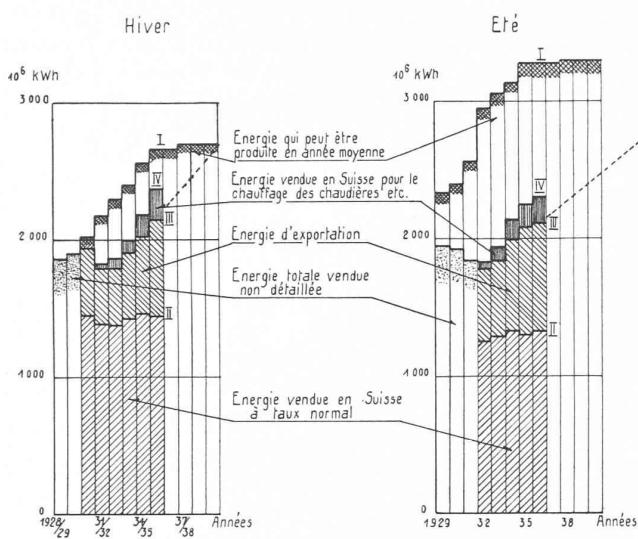


Fig. 2. — Energie électrique qu'il est possible de produire en Suisse, en année moyenne, du 1^{er} octobre au 31 mars (hiver) et du 1^{er} avril au 30 septembre (été), livrée à des tiers.

admettant un accroissement constant de la consommation d'énergie, on néglige l'influence possible de la dévaluation du franc suisse qui, à première vue, devrait plutôt favoriser que restreindre la consommation et l'exportation d'énergie électrique.

Les graphiques de la figure 2 indiquent séparément, pour l'hiver et pour l'été, la possibilité de production et la consommation, en année moyenne, et sont analogues au graphique de la figure 1. L'hiver est compté du 1^{er} octobre au 31 mars et l'été, du 1^{er} avril au 30 septembre ; ces graphiques montrent qu'en hiver la consommation d'énergie se rapproche beaucoup plus de la production moyenne qu'en été. Il est vrai que l'hiver dernier, particulièrement riche en eau, a pu donner l'illusion d'un très grand excédent d'énergie d'hiver, car la plupart des bassins d'accumulation jouissaient encore de larges réserves d'eau au printemps 1936, mais il suffirait d'un hiver sec, pour que l'énergie électrique d'hiver fasse défaut avant 1939-40. Inutile de faire remarquer que la disproportion qui existe entre la production et la consommation d'énergie d'été et d'hiver, ne tient pas à la consommation qui est sensiblement la même en hiver qu'en été, mais au régime alpin de la plupart de nos cours d'eau et au manque d'usines à accumulation en nombre suffisant. A moins de recourir à l'énergie de source thermique, dont la dévaluation du franc suisse ne va certainement pas diminuer le prix de revient, on n'aperçoit, à première vue, que la construction de nouvelles centrales électriques à bassin d'accumulation pour parer à cet état de chose.

Mais les possibilités de construction sont limitées, ainsi qu'on peut s'en rendre compte en consultant les publications récentes du *Service fédéral des eaux* sur les accumulations possibles dans les bassins de l'Aar, de la Limmat et de la Reuss. Seuls les projets d'usines à accumulation d'Andermatt et d'Innertkirchen offrent la possibilité de produire l'énergie d'hiver de 7 mois à un prix

inférieur à 4 ct. le kWh. Si on rapporte leur production à l'hiver usuel de 6 mois, Innertkirchen, palier inférieur de Handeck, donnerait 160 millions de kWh d'hiver, à 1,6 ct./kWh et 140 millions de kWh d'été et Andermatt-Erstfeld 666 millions de kWh d'hiver, à 2,4 ct./kWh, et pas d'énergie d'été. Le projet d'Andermatt, du « Service fédéral des eaux », de beaucoup plus avantageux que les projets qu'on connaît jusqu'à présent, n'évite pas les difficultés d'ordre géologique dues au passage du tunnel du Gothard sous la retenue et d'ordre militaire et géographique, auxquelles se heurterait la réalisation de cette accumulation, extrêmement intéressante tant par sa situation centrale au sein du réseau suisse que par le grand appoint d'énergie d'hiver qu'elle apporterait à l'économie électrique suisse.

De publications récentes, il ressort que les usines de Sufers-Andeer dans la vallée du Rhin postérieur seraient à même de produire 574 millions de kWh d'hiver à 2,5 ct./kWh et 476 millions de kWh d'été, à 0,67 ct./kWh. Il existe évidemment encore d'autres projets d'usines dans les bassins du Rhône et du Rhin qui, bien que de moindre envergure, sont tout aussi intéressants au point de vue du prix de revient de l'énergie d'hiver, mais il faudrait plusieurs de ces usines pour compenser notre déficit d'énergie d'hiver. Abstraction faite d'Andermatt/Erstfeld très difficile à réaliser, les usines projetées qui ne sont à même de produire que les 7/13 de leur énergie en hiver ne permettraient de faire face que pendant quelques années seulement à l'accroissement de nos besoins d'énergie d'hiver sans diminuer sensiblement l'excédent d'énergie d'été dont nous souffrons.

La plupart de nos principaux lacs d'accumulation en service ou en construction et, en particulier, ceux qui se trouvent à l'emplacement d'anciens lacs glaciaires plus ou moins comblés par les apports des torrents qui s'y jettent sont formés par les murs-barrages portés aux tableaux I et II.

Il n'existe guère, en Suisse, qu'une seule grande accumulation utilisant un lac d'éboulement, c'est celle du Lütsch à retenue de 50 millions de m³, formée par une digue, alimentée par un bassin versant de 81,425 km² d'où s'écoulent en moyenne 105 millions de m³ par an, et il n'y a, sauf erreur, aucune accumulation qui utilise de lac karstique dû à l'action chimique de l'eau sur certaines roches. Si on se place au point de vue de l'ensemble du réseau électrique suisse, qui n'est pas celui adopté nécessairement par les chefs d'usines eux-mêmes, la retenue idéale serait celle qui permettrait d'emmageriner non pas seulement l'eau qui ruisselle du bassin versant par un été moyen, mais aussi celle qui s'en écoule par un été très humide. Cela permettrait de répartir l'excédent d'eau des années humides sur les hivers secs. Par malheur, il est rare qu'au moment d'établir un projet d'accumulation on soit bien documenté au sujet du ruissellement. Les ruissellements annuels moyens de diverses retenues portées au tableau I ont été calculés en prenant la moyenne d'observations antérieures à l'établissement de

la retenue, en se basant sur des précipitations moyennes ou en ayant recours aux chiffres de ruissellement de bassins versants voisins connus. Bien que de valeur relative, ces chiffres permettent de reconnaître que seule la retenue de l'usine de Wäggithal est inter-annuelle.

Plusieurs raisons peuvent obliger à limiter le volume d'une retenue. Ce sont, entre autres, la crainte d'avoir à construire un barrage très élevé et très coûteux, l'impossibilité qu'il y a d'inonder des terrains de valeur, un fort évasement de la vallée au droit du verrou qui rendrait le barrage très coûteux à partir d'une certaine hauteur. Mais il existe deux possibilités d'établir une accumulation, l'une consiste à éléver un barrage, l'autre à creuser le fond du futur lac pour le débarrasser des alluvions que les torrents y ont accumulées, au cours des

siècles. Si on n'a, jusqu'à présent, guère eu recours à cette dernière méthode, c'est qu'un mètre cube de déblais ne permet d'accumuler qu'un mètre cube d'eau utile au maximum et que, pour concurrencer la construction d'un mur, il faut pouvoir réaliser le terrassement à un prix unitaire très bas. Peut-être aussi, les ingénieurs ont-ils si bien pris l'habitude de construire des barrages qu'ils ne pensent plus à la possibilité de creuser des retenues. Il est cependant incontestable que, malgré tous les progrès réalisés par la technique, un grand barrage présente plus de dangers pour les riverains d'aval qu'une cuvette creusée dans le rocher. Nous examinerons, dans un prochain article, si les excavateurs puissants et les moyens de transport perfectionnés dont on dispose actuellement ne permettraient pas de réaliser l'excavation d'une rete-

TABLEAU I. — Particularités de quelques barrages suisses en béton.

Désignation	Dixence	Barberine	Grimsel Handeck, seul	Grimsel Handeck et Innertkirchen	Wäggithal	Etzel	Ritom
Bassins versants km ²	43,61	26,0	111,5	111,5	42,7	156	23,1
Nombre des barrages	1	1	3	3	1	1	1
Apport moyen m ³ × 10 ⁶	62,9	47	238	238	89,2	156,5	31,2
Contenance de l'accumulation m ³ × 10 ⁶	50	39	113	113	151	91,6	26,9
Hauteur du barrage. m	87	79	114	114	110	30,90	8,0
Rapport de la base à la hauteur	0,81	0,80	0,60	0,60	0,816	0,85	0,70
Cube de la maçonnerie barrage m ³	380 000	206 000	481 000	491 000	237 000	22 000	2250
Accumulation par m ³ de maçonnerie m ³	432	189	230	230	638	4160	12 200
Chute nette moyenne m	1700	1365	540	4190	415	470	815
Energie accumulée kWh × 10 ⁶	170	109	125	274	128	91,6	44,7
Energie accumulée par m ³ de maçonnerie. kWh	448	530	255	558	540	4160	19 800

TABLEAU II. — Prix de revient de quelques barrages suisses.

Désignation	Dixence	Barberine	Grimsel Handeck, seul	Grimsel Handeck et Innertkirchen	Wäggithal	Etzel	Ritom
Coût du ou des barrages en millions de Fr.	25,9	22,50*	31,71	31,71	18,30	1,4**	0,23
Coût du ou des barrages par m ³ d'eau accumulée. Fr.	0,518	0,553	0,280	0,280	0,121	0,0153	0,0084
Coût du ou des barrages par kWh accumulé Fr.	0,152	0,206	0,253	0,116	0,143	0,0153	0,004
Capital de premier établissement de l'installation en millions de Fr.	65	35,43	81,7	116,60	78	62,0	25,17
Prix de revient de l'énergie d'hiver accumulée, en centimes. .	2,7	4,75***	3,85***	2,25***	4,47	3,91***	3,45

Remarques :

*) Y compris la réfection du parement amont.

**) Les travaux étant encore en cours, ce chiffre est basé sur une évaluation.

***) L'énergie d'été produite a été comptée à 1 ct/kWh. Les dépenses annuelles varient de 7 à 8 % du capital de premier établissement.

nue alpine à un prix intéressant ou si même il ne serait pas possible d'utiliser dans ce but la puissance de chargement de l'eau qui, au cours des siècles, a provoqué le remplissage des lacs alpins.

Quo qu'il en soit, il semble démontré d'ores et déjà que, pour assurer la continuité de notre fourniture d'énergie électrique d'hiver, nous devrons songer à équiper, sous peu, de nouvelles usines à accumulation.

SOCIÉTÉS

SECTION GENEVOISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

La géotechnique et ses applications aux travaux de fondation.

Conférence par M. le Dr A. Stucky, ingénieur, professeur à l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne.

Après avoir eu le privilège d'entendre, le 4 mars, M. Jean Boissonnas, président des Services industriels de Genève, lui parler de la « Régularisation du niveau du lac Léman » dans une conférence dont l'essentiel sera reproduit dans un des prochains numéros du « Bulletin technique » ; le 1^{er} avril, M. R. Thomann, l'informe des « applications modernes de la pompe centrifuge », ainsi qu'il l'avait fait précédemment à la S. V. I. A.¹, la Section genevoise de la S. I. A. a eu la bonne fortune de pouvoir organiser, le 19 avril, en commun avec la Classe d'industrie et de commerce de la Société des arts une séance très suivie dans laquelle elle entendit, sur la science nouvelle des fondations, un magistral exposé du professeur A. Stucky.

La géotechnique étudie les propriétés physico-mécaniques des terrains non agglomérés. Il s'agit de bien définir les sols de fondation et de ne plus se contenter des appréciations empiriques traditionnelles.

Il ressort d'expériences simples que l'on peut grouper les terrains non agglomérés en deux grandes classes : les *sables* et les *argiles*. Chez les premiers les tassements sous une charge donnée sont immédiats et quasi irréversibles ; chez les seconds ils sont très lents et plus ou moins élastiques.

Les propriétés de ces terrains sont déterminées par de nombreux essais :

Le plus important d'entre eux, l'*essai eudométrique* permet d'obtenir le tassement (ou ce qui revient au même l'*indice de vide*) d'un échantillon fretté en fonction de la charge qu'il supporte, ainsi que son *coefficient de perméabilité*. Au moyen de l'un des paramètres de la courbe eudométrique² le *facteur de gonflement*, et du coefficient de perméabilité, le professeur Terzaghi a proposé une classification définissant les terrains compris entre les sables et les argiles, soit les limons, les boues, etc.

Un terrain est aussi défini par sa composition granulométrique, d'où ressort la proportion des grains grossiers aux grains fins, jusqu'aux poussières impalpables. Cette composition donne, en outre, certains critères permettant de distinguer les terrains gélifs de ceux qui ne le sont pas.

L'essai de cisaillement renseigne sur l'*angle de frottement interne* et la *cohésion*, deux constantes jouant un grand rôle chaque fois qu'il s'agit d'estimer une sécurité à la rupture (glissements de terrains ou charges critiques).

Enfin l'étude de l'*ascension capillaire* (appareil de Jürgen) fournit d'utiles indications dans le problème du gel. Après avoir donné plusieurs exemples d'essais caractéristiques, M. Stucky montre le parti qu'on en a pu tirer dans diverses constructions de la région et particulièrement dans l'exécution du

¹ Voir le résumé de sa conférence dans le *Bulletin technique* du 27 mars 1937, page 90.

² Voir *Bulletin technique* du 18 janvier 1936, page 16.

nouveau débarcadère de Montreux¹ dont le terrain d'appui aurait pu être menacé d'un glissement important. Il fait voir tout l'intérêt présenté par ces essais dans l'établissement des digues en terre, ainsi que dans l'entretien des routes, particulièrement au point de vue de la *gélivité* et fait part à ce sujet de la compréhension que témoignent de plus en plus les autorités responsables à l'égard des essais préalables, qui permettent d'éviter de nombreux mécomptes dans les mauvais terrains.

M. le professeur Stucky termine enfin son exposé en donnant quelques résultats calculés à l'aide de la mécanique des milieux continus et fait voir la concordance satisfaisante qui existe entre ceux-ci et certaines expériences simples utilisant la lumière polarisée. La photoélasticimétrie donne en effet une image colorée extrêmement parlante de la *répartition des contraintes de cisaillement maximum dans le sol de fondation*, particulièrement dans le voisinage des arêtes vives, et indique combien il est nécessaire de rechercher plus exactement la valeur effective des contraintes autour des points de discontinuité ; elle fait comprendre immédiatement combien la fondation superficielle sollicite le terrain différemment de la fondation profonde et l'importance que joue le frottement dans l'enfoncement et la résistance des pieux.

Illustré d'un grand nombre de clichés et de diagrammes, l'exposé particulièrement clair et concis de M. Stucky a montré ce qu'on peut attendre de cette discipline encore toute nouvelle dans nos régions, ainsi que des essais d'un laboratoire bien installé qui construit lui-même ses propres appareils et les adapte aux nécessités de la pratique des travaux de l'ingénieur et de l'architecte.

J. C.

Messieurs les membres qui comptent participer à la Course de printemps du samedi après-midi 22 mai, à Lausanne, ainsi qu'à la visite des installations de chauffage urbain, de l'Hôpital Nestlé et du Laboratoire d'hydraulique et de géotechnique et qui ne se sont pas encore inscrits auprès du secrétaire voudront bien le faire jusqu'au mardi soir 18 mai, dernier délai.

Le Président (tél. 28 395).

ASSOCIATION AMICALE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE D'INGÉNIEURS DE LAUSANNE ET SOCIÉTÉ VAUDOISE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

C'est cet après-midi, 8 mai, que M. A. Stucky, professeur de travaux hydrauliques et de fondations à l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne, fera une conférence sur le sujet :

La géotechnique et ses applications aux travaux de fondations. Cette conférence, qui aura lieu dans les locaux de l'Ecole des Métiers, route de Genève 73, à 15 h., sera suivie d'une visite du Laboratoire de géotechnique de l'Ecole d'ingénieurs, route de Genève 67. Ce laboratoire d'étude des sols, créé dans le but de collaborer à la solution des problèmes fondamentaux que posent les constructions, en terrains sablonneux et argileux, est appelé à rendre de grands services aux architectes, aux ingénieurs, aux administrations et aux entreprises privées. Il permet, en outre, aux futurs ingénieurs de se familiariser sans peine avec des problèmes qui sont parmi les plus importants en génie civil.

Les laboratoires de géotechnique et de travaux hydrauliques occupant le même immeuble, il sera possible, à cette occasion, de visiter à nouveau le laboratoire d'hydraulique dont les locaux se sont sensiblement étendus et au sein duquel sont en cours actuellement plusieurs études intéressantes.

BIBLIOGRAPHIE

Manuale dell'ingegnere costruttore di cementi armati,
G. Arosio, ing. — II onde édition, reliure souple, Ulrico Hoepli, Milano. Un volume de 568 pages et 723 figures. 36 lires.

Un agréable petit livre, qui s'efforce de renseigner en bref sur tout ce qui touche au vaste domaine du béton armé,

¹ Voir *Bulletin technique* du 13 mars 1937, page 65.