

# Recherches sur les variations et sur la répartition de la température dans le barrage de Montsalvens

Autor(en): **Joye, P.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **48 (1922)**

Heft 13

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-37409>

## **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

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Recherches sur les variations et sur la répartition de la température dans le barrage de Montsalvens*, par P. JOYE, professeur à l'Université de Fribourg, et A. CHRISTEN, docteur ès sciences. — *L'industrie électrochimique et électrométallurgique en Suisse pendant l'année 1921*. — *Concours d'idées pour le plan d'extension de la Commune de Spiez*. — *Concours pour le monument des soldats zurichois morts pour la patrie*. — DIVERS : *Le rôle du module d'élasticité dans la construction*. — *Turbine hydraulique à injecteur, système L.-F. Moody*. — *Les installations hydroélectriques de Chaney*. — *La question du Rhin*. — SOCIÉTÉS : *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes*. —

### Recherches sur les variations et sur la répartition de la température dans le barrage de Montsalvens.

par P. JOYE, professeur à l'Université de Fribourg,  
et A. CHRISTEN, docteur ès sciences.

#### Introduction.

Les premières recherches sur les variations de température dans une grande masse de maçonnerie sont dues à M. Merriman<sup>1</sup>; elles sont longuement discutées par M. Ziegler<sup>2</sup>. Les résultats qu'elles ont fournis, et particulièrement une formule qui doit les résumer, sont utilisés par M. H. Ritter<sup>3</sup> dans le travail qu'il a publié sur le calcul des barrages en forme d'arcs. L'auteur étudie l'influence de la température sur les fatigues d'un ouvrage en maçonnerie et manifeste le regret de ne posséder que des renseignements incomplets sur la propagation de la chaleur dans un barrage.

Les expériences de M. Merriman, dit-il, ont porté sur une période de temps trop courte et sont en nombre insuffisant pour qu'on puisse donner à leurs résultats une bien grande importance.

Cependant, elles paraissent contenir quelque chose d'exact et permettent, aussi longtemps qu'il n'existe pas de mesures plus sûres, d'établir une base pour juger de la grandeur et de la répartition des forces de température dans un barrage en arc<sup>4</sup>.

Depuis lors, quelques nouvelles recherches sur cette question ont été faites sans que le problème fût éclairci; nous en parlerons plus loin. Au moment de l'établissement du projet de barrage à Montsalvens, 1918-1919, on se vit obligé pour fonder le calcul statique de recourir encore à des hypothèses en établissant un diagramme plausible des variations de température dans le corps du barrage pendant la saison froide<sup>5</sup>. Les résultats de Merriman et de Schürch furent utilisés à titre de renseignement sans toutefois avoir été appliqués intégralement.

<sup>1</sup> MERRIMAN. The Effect of Temperature Changes on Masonry. Trans. A. S. C. E. Déc. 1908.

<sup>2</sup> BAURAT, P. ZIEGLER. Die Wirkung der Temperaturwechseln auf Mauerwerke. Eisen u. Beton Bd. VIII (1909). S. 315 u. 339.

<sup>3</sup> D<sup>r</sup> H. RITTER. Die Berechnung von bogenförmigen Staumauern. Karlsruhe (1913), S. 41.

<sup>4</sup> D<sup>r</sup> RITTER, loc. cit., S. 41-42.

<sup>5</sup> D<sup>r</sup> STUCKY. Etude sur les barrages arqués. Bull. Techn. Suisse rom. (1922), p. 1.

D'ailleurs comme nous le verrons, la formule de Merriman ne repose sur aucun fondement scientifique. Elle est essentiellement empirique, d'application strictement locale, et seulement dans un domaine restreint.

Les hypothèses sur les variations de la température à l'intérieur d'un barrage sont donc plus ou moins arbitraires, et elles ne permettent pas de traiter le problème du calcul statique avec toute l'approximation désirable.

D'autre part, les prescriptions fédérales du 26 novembre 1915 sur la construction des ouvrages en béton exigent, par mesure de sécurité et en l'absence de données précises, qu'il soit tenu compte dans le calcul statique d'un intervalle de température de 15°; elles admettent également que le retrait du béton est de 0,25 mm. par mètre. Les Allemands fixent la même différence de  $\pm 15^\circ$ . Ils considèrent que le retrait est équivalent à un abaissement de température de 15° C, le coefficient de dilatation du béton étant égal à 0,000 01<sup>1</sup>.

Convaincu de l'importance qu'il y a à être exactement renseigné sur les variations de température à l'intérieur d'un barrage, M. l'ingénieur Gruner proposa à la direction des Entreprises électriques fribourgeoises d'entreprendre des recherches au barrage de la Jogne. Malgré les frais considérables qu'entraîne une pareille étude et quoique ces mesures ne soient naturellement d'aucune utilité pour le barrage lui-même, la direction des E. E. F. accepta et pria M. le professeur Joye de s'en charger. C'est ainsi que ces recherches furent commencées. Nous cherchons en les exécutant et en poursuivant les mesures pendant plusieurs années à donner une base solide aux prescriptions concernant la construction des ouvrages en béton, et à la partie du calcul statique qui s'occupe des variations de température. Du fait de l'introduction dans le calcul d'éléments plus exacts, on pourra espérer une sécurité plus grande. Il en résultera peut-être aussi une économie dans la construction, par suite de l'adoption de coefficients plus en rapport avec les efforts réels supportés par les arcs.

Quoique la conductibilité du béton soit faible, les variations de température à l'intérieur d'un mur ne sont pas négligeables à cause des tensions qu'elles produisent. Si nous considérons une poutre droite encastree à ses deux

<sup>1</sup> HÜTTE. 20 Aufl., I. §, 297;  $\alpha = \frac{1}{100.000}$

MERRIMAN. Loc. cit.,  $\alpha = \frac{1}{70.000}$

extrémités, à un abaissement de température correspond un raccourcissement des fibres ; la section étant soumise à un effort d'extension uniforme, il pourra se produire des fissures traversant la poutre de part en part. Dans un arc, un raccourcissement soumet les sections à une flexion et si l'arc est suffisamment élastique, les tractions ne dépasseront pas sensiblement les compressions. L'arc est la forme qui s'accommode le mieux aux variations de température, c'est pourquoi tous les barrages de gravitation sont légèrement incurvés<sup>1</sup>. Un abaissement de température raccourcit les arcs et agit dans le même sens que la poussée de l'eau tandis qu'une augmentation de température la compense en partie ; le premier cas préoccupe plus particulièrement l'ingénieur.

Les réactions chimiques qui déterminent la prise du béton sont accompagnées d'un dégagement de chaleur considérable, mais jamais encore déterminée. Le maximum de température pendant la prise, ainsi que le temps employé pour atteindre ce maximum, dépendent de la température moyenne de l'air pendant la période de prise, des proportions du mélange de ciment, de sable et de gravier, ainsi que des qualités du ciment, de la quantité d'eau utilisée pour faire le béton de la masse et de sa conductibilité thermique. A la température maximale de la prise, l'arc peut être considéré comme libre de toute tension<sup>2</sup>, et c'est pourquoi cette température est intéressante à connaître. Elle n'a jamais, croyons-nous, été déterminée. Dans les *Wagners Jahrbichte der chemischen Technologie*<sup>3</sup>, on fixe à 32° la température de la prise du ciment. Des recherches faites à l'Université de Lehigh (Pensylv., U. S. A.) on peut admettre 50°, après dix-huit heures. M. Ziegler<sup>4</sup> dit que pour le béton la température de prise n'a jamais été mesurée mais seulement calculée (Merriman).

Le retrait du béton, causé par les phénomènes de contraction contemporains de la prise et par la diminution de volume qui accompagne le refroidissement, peut être ramené dans le calcul à un abaissement de température ; les fissures proviennent à la fois de l'une et de l'autre de ces actions, sans que l'on puisse nettement connaître la part de chacune. Les relations existantes entre le retrait, les tensions, la largeur des fissures ont fait l'objet de diverses publications qui, résumant les observations faites en beaucoup de constructions, n'arrivent cependant pas à éclairer le problème. Il sera donc nécessaire, si l'on entreprend des mesures de température dans un barrage, d'étudier aussi la prise du béton, le retrait et enfin les déformations sous l'influence de la pression de l'eau et de la température.

A côté de l'intérêt technique, qui nous paraît bien établi, et de celui qu'il y a à étudier des procédés précis pour la mesure de la température dans des masses si considérables, il faut remarquer que d'autres recherches

peuvent ou pourront être exécutées dans la suite, par exemple la conductibilité de la chaleur dans le béton du barrage.

Il existe toute une série de mesures de laboratoire sur la conductibilité thermique du béton<sup>1</sup> ; elles ont fourni des résultats très différents. M. Schürch<sup>2</sup> l'attribue au fait qu'on s'est servi de béton de compositions différentes et que les températures utilisées (plusieurs centaines de degrés) ont provoqué la vaporisation de l'eau contenue dans le béton et changé ses propriétés conductrices. Il ajoute que ces recherches ne présentent pas un grand intérêt pour un ouvrage dans lequel les variations sont très lentes, alors que les observations faites dans un laboratoire ne dépassent pas quelques heures. Nous ne sommes pas tout à fait du même avis et nous croyons que des recherches de laboratoire, faites avec discernement, pourraient fournir des renseignements extrêmement intéressants pour l'étude de la propagation de la chaleur dans une grande masse de maçonnerie. Elles permettraient de fixer la valeur du coefficient de conductibilité du béton et principalement de déterminer la profondeur à laquelle les amplitudes de la température extérieure sont encore appréciables.

L'étude, au laboratoire, des phénomènes thermiques qui accompagnent la prise du béton, pourrait nous renseigner sur la question de savoir comment les constantes élastiques du béton dépendent de cette température. On admet généralement que la contexture du béton est d'autant meilleure que la température de prise est plus élevée. On pourrait déterminer aussi comment varie la température de prise avec les proportions du mélange, avec les qualités du ciment.

Des recherches de cet ordre sont actuellement en cours.

## I

### *Les recherches antérieures.*

Elles ne sont pas nombreuses. Nous avons déjà cité les observations faites au barrage de Boonton par M. Merriman au moyen de thermomètres électriques, appelés thermophones. Les lignes ne furent pas suffisamment isolées et plusieurs thermomètres furent mis hors de service après peu de temps. Les indications des autres paraissent sujettes à caution, l'auteur n'ayant publié que « les mesures qui fournissent des valeurs concordantes et uniformes »<sup>3</sup>.

Les observations, de juin 1903 à mai 1904, indiquent que la température du barrage est plus élevée que celle de l'air et l'auteur en conclut qu'il faut environ une année pour qu'une masse de maçonnerie des dimensions de celle de Boonton (longueur du mur 655 m. ; hauteur 30 m. ; épaisseur à la base 20 m. ; au sommet 5 m.) dont

<sup>1</sup> *Handbuch für Eisenbeton*, Bd. IV. 1. Teil, S. 6.

<sup>2</sup> SCHÜRCH. *Versuche beim Bau des Langwieser Talüberganges und deren Ergebnisse*. Berlin (1916), S. 11-12.

<sup>3</sup> ZIEGLER. *Der Talsperrenbau* S., 192. Dans le même ouvrage M. Ziegler indique — sans donner de résultats — que quelques mesures ont été effectuées au barrage de Bever.

<sup>1</sup> Voir sur ce point les remarques intéressantes de M. Strucky dans son « *Etude sur les barrages arqués* » loc. cit. p. 1.

<sup>2</sup> DR RITTER, loc. cit. S. 43.

<sup>3</sup> *Wagners Jahrbichte...* (1882) § 647.

<sup>4</sup> ZIEGLER. *Beton u. Eisen* (1909), S. 341-343.

la température s'est élevée pendant la construction par suite de la prise du béton, se mette en équilibre thermique avec l'air extérieur. C'est alors seulement que la température en chaque point de la masse devient une fonction de la position de ce point et de la température extérieure.

En se basant sur les observations postérieures au refroidissement, M. Merriman établit la relation suivante :

$$R = \frac{T}{3\sqrt[3]{D}} \quad \text{applicable pour } 0,15 \text{ m} < D < 6 \text{ m.}$$

elle relie la plus grande variation  $R$  de la température à une distance  $D$  de la surface extérieure avec la plus grande variation  $T$  de la température extérieure. Pour New-York  $T$  est pris égal à 75, probablement en degrés Fahrenheit.

Il est à peine nécessaire de souligner que cette formule, dont le sens physique est difficile à saisir, ne repose sur aucune base scientifique<sup>1</sup>. Elle est purement empirique ; elle n'a aucune généralité, mais dans certains cas, elle peut représenter les phénomènes d'une manière très approximative. Son application a permis d'indiquer, à un instant donné, les positions des isothermes dans le barrage, isothermes dont la régularité est quelque peu déconcertante. Cette formule est cependant importante par le fait que c'est sur elle que se sont appuyés plusieurs ingénieurs pour introduire l'influence de la température dans le calcul statique de leurs barrages.

Alors que M. Merriman n'applique sa formule que dans le cas où le lac est vide, le barrage étant exposé à l'action de l'air des deux côtés, M. Ritter l'utilise dans le cas du lac rempli. En admettant que la température de l'eau reste comprise entre 0 et 20°, la valeur de  $T$  dans la formule oscille autour de 10 suivant M. Ritter<sup>2</sup>, qui donne la représentation graphique de la relation.

$$R = \frac{10}{3\sqrt[3]{D}}$$

Il admet que la température de l'eau, beaucoup plus que celle de l'air, détermine l'état thermique de la plus grande masse du mur, parce qu'elle est plus constante et parce que l'eau pénètre à une certaine profondeur dans le béton. Nous pourrions ajouter : et parce que la capacité calorifique de l'eau est beaucoup plus grande que celle de l'air. M. Ritter étudie encore le cas où les deux faces du barrage seraient exposées aux mêmes variations de température et enfin celui où une face serait à une température constante et l'autre soumise à une variation telle que  $T = 10^\circ$  ; c'est en mettant ces hypothèses à la base de ses calculs qu'il détermine les tensions qu'exercent sur les arcs les déformations dues aux variations de température.

Dans le calcul statique du barrage de Montsalvens, les hypothèses faites s'inspirent de même des travaux de Merriman, mais serrent de plus près les conditions

<sup>1</sup> Nous pouvons remarquer, que dans les phénomènes de conductibilité, la distribution de la température en fonction de la longueur est presque toujours représentée par une expression logarithmique et non point par une expression irrationnelle.

<sup>2</sup> D<sup>r</sup> RITTER, loc. cit., S. 42.

locales : lac vide, lac rempli ; température de l'air — 7° ou — 12° C<sup>1</sup>.

Citons encore les mesures effectuées au viaduc de Wallmet-Lane<sup>2</sup> à Philadelphie, avec un thermomètre électrique placé dans la voûte (août 1908 à mai 1909), ses indications étaient comparées à la température de l'air observée à la station météorologique. L'auteur a trouvé une concordance satisfaisante entre l'allure des variations de la température du béton et celle de la moyenne hebdomadaire de la température extérieure. La courbe de la température du béton est plus aplatie et elle est retardée par rapport à celle de l'air d'environ quinze jours (le thermomètre se trouve à une profondeur de 1 m. 42 dans le béton). Alors que l'amplitude des variations de la température de l'air atteint 47° (— 13° à + 34°), celle du béton reste inférieure à 23° C, soit environ la moitié.

L'application à ce cas de la formule de M. Merriman donne : avec  $T = 47$ ,  $D = 1,42$ , la valeur  $R = 14$ , bien différente de celle qui a été observée.

Le viaduc de Langwiess, sur la ligne Coire-Arosa, a été l'objet d'une étude approfondie de M. l'ingénieur D<sup>r</sup> Schürch, qui s'est occupé de déterminer la température à l'intérieur de la maçonnerie, ainsi que les grandeurs des constantes élastiques des matériaux utilisés. La construction fut terminée en automne 1914. Comme on s'était, jusqu'alors, fort peu servi du béton armé dans la construction des ponts pour chemin de fer, et que, d'autre part, les dimensions du viaduc de Langwiess sont considérables — la longueur totale du tablier est de 287 m. et la voûte principale a 100 m. d'ouverture — le Département fédéral des Chemins de fer exigea que les matériaux fussent éprouvés, qu'on étudiât l'influence des variations de température sur la résistance du béton et la manière dont ces variations se font sentir dans les points intérieurs de la voûte.

Le problème présentait un intérêt considérable à cause des conditions climatiques particulières à la contrée de Langwiess.

En effet, alors qu'à Zurich (482 m.) la moyenne des variations de la température diurne est de 5° en décembre, 11° 8 en juin et 9° 1 pendant toute l'année ; qu'au sommet du Säntis (2504 m.) elle croit de 3° 9 en novembre jusqu'à 5° 2 en juin et pendant l'année 4° 4 ; à Langwiess (1320 m.) elle est de 7° à 10° en hiver, de 17° au printemps et, en été, de 10° environ. La plus faible densité et le peu d'humidité de l'air, partant sa transparence, favorisent un rayonnement particulièrement intense. Enfin, l'exiguïté des sections de la maçonnerie permet aux variations de température de se faire sentir, semble-t-il, dans des zones profondes.

En un mot, le viaduc de Langwiess paraît plus exposé que toute autre construction de ce genre à subir des variations de température importantes.

Pour observer la température de la voûte, l'auteur

<sup>1</sup> A. STUCKY, loc. cit. p. 28.

<sup>2</sup> H. SCHÜRCH, loc. cit., S. 9.

s'est servi de 30 thermomètres à mercure, ayant jusqu'à un mètre de long, quelques-uns coudés, qu'on enfouissait dans des trous (demi-centimètre de diamètre, 30 à 70 cm. de profondeur) ménagés dans le béton. Chaque thermomètre divisé en demi-degré permettait cependant d'estimer le  $\frac{1}{10}^{\circ}$ .

Pour assurer un bon contact avec le béton, l'extrémité du thermomètre était plongée au fond du trou dans du mercure ou de la limaille de fer et, pour éviter les échanges de chaleur, la partie supérieure des ouvertures était garnie de ouate. Un avant-toit protégeait certains thermomètres exposés à l'insolation directe. Les observations furent exécutées trois fois par jour, depuis octobre 1913 jusqu'à novembre 1914. On notait chaque jour les températures maxima et minima de l'air à l'ombre. On a déterminé aussi les moyennes journalières et quelques mesures ont été faites au soleil.

Les mesures sont représentées par une série de graphiques dans lesquelles M. Schürch compare les indications des thermomètres entre eux et l'allure des courbes de température dans le béton et dans l'air. Il compare aussi la courbe de la température moyenne de l'air avec la courbe de la température moyenne du béton. Par température moyenne, il entend la moyenne des trois observations journalières.

Nous ne voulons pas entrer dans le détail des observations faites par M. Schürch. Nous résumerons cependant quelques faits importants, utiles à nos recherches.

La moyenne des extrêmes de la température journalière de l'air n'est pas déterminante de celle du béton, tandis que la température moyenne de l'air, c'est-à-dire la moyenne des observations faites toutes les heures semble jouer un rôle beaucoup plus important. Il faudrait aussi tenir compte des mesures faites au soleil afin de juger de l'influence de l'insolation directe. Ceci est d'autant plus important que, dans les vallées alpines, en hiver, la différence entre la température de l'air à l'ombre et au soleil peut être considérable. A Langwies, on a noté que la température à l'ombre pendant une journée est restée inférieure à  $-10^{\circ}$ , tandis qu'au soleil le thermomètre atteint  $+40^{\circ}$  (réflexion sur la neige). La différence, en été, est beaucoup moins sensible. L'insolation dépend encore de la position du soleil et de l'orientation des sections étudiées. Ses effets diminuent rapidement avec la profondeur. Pour des points à 30 cm. dans le béton, ils ne se font déjà plus sentir. Il ne faudrait pas négliger non plus des causes accidentelles comme la pluie, la neige, la rosée, la gelée, l'évaporation, la direction du vent, toutes causes qu'il est naturellement impossible d'estimer et qui ont une influence d'autant plus grande que les points étudiés sont plus proches de la surface. Il est de première importance, comme on l'a vu plus haut, que le béton soit refroidi, c'est-à-dire que les réactions chimiques soient non seulement terminées, mais que les quantités de chaleur qu'elles ont dégagées dans le béton soient dissipées.

L'auteur tire de son travail les conclusions générales suivantes :

Les conditions sont telles à Langwies que la vitesse de propagation de la chaleur dans le corps du béton est, toutes proportions gardées, grande. Il en résulte que les variations journalières de la température dans les différents points sont de même relativement grandes.

Le décalage entre la courbe de température du béton et celle de l'air est relativement petit. A cause de l'importance des causes extérieures secondaires, les amplitudes des variations de la température du béton ne peuvent être comparées à celles de l'air.

Ces remarques, vraies pour les variations diurnes, le sont aussi pour les courbes des températures moyennes.

Notons encore quelques observations intéressantes : Pour les thermomètres placés à 30 cm. de profondeur, les indications sont plus élevées le soir (décalage de quelques heures), pour ceux qui sont à 70 cm. de profondeur c'est le matin que la température est la plus haute (décalage de 17 heures environ). La courbe de la température moyenne du béton est décalée par rapport à la courbe de la température de l'air :

Pour 30 cm. de profondeur		1 $\frac{1}{4}$ —1 $\frac{1}{2}$ jour.
» 50 cm.	»	environ 2 jours.
» 70 cm.	»	environ 3 jours.

L'auteur déclare qu'il n'est pas possible, pour un ouvrage exposé aux actions extérieures, d'établir une loi mathématique exacte sur la vitesse de propagation de la chaleur dans le béton, ni sur le rapport entre la « chaleur » extérieure et la chaleur du béton, ni non plus sur le rapport entre la chaleur moyenne de l'air extérieur et la chaleur moyenne du béton.

Nous pensons que M. Schürch emploie ici le mot « chaleur » au lieu du mot « température » qui n'a cependant pas la même signification. C'est évidemment un effort inutile que de chercher à représenter par une loi ou même par une relation mathématique, des phénomènes aux causes aussi multiples que ceux qui nous occupent.

Il existe encore d'autres recherches, mentionnées par M. Schürch, sur les variations de la température dans les ouvrages en béton ; la température dans la masse n'a pas été mesurée expérimentalement mais la température moyenne de la maçonnerie a été calculée en fonction des dilatations observées et du coefficient de dilatation du béton.

Par contre, des mesures, au moyen de thermomètres enregistreurs placés dans le béton, ont été effectuées par M. R. W. Steward<sup>1</sup> au pont de l'avenue Brooklyn à Los Angeles (Amérique du Nord), de mai 1909 à avril 1911. Les courbes de la température moyenne du béton sont décalées d'environ 8 jours sur celle de la moyenne de l'air. Alors que la température de l'air oscille entre  $+1^{\circ}$  C et  $+39^{\circ}$  C, la température dans le béton reste comprise dans les limites extrêmes de  $+7^{\circ}$  C et  $27^{\circ}$  C. Leur

<sup>1</sup> *Engineering Record*, 14 février 1914. Voir aussi *Zentralblatt der Bauverwaltung* du 6 juin 1914.

amplitude n'est donc que le 51,4 % de celle de l'air. La formule de Merriman, appliquée à ce cas, donne :  $D = 8$  m.

Nous ne savons pas exactement à quelle profondeur étaient placés les thermomètres. Cependant les sections de la voûte étant petites, ce chiffre nous paraît incompatible et le résultat d'ailleurs serait hors du domaine d'application de la formule.

Avant d'étudier la méthode dont nous nous sommes servis pour la mesure des températures, il importe de se rendre compte à quel point les conditions d'expérience sont différentes à la Jogne et à Langwiess.

En premier lieu nous avons à tenir compte du fait que le barrage de Montsalvens ne contient pas de fer.

Comparons ensuite les sections étudiées : à Langwiess, la profondeur atteinte par les thermomètres est de 70 cm. ; le barrage de Montsalvens mesure 50 m. de hauteur, 20 m. d'épaisseur à la base et nous avons placé des thermomètres dans la plus large section (cote 751). Les thermomètres les plus exposés à l'action de l'air (cote 799) sont cependant enfoncés à un mètre dans le béton.

Les conditions climatiques sont aussi différentes. Les variations de la température extérieure sont moins importantes dans la vallée de la Jogne qu'à Langwiess. De plus, lorsque le lac est rempli, le parement amont se trouve à une température quasi constante. Le parement aval est dans un fond de vallée encaissée, peu ensoleillée et où l'action du vent ne se fait guère sentir. Le barrage est appuyé à gauche et à droite contre le rocher dont la température ne varie que lentement, et le sommet est partiellement protégé contre l'insolation directe par des voûtes supportant une passerelle.

Nous n'aurons donc pas à nous préoccuper beaucoup de variations de la température diurne, ni de l'insolation, ni de causes telles que la pluie, la neige, le vent qu'il est impossible d'estimer. La température de l'eau et la température moyenne de l'air détermineront principalement, semble-t-il, la répartition et le cours de la température dans le béton du barrage. (A suivre).

### L'Industrie électrochimique et électrométallurgique en Suisse pendant l'année 1921<sup>1</sup>.

La crise que nous signalions dans notre précédent rapport<sup>2</sup>, loin de s'atténuer en 1921, s'est encore accentuée et ses effets se sont aggravés d'une manière inquiétante pour l'avenir des belles exploitations suisses de l'industrie électrochimique et électrométallurgique, dont quelques-unes ont déjà envisagé ou même mis en pratique d'autres utilisations de leur force.

Si les mesures qui ont été prises par nos autorités fédérales ont pu venir en aide à quelques industriels et aux chômeurs, elles ne semblent pas avoir eu, dans la grande majorité des cas, une influence favorable, bien au contraire, et l'on s'élève avec raison contre l'extension qui a été donnée aux restric-

tions d'importation et contre les monopoles issus de la guerre qui ont décidément la vie dure.

Le change élevé de la Suisse et les fluctuations qu'il subit dans les pays d'exportation, la difficulté de réduire le coût de la vie et d'abaisser les salaires sont autant d'éléments nuisibles à la reprises des affaires.

L'industrie du *Carbure de calcium* a continué à souffrir des conditions générales du marché en Europe et du change des pays voisins ; aucune amélioration ne se dessine malheureusement pour un avenir prochain. La plupart des exploitations sont restées fermées, quelques-unes seulement ont travaillé avec une production restreinte.

L'exportation en 1921 n'a guère subi de changement depuis l'année précédente, qui a déjà été pour l'industrie du carbure une fort mauvaise année ; elle a été de 10 000 tonnes environ et la production, étant donné la consommation suisse estimée à 2500 tonnes, n'aurait pas dépassé 12 500 tonnes ; dans ce chiffre, les quantités du carbure employé comme produit intermédiaire de la fabrication de la Cyanamide et d'un certain nombre de produits chimiques ne sont pas comprises. Dans la situation actuelle du marché, aucun fabricant n'aura couru le risque de faire du stock.

Le prix de vente a subi une baisse, légère seulement car, à part le charbon, les principaux éléments de la fabrication du carbure n'ont pas été meilleur marché ; les prix actuels en Suisse sont de 37-42 francs les 100 kilos, suivant les quantités, franco gare de destination, mais non emballé. Le carbure pour l'exportation a été livré à des prix très variables et en tout cas plus bas que ceux qui ont été pratiqués en Suisse. La production des produits chimiques en partant du carbure, tels que l'*Acétaldéhyde*, la *Métaldéhyde*, l'*Acide acétique*, etc., peut être estimée à 2000 tonnes ; là aussi, la fabrication a dû être restreinte à cause de la difficulté d'exporter d'une part et de l'activité réduite de l'industrie chimique en Suisse, qui est le principal consommateur, d'autre part.

Quant à la *Cyanamide*, sa production a été continuée dans une seule usine, celle de la Société des Produits Azotés, à Martigny, qui s'occupe également de la fabrication de l'acide sulfurique pour préparer le *sulfate d'ammoniaque* et d'un nouvel engrais, le *Phosphazote*<sup>1</sup>.

Parmi les autres fabrications du four électrique également atteintes par la crise, celle du *Ferro-silicium* a fourni une production estimée à 2-3000 tonnes seulement ; celle des *Ferro-alliages* est tombée à fort peu de chose, peut-être 200 tonnes, de même que celle des *Produits abrasifs* dont l'exportation est pratiquement nulle. Il y a également peu d'espoir pour une reprise prochaine des affaires en ces produits.

La fabrication de la *Fonte électrique* ou *Fer synthétique* (fer produit au four électrique avec des résidus, rognures de fer, etc., additionnés des éléments voulus tels que silice, manganèse, carbone, pour arriver à une fonte correspondant à celle des hauts fourneaux) s'est poursuivie avec peine à Laufenbourg et à Aarau entre autres ; ce fer, destiné à l'industrie suisse, rencontre une forte concurrence de la part de l'Allemagne, ce qui rend l'écoulement difficile et dans des conditions peu avantageuses.

L'usine de Bex de la « Fonte électrique » a aussi continué son exploitation qui fut entravée pendant un certain temps par le manque de force dû à la grande sécheresse ; on entend

<sup>1</sup> Superphosphate d'urée contenant 11 % d'acide phosphorique et 11 % d'azote à l'état d'urée, c'est-à-dire sous une forme très facilement assimilable. Voir à ce sujet la conférence sur « L'industrie française de la cyanamide » faite, le 10 octobre 1921, au Congrès de la Chimie industrielle, par M. H. Gall, administrateur-délégué de la Société d'électrochimie et d'électrométallurgie, et reproduite dans le numéro d'octobre 1921 de *Chimie et Industrie* (Réd.).

<sup>1</sup> Rapport, rédigé à la demande du « Comité de la Société suisse des industries chimiques », pour être publié dans le Rapport annuel de l'Union suisse du Commerce et de l'Industrie.

<sup>2</sup> Voir *Bulletin technique* 1921, page 151.