

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes  
**Band:** 17 (1891)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Ventilations des tunnels alpins en construction  
**Autor:** Dapples, Ch.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-16480>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.04.2025

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

## BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

## DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT 8 FOIS PAR AN

**Sommaire :** Ventilation des tunnels alpins en construction, par Ch. Dapples, professeur. (Seconde partie.) — Linnimétrie et altimétrie du lac Léman et des lacs du Jura, par L. Gonin, ingénieur. (Première partie.) — Nécrologie de J. Meyer, par A. Perey, ingénieur. (Pl. 62.) — Bibliographie. — Séance de la Société vaudoise.

## VENTILATION DES TUNNELS ALPINS

EN CONSTRUCTION

par CH. DAPPLES, professeur.

Seconde partie.

*Côté pratique de la question.*

Nous croyons avoir démontré que la température de l'atmosphère respirable, dans un tunnel en construction, peut être maintenue de 10 degrés inférieure à celle du terrain, par un apport d'air mesurant 5 mètres cubes par seconde pour l'ensemble des chantiers ouverts, à condition que l'air parvienne dans les galeries à une température comprise entre 0 et 10 degrés. Convient-il de considérer cette valeur comme normale ou comme un minimum ?

Nous pensons que c'est cette dernière manière de voir qu'il faut admettre, et cela pour différentes raisons.

D'abord nous ne sommes pas sûr de la vraie valeur du coefficient  $k$ , qui peut devenir supérieure à 0,48 par le fait d'une augmentation de vitesse des gaz. De plus nous avons admis comme surfaces d'émission les mêmes valeurs que les auteurs cités par M. Meyer, mais il se pourrait qu'elles fussent augmentées dans certains moments, surtout si on ne suit pas le conseil donné, avec prudence, par M. Dumur, d'éviter que les chantiers soient disséminés sur une trop grande longueur. Or dans nos calculs, nous avons supposé à chacune des galeries d'attaque une longueur de 500 mètres, longueur qui doit être envisagée comme un maximum absolument infranchissable.

La ventilation devant servir non seulement à rafraîchir la roche, mais aussi à d'autres usages, comme nous le verrons plus loin, il ne conviendrait pas de limiter son quantum à ce qui est nécessaire au déplacement de 89280 calories par heure, mais de réserver la possibilité d'une action plus étendue et plus prompte.

Nous pensons, en conséquence, qu'il faut doubler les moyens d'action et prévoir pour chaque côté du tunnel en construction au moins ce que le compte fait plus haut attribue à l'ensemble de l'ouvrage.

Nous avons trouvé qu'il fallait fournir au tunnel 5,2 kil. d'air par seconde, mais nous disons, pour conclure, qu'il faut faire les installations de telle sorte qu'elles soient capables de fournir à chacun des deux chantiers d'attaque, 5 à 6

*kilos par seconde d'air atmosphérique pur, à une température comprise entre 0 et 10 degrés centigrades.*

Nous ne comptons pas pour la ventilation et la réfrigération l'air employé comme agent moteur.

*Préparation de l'air froid.*

On peut se demander si l'obligation d'introduire dans les chantiers de l'air pur au-dessous de 10° est réalisable dans la mesure indiquée, représentant, en volume, 20 000 mètres cubes par heure et par ouverture d'un tunnel, soit 40 000 mètres cubes pour l'ensemble.

Nous croyons la chose possible en employant le procédé de M. Raoul Pictet, dont il est fait mention à la page 250 du bulletin, dans un paragraphe conçu en ces termes :

« Tout récemment M. Raoul Pictet a proposé d'introduire dans le tunnel et de projeter de l'eau à 0 degré, ce qui serait très efficace comme réfrigération. »

Si le poids d'eau nécessaire pour absorber 100 000 à 120 000 calories par heure peut être refroidi à zéro par l'acide sulfureux, le poids correspondant d'air pourra également être refroidi au même degré. A plus forte raison pourra-t-on obtenir le poids d'air  $p$  voulu par les calculs précédents, à une température intermédiaire entre zéro et dix degrés centigrades.

**Comparaison entre les procédés de réfrigération proposés.**

1<sup>o</sup> *La réfrigération par ventilation à pression normale*, à quoi il faut ajouter à température naturelle, ne présente pas les garanties nécessaires pour assurer une différence de température  $T - t = 10$ , car on se livre à la merci des circonstances atmosphériques et à toutes les influences de leurs variations. La seule puissance capable de leur résister se trouve dans les machines servant à produire la ventilation, auxquelles il faut donner une force énorme, pour pouvoir au besoin, déplacer dans l'unité de temps un très grand poids et par conséquent un très grand volume d'air.

Nous voyons d'ailleurs, à la page 251 du bulletin, que la force nécessaire serait de 400 chevaux de chaque côté du tunnel.

2<sup>o</sup> *Refroidissement par projection d'eau pulvérisée et rafraîchie.* — L'intéressante discussion à laquelle M. le colonel

Dumur s'est livré sur cette question, a particulièrement attiré notre attention ; elle nous fait voir que la différence  $T - t = 10$  degrés peut être obtenue avec des moyens relativement minimes en employant l'eau comme agent d'absorption de chaleur. Le calcul montre en effet que 7 kg. d'eau par seconde soumis à une élévation de température de 5 degrés seulement peuvent emmagasiner 120 000 calories par heure.

Comme procédé réfrigérant, nous sommes ici en présence du meilleur de tous car il est physiquement énergique, il est simple, il demande peu de force mécanique et il est jusqu'à un certain point indépendant des circonstances extérieures.

S'il ne s'agissait que de refroidir la matière même de la montagne, nous n'aurions pas d'hésitation, nous choisirions l'eau comme véhicule du calorique en excès ; mais nous avons une grave objection à lui faire car l'essentiel n'est pas de refroidir le plus possible des masses rocheuses, l'essentiel est de rendre la vie possible au personnel en action dans les galeries ; or l'eau n'est pas l'élément vital pour l'homme, c'est l'air qui le fait vivre et lui donne, par un phénomène de combustion, la force dont il a besoin.

3° *Refroidissement par fusion de la glace.* — Si nous avons pu affirmer, avec notre ami et collègue M. Dumur, que 7 kg. d'eau par seconde peuvent donner une solution au problème physique posé, nous devons convenir que les résultats sont encore plus favorables par l'usage de la glace exposée à la fusion, puisque  $\frac{1}{2}$  kg. de glace fondue par seconde produit à peu près le même effet physique que 8 kg. d'eau chauffée de 5 degrés.

Mais la question pratique vient se mettre en travers du chemin, car il ne sera pas facile de faire arriver et de déposer dans les galeries de travail les 1800 kg. de glace dont on aura besoin par heure. L'application du froid ne se fera pas juste au bon endroit par ce moyen, et l'aération n'y gagnera rien.

La question de temps joue d'ailleurs un rôle important qu'il ne faut pas négliger, car on n'est nullement sûr que la fusion des 1800 kg. de glace soit obtenue dans l'espace d'une heure et on ne dispose pas de moyens de la forcer à se produire.

4° *Refroidissement par expansion de l'air comprimé.* — Ce procédé ne peut pas être mis en comparaison avec les autres, nous en voyons la preuve dans le paragraphe suivant du bulletin, qu'il suffit de citer :

« L'introduction de cette masse d'air exigerait 20 compresseurs et une force de 2000 chevaux à chaque tête du tunnel. »

### Conclusions.

Nous avons dit que si nous avons à chercher un moyen de refroidir le granit d'une montagne, nous choisirions l'eau froide comme agent, mais comme il s'agit aussi, et surtout, d'assurer des conditions d'existence aux ouvriers qui séjournent dans le tunnel, nous devons envisager la question d'une autre façon et pas seulement par son côté physique.

L'atmosphère d'une galerie de travail doit satisfaire à plusieurs conditions :

— Elle doit en premier lieu suffire à la respiration des hommes et des animaux.

— Elle doit absorber et éliminer l'excès de chaleur provenant de surfaces constamment chaudes, plus celle qu'émettent

les êtres animés, plus celle qui provient des moyens d'éclairage et de sautage.

— Elle doit se charger de toutes les vapeurs provenant de l'eau apportée naturellement ou artificiellement, ou provenant de la transpiration des êtres vivants.

— Elle doit recevoir tous les gaz produits par les lampes, les mines, etc.

— Elle doit soutenir jusqu'à précipitation toutes les poussières et toutes les fumées.

L'air seul est capable de remplir tous ces emplois, aussi est-ce à lui que nous donnons la préférence sur tous les agents naturels ; *c'est lui seul que nous considérons comme l'élément de vie et de force.*

Nous avons été particulièrement frappé, en lisant l'intéressant article de M. l'ingénieur en chef Meyer, de voir avec quelle insistance certains auteurs appuient sur les effets physiologiques de la vapeur d'eau renfermée dans l'air des tunnels. Il nous suffira pour en donner une idée, de rappeler les paragraphes suivants :

« M. le professeur Du Bois-Reymond à Berlin insiste sur le fait, connu du reste, qu'avec une température élevée, surtout si l'air est chargé d'humidité, le rendement du travail humain va en diminuant rapidement et il assigne une limite à la possibilité de tout travail humain, limite qu'il fixe à 40 degrés lorsque l'air inspiré par les ouvriers est saturé d'humidité, et à 50 degrés si l'air est sec.

» Dans son mémoire, M. de Stockalper donne de nombreux renseignements sur les inconvénients qu'a présenté au tunnel du Gothard, la température élevée et surtout si humide : maladie des hommes et des animaux, grande mortalité de ces derniers, diminution considérable du rendement du travail humain dans ces conditions, et partant renchérissement considérable des travaux exécutés sous l'influence des températures élevées. »

Après avoir lu cela nous ne pouvons approuver aucun moyen de refroidissement qui ait pour conséquence la production de vapeur d'eau et son mélange avec l'air respirable.

Au contraire en refroidissant l'air préalablement, dans des appareils ad hoc, nous cherchons à le sécher en condensant les vapeurs qu'il peut contenir, et à le livrer à la consommation froid et sec.

*En résumé*, pour un tunnel alpin en construction, considérant simultanément les deux entrées, nous disons :

1° La quantité d'air à fournir par seconde doit être de 5,5 kilos pour l'ensemble des travaux, mais les machines doivent être construites de manière à pouvoir fournir le double.

2° La température de l'air injecté doit être entretenue entre 0 et 10 degrés, tout en se rapprochant le plus possible de la limite inférieure, pour laquelle les appareils frigorifiques seront construits.

Lausanne, le 14 mai 1891.