

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 47 (1921)
Heft: 8

Artikel: Rapport des experts Rothpletz, Rohn et Buchi sur la formation des fissures dans la galerie sous pression de l'usine de Ritom des CFF (suite)
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-36586>

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: 30.06.2025

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

recherche, soit sa haute précision et sa richesse de détails, on devra, pour pouvoir profiter de ces avantages, lever aux mêmes échelles que jusqu'ici et dans ce cas il ne peut pas être question de réduction de frais.

Je dois me limiter, car je dépasserais de beaucoup le temps dont je dispose, si je voulais vous parler de tous les autres avantages de la stéréophotogrammétrie celui, par exemple, très important pour les ingénieurs civils, de pouvoir donner la représentation dans l'espace et le cubage de constructions telles que bâtiments, murs, barrages... Je pourrais vous parler aussi des avantages de la photogrammétrie dans l'architecture et la balistique, mais je n'ai voulu ici que vous donner un aperçu de l'utilisation de cette méthode dans les relevés topographiques nécessaires à des ouvrages techniques.

Rapport

des experts Rothpletz, Rohn et Buchi
sur la formation des fissures dans la galerie sous
pression de l'usine de Ritom des CFF

(Suite.)¹

k. Types de galerie.

Il nous faut revenir sur les types de galerie dont on a réellement fait usage (fig. 6).

Des quatre types prévus dans le plan N° 223 des C. F. F., Profils de galerie, on n'a appliqué que les types ovales N°s I à III ayant 1,6 m. de largeur et 2,0 m. de hauteur dans œuvre. Le type IV, de forme circulaire, au diamètre de 2,0 m., avec épaisseur de paroi de 40 cm. et armature de 38 kg. par m. le long de l'intrados, n'a pas été exécuté. Proportionnellement à la longueur totale de la galerie,

	il avait été prévu	il a été exécuté
Type I	65,5 %	58,5 %
» II	21 %	27,5 %
» III	—	14 %
» IV	13,5 %	—
Ensemble	100 %	100 %

Ainsi que nous l'avons déjà dit, les variations de la roche entre Valle et le château d'eau ont été beaucoup plus fréquentes qu'on ne l'avait présumé. La longueur effective des types les plus forts ne correspond par conséquent plus, et l'écart est considérable, aux longueurs qui figuraient dans le projet.

On a lieu d'être quelque peu surpris de constater que malgré l'état défavorable de la roche, il n'a été fait aucun usage du type IV, alors qu'on aurait dû, semble-t-il y recourir dans une plus large mesure que ne le prévoyait le projet. Voici évidemment la raison de cette apparente contradiction: la direction des travaux, s'inspirant de l'opinion courante à cette époque, était persuadée que la

maçonnerie en béton était surtout destinée à l'établissement d'un tube lisse qui, d'une part, recevrait l'enduit et, d'autre part, transmettrait simplement à la masse rocheuse la pression intérieure de l'eau sous forme de pression radiale. On s'était dit que le béton pourrait facilement transmettre cette pression de 4,5 kg. au maximum, par cm² à la roche, et que cette dernière, même là où elle était déchirée ou feuilletée; serait parfaitement en état de la supporter. L'enduit intérieur n'avait d'autre rôle à jouer que celui de couche étanche et, pour qu'il pût résister, le cas échéant, à la pression extérieure, une fois la galerie vidée, il fut muni d'une légère armature et d'un ancrage. Les déclarations des intéressés et la lettre déjà citée que le directeur local des travaux a adressée au service de l'électrification, lettre qui a eu pour effet l'adoption de l'enduit Rabitz non prévu à l'origine, font foi que telle était bien la manière dont on envisageait alors la question. Toutes ces suppositions quant à la transmission de la pression intérieure étaient erronées comme nous le démontrerons plus loin, mais c'est à cause de cette opinion que le choix des types de galerie n'a été déterminé que d'après la puissance présumée de la pression extérieure.

Ce choix a été fait par le directeur local des travaux d'accord avec le conducteur des travaux du lot. Le service de l'électrification à Berne ne s'est pas livré à l'examen spécial et approfondi du choix des types.

3° Eaux souterraines.

Les recherches et analyses extrêmement intéressantes auxquelles le bureau hydrométrique fédéral (N° 13 du Bulletin du service des eaux) et la Société suisse des sciences naturelles ont procédé, ont démontré que l'eau du lac de Ritom avait une assez forte teneur en gypse (Ca S O₄). D'après ces analyses, l'eau du lac renferme en outre, dans les couches profondes, une quantité considérable d'hydrogène sulfuré. La teneur en gypse provient des couches triasiques des abords du lac qui renferment plus ou moins de gypse ou d'anhydrite. Il y avait donc lieu de craindre que les sources rencontrées dans la galerie ne continssent, elles aussi, du gypse soit parce qu'elles pouvaient être en communication avec le lac, soit parce que les couches de gypse et d'anhydrite n'étaient pas très éloignées. Il n'a toutefois été fait aucune analyse de l'eau des sources de la galerie quant à leur teneur en gypse.

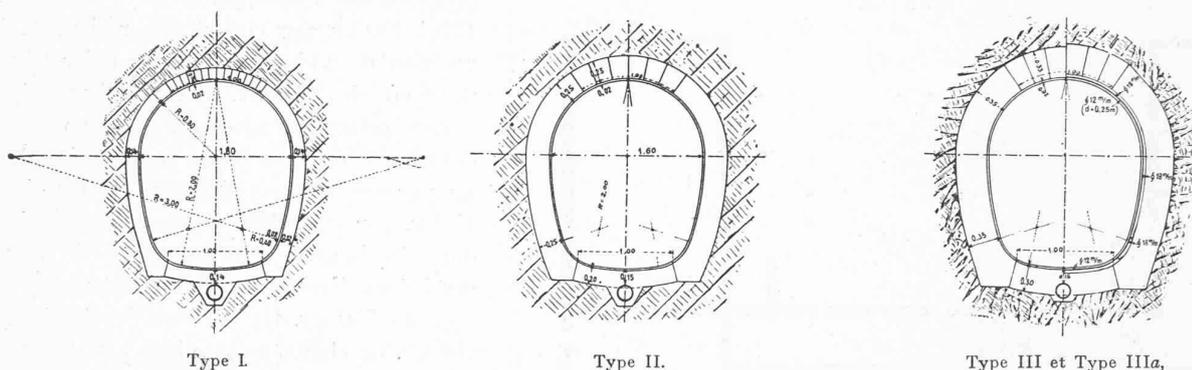
À la demande des experts, il a été prélevé en juillet et en août 1920 une série d'échantillons d'eau, lesquels ont été analysés par le Laboratoire fédéral d'essais des matériaux.

C'est à proximité du puits des vannes que l'eau a la plus forte teneur en gypse, 0,83 gr. par litre, et à cent mètres de là, déjà, cette teneur tombe à moins de 0,1 gr. par litre.

Les experts Rothpletz et Buchi savent par expérience que l'eau renfermant du gypse désagrège le béton de préparation et de porosité normales, même quand elle n'y trouve accès que longtemps après la prise et le durcissement, si ce béton n'est pas complètement plongé dans

¹ Voir Bulletin technique du 2 avril 1921, page 77.

GALERIE DE RITOM



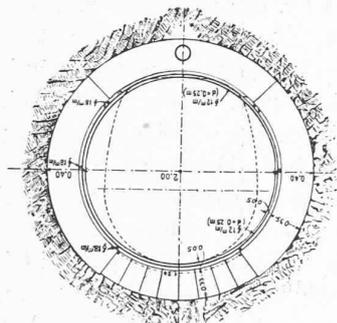
Type I.

Type II.

Type III et Type IIIa,
armé;

anneau de béton armé de $0,31 \text{ m}^2$,
38 kg. d'acier par m. de longueur.
 d = distance des fers.

Fig. 6. — Profils-types prévus. — 1 : 75.



Type IV,

Profil circulaire armé,
anneau de béton armé, de $0,32 \text{ m}^2$,
38 kg. d'acier par m. de longueur.
 d = distance des fers.

(Ce profil n'a jamais été appliqué.)

la dite eau. Le délai après lequel de tels phénomènes de décomposition du béton ou du mortier apparaissent est très variable. Souvent le mortier peut se fendiller, devenir spongieux et, finalement, tout à fait tendre et visqueux au bout de quelques mois à peine. Mais, suivant les circonstances, il peut aussi résister pendant des années, avant que des traces de désagrégation se manifestent. D'après les constatations que l'un des experts (l'ingénieur Buchi) a faites pendant une période de plus de dix ans dans une galerie, des décompositions se sont produites durant ce temps partout où l'eau renfermait plus de $0,2 \text{ gr.}$ de gypse par litre. Si donc d'autres facteurs importants n'interviennent pas, ce que rien ne permet de supposer à l'heure qu'il est, il est à craindre, selon les experts, que l'action destructive de l'eau gypseuse de montagne sur le béton ne produise ses effets au bout de quelques années déjà dans la partie supérieure de la galerie sur une longueur d'une centaine de mètres, étant donné que ce tronçon est construit depuis assez longtemps. Cette situation, toutefois, n'empirerait plus ou du moins n'empirerait que très lentement, à ce que croient les experts se basant sur leur expérience, si la section de galerie dont il s'agit était constamment remplie d'eau, autrement dit restait toujours sous pression.

Dans la partie inférieure de la galerie, c'est-à-dire dans celle qui est, de beaucoup, la plus longue, l'humidité de la montagne ou l'eau qui dégoutte modérément a, d'après

les analyses, une teneur en gypse trop faible, semble-t-il, pour mettre en danger le béton. En tout cas ce danger serait reculé pour de longues années surtout si la galerie est sous pression, ce qui sera de règle même quand l'exploitation aura lieu provisoirement à l'aide du déversoir.

En examinant le béton du sondage opéré à l'extrémité supérieure de la galerie, où le déversoir pour l'exploitation intérimaire a été ouvert, les experts ont eu l'impression que le béton avait déjà subi en certains endroits une légère décomposition imputable au gypse. Un échantillon de béton qu'ils y prélevèrent le 7 août 1920 avait, d'après le certificat du Laboratoire fédéral d'essais des matériaux, en date du 24 août, une teneur en gypse de $0,78 \%$. Un autre échantillon, prélevé en même temps sur le béton de la galerie de raccordement qui est en face, n'accusait par contre que $0,45 \%$ de gypse. Le premier échantillon renferme par conséquent déjà trop de gypse, et c'est pourquoi il n'était plus très dur au moment où on l'a pris. La teneur en gypse du second échantillon peut au besoin s'expliquer par le gypse du ciment, du sable ou de l'eau de mélange et n'est donc pas probante. Cet examen a confirmé les experts dans leur crainte que le béton de la partie supérieure n'eût déjà perdu un peu de sa résistance à cause du gypse que renferme l'eau et ils appréhendent que cette influence ne continue à se développer surtout si la galerie n'est pas mise sous pression.

Pour ne rien omettre, les experts tiennent à relever le fait que la Direction générale a attiré, en août 1917, l'attention du service de l'électrification sur les dangers de décomposition que présentait pour le mortier la teneur de l'eau en gypse et en hydrogène sulfuré. Le service de l'électrification n'a, à ce qu'il paraît, pas saisi toute l'importance de cette question, et s'est, par conséquent, abstenu de faire procéder dans une mesure suffisante à l'analyse des sources et de l'eau de mélange.

4° Résistance du béton.

Ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut, il a été procédé en 1917 au Laboratoire fédéral d'essais des matériaux à des éprouves de mortier préparé avec du sable du lac de

CONCOURS POUR L'INTERNAT DE L'ÉCOLE D'AGRICULTURE DE CERNIER

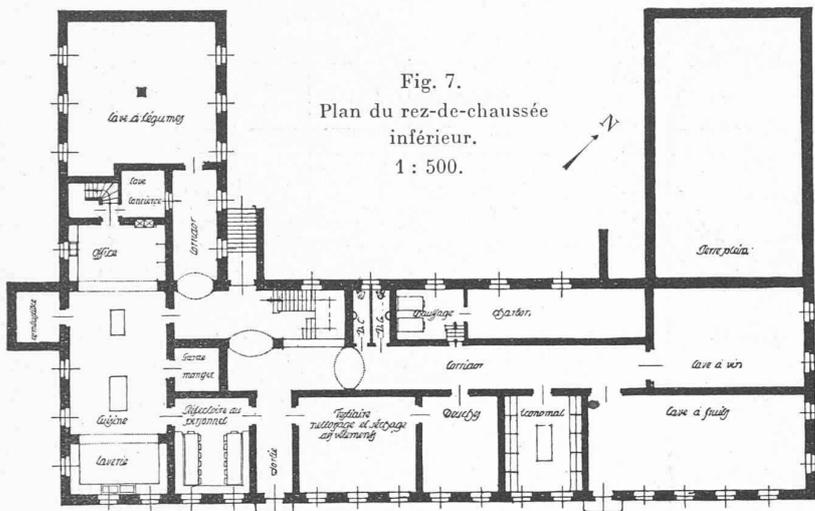


Fig. 7.
Plan du rez-de-chaussée inférieur.
1 : 500.

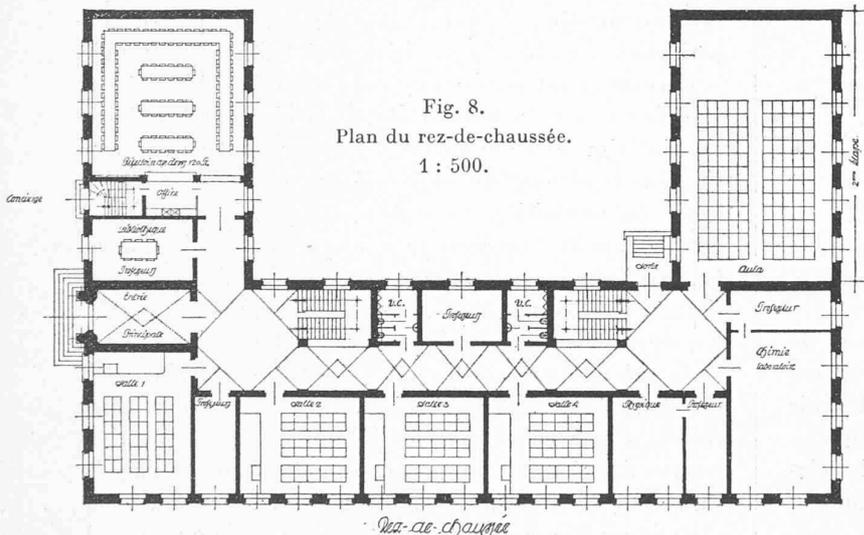


Fig. 8.
Plan du rez-de-chaussée.
1 : 500.

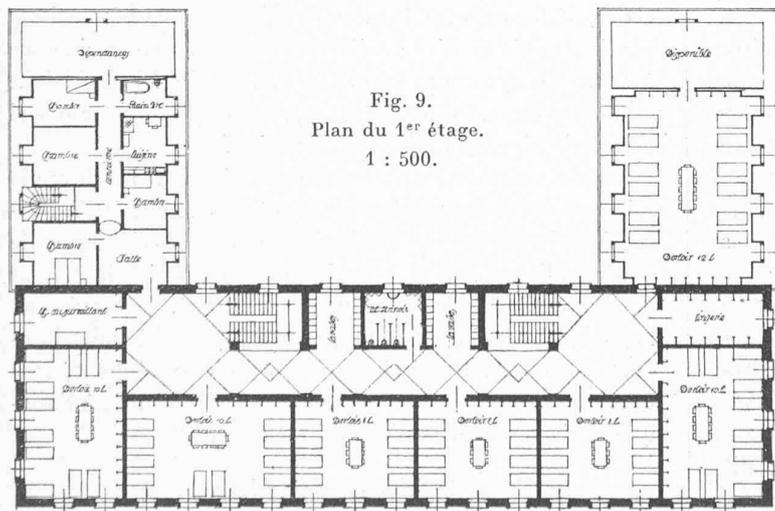


Fig. 9.
Plan du 1^{er} étage.
1 : 500.

2^{me} prix: projet « Fleur de trèfle »,
de MM. Esch et Rossier, architectes, au Locle.

Ritom. Les mortiers de ciment Portland ont présenté une résistance à la compression de 121 à 130 kg. par cm² et une résistance à la traction de 14 1/2 à 16 kg. (mortier normal) au bout de 7 jours. Les mortiers préparés avec le même ciment et du sable normal ont donné une résistance à la compression de 146 kg. par cm² et une résistance à la traction de 17 kg. par cm². Les résultats des essais ont donc été bons. La même année, le mortier destiné au barrage du lac de Ritom et composé de 350 kg. de ciment Portland et de 100 kg. de chaux hydraulique par m³ de sable a accusé des résistances à la pression de 91, 138 et 161 kg. par cm² et des résistances à la traction de 10, 14 et 17 kg. par cm² au bout de 7, 28 ou 84 jours. Ces résultats étaient eux aussi satisfaisants. Il n'a pas été fait d'autres essais et il n'a, en particulier, pas été prélevé d'échantillons sur le béton de la galerie pendant la construction, en vue d'épreuves de résistance. A leur grand regret, les experts ne disposent donc pas d'indications précises sur la résistance du béton n'ayant point encore été soumis à des influences telles que température, eau gypseuse de mélange et eaux gypseuses de montagne.

L'inspection de toute une série de sondages pratiqués dans le béton de la galerie en juillet 1920 a montré que ce béton n'offrait en réalité nulle part la dureté qu'on aurait été en droit d'attendre d'un béton de 9 mois à peu près et renfermant 235 kg. environ de ciment Portland. A la demande des experts, on a extrait plusieurs morceaux de béton de la galerie, lesquels ont été soumis au Laboratoire fédéral d'essais des matériaux. Les résistances offertes ont été les suivantes :

Béton de la galerie de raccordement, bloc de la porte		58 kg. par cm ²
Béton de la galerie	hm. 0,10	174 »
» »	» 5,75	96 »
» »	» 7,43	187 »
» »	» 0,1	143 »
» »	» 0,1	107 »
» »	» 0,1	135 »
» »	» 0,1	124 »

Ces valeurs de résistance sont sensiblement différentes les unes des autres, mais, à l'exception de la première, elles sont telles qu'on ne saurait qualifier le béton de mauvais, mais bien d'insuffisant.

Les experts, après examen des circonstances, considèrent que, d'une manière générale et tout particulièrement en certains endroits, le béton présente une résistance un peu faible, et ils croient pouvoir attribuer ce fait aux facteurs suivants :

1° Il n'est pas impossible que le sable ait par-ci par-là renfermé un peu trop de gypse ; à coup sûr il a souvent été un peu trop fin et trop riche en particules de mica. Tous ces facteurs diminuent dans une certaine mesure la résistance du mortier.

2° Le gravier provenait en partie de matériaux schisteux, il est savonneux au toucher comme le mica, et, comme il n'a pas été lavé, ses impuretés micacées peuvent avoir eu une action un peu défavorable. Le manque de dureté des morceaux de micaschiste est sans doute aussi cause que le béton malgré sa résistance jusqu'à un certain point normale, ne paraît pas très dur.

3° La basse température qui règne constamment dans la galerie, et qui n'est que de 5° C. au-dessus de zéro, a probablement ralenti la prise et peut-être même empêché que le ciment acquît toute sa résistance.

4° Les eaux gypseuses de la montagne peuvent avoir, en certains endroits, contribué à ralentir la prise ou même à réduire ensuite la dureté.

5° La nature aquifère du terrain entre l'hm. 0 et l'hm. 1 a certainement, faute de drainage du radier, occasionné par places le délavage plus ou moins prononcé du béton.

(A suivre.)

Concours pour l'étude des plans d'un bâtiment d'internat à l'Ecole cantonale d'agriculture, à Cernier.

(Suite.)¹

N° 3, *Fleur de Trèfle*. — Ce plan, de type classique, régulier, en forme de U, d'une grande simplicité, offre une grande clarté de distribution. Il comporte un corps allongé (plain-pied, rez-de-chaussée et deux étages) et deux ailes basses, en retour, d'un rez-de-chaussée seulement. L'entrée principale est bien située sur la face sud-ouest.

Les locaux du plain-pied (cuisine et dépendances, nettoyage et séchage, réfectoire du personnel, etc.) sont correctement distribués avec des accès directs extérieurs. Au rez-de-chaussée sont groupés les classes (un peu longues) et l'aula, et, en dehors de la circulation, le réfectoire, d'heureuse proportion et amplement éclairé sur deux faces. Les dortoirs, spacieux, avec bonne disposition des lits et des armoires, orientés au sud-est, sont répartis aux premier et deuxième étages. Les lavabos occupent un emplacement favorable, mais ils sont trop exigus ; il serait facile de remédier à ce défaut en repoussant les cages d'escaliers vers les extrémités, afin de donner plus d'aisance à ces locaux. Les espaces de circulation, normalement éclairés et ventilés, ont une surface raisonnable (fig. 7 à 10).

La seconde étape comprend la construction de l'aile, facilement réalisable. Au début, le bâtiment pourrait contenir une centaine de lits.

Les façades, d'une construction très simple, aux lignes tranquilles, couvertes d'une toiture sobre, forment une belle masse homogène et proportionnée, traitée dans l'esprit du XVIII^e siècle ; les volets donnent à cette architecture un caractère semi-rural et familial qui convient à la destination de l'édifice et au cadre ambiant. Ce projet présente de réelles qualités pratiques et esthétiques. Son cube est un peu élevé (18 066 m³.)

¹ Voir *Bulletin technique* du 2 avril 1921, page 81.

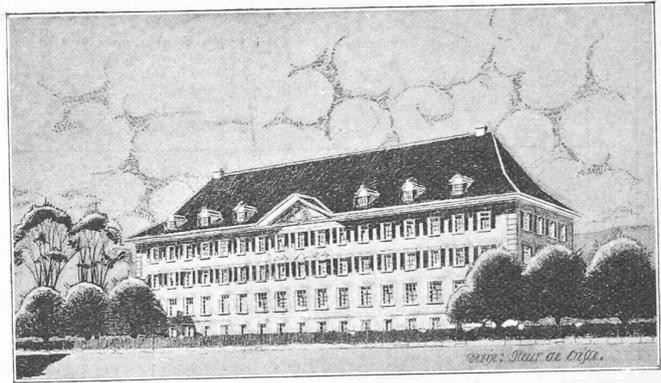


Fig. 10. — Perspective. — Projet Oesch et Rossier.

mais, comparativement aux cubes d'autres projets, il consiste, pour une bonne part en toiture vide et inoccupée, d'un bas prix de construction. (A suivre.)

Ciments de laitier et de pouzzolane.

(Suite et fin)¹

En vertu des propriétés hydrauliques qu'ils acquièrent par la granulation, les laitiers sont assimilables aux roches volcaniques : pouzzolane, trass, terre de Santorin qui entrent dans la composition des ciments dits *mixtes*. Un chimiste italien, M. F. Ferrari, a exécuté sur ces pouzzolanes une longue série de recherches dont *Il Cemento* de novembre et de décembre 1920 publie un résumé et qui présentent un vif intérêt non seulement scientifique mais pratique puisqu'elles mettent hors de doute que l'addition de ces pouzzolanes au Portland corrige certains défauts assez graves de ce dernier, notamment la perméabilité croissante avec le temps. On connaît la cause de cette défaillance : sous l'action de l'eau, les silicates constituant le Portland se décomposent et l'un des produits de cette décomposition est la chaux hydratée qui ne tarde pas à être lessivée, d'où formation de pores. Or les pouzzolanes ont précisément la composition chimique propre à fixer cette chaux libre ; elles agiront donc comme imperméabilisants plus efficaces et moins préjudiciables au durcissement normal du mortier que la plupart des produits et enduits préconisés jusqu'ici. Le tableau suivant établit une comparaison entre la perméabilité du Portland ordinaire et celle de deux ciments mixtes.

M. Bied² a préparé, au four électrique, un ciment siliceux, à partir d'un mélange de 36 % de silice, 6 % d'alumine, 47 % de chaux et 3 % de fer. « C'est à peu près, dit le *Journal du Four électrique* la composition d'un laitier acide de haut fourneau. M. Bied a tiré alors la conclusion que tous les laitiers de hauts fourneaux sont des ciments qu'il suffirait de repasser au four électrique. Ce n'est pas précisément une nouveauté, car il y a longtemps que l'on fait du ciment de laitier, mais on obtient ces produits par sélection et en y ajoutant de la chaux. A l'aide du four électrique, qui est un appareil très simple à installer et tout indiqué dans une usine métallurgique, on pourrait très économiquement transformer tous les laitiers de hauts fourneaux en ciment, ce n'est qu'une question de dévitrification ».

¹ Voir *Bulletin technique* du 2 avril 1921, page 83.

² Voir au sujet du ciment alumineux fondu, le *Bulletin technique* du 5 mars 1921, page 57.