

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 68 (1942)
Heft: 9

Artikel: Le chauffage industriel à l'aide de la pompe thermique
Autor: Dusseiller, Paul
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-51799>

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: 14.03.2025

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

| | |
|---|-------|
| Utilisation de la chaleur : | |
| Economiseur, en pour-cent | 5,98 |
| Surchauffeur, en pour-cent | 13,47 |
| Générateur et réchauffeur d'air, en pour-cent | 67,98 |
| Pertes (référées au pouvoir calorifique inférieur) : | |
| Imbrûlés solides, en pour-cent | 1,27 |
| Chaleur sensible des gaz de combustion, en pour-cent ¹ | 6,64 |
| Imbrûlés gazeux, suies, rayonnement, déperditions, en pour-cent | 4,66 |
| Total des pertes, en pour-cent | 12,57 |
| Rendement global, en pour-cent | 87,43 |

Ce résultat global est d'autant plus remarquable que, lors de l'essai, l'isolation de quelques parties de la chaudière n'était pas complète.

C. ESSAI A 80 t/h

Cet essai, d'une durée de 90 min, a mis en évidence une température maximum, dans la chambre de combustion de 1390° C, une température des gaz à la sortie du réchauffeur d'air de 152,7° C, une puissance moyenne absorbée par les services auxiliaires de 346 kW, une perte par imbrûlés solides de 1,27 % et un rendement global de 86,95 %.

Il y a lieu de remarquer que le pourcentage de pertes par imbrûlés solides est très faible aussi bien au régime normal (70 t/h) qu'au régime de 80 t/h. Les cendres se présentent sous la forme de petits grains sphériques qui restent, pour la plus grande partie, en suspension dans les fumées. Ces grains sont ainsi expulsés avec les fumées et n'encombrent pas les conduits ; mais, vu leur forte quantité (1100 kg/h environ en régime normal), un dépoussiérage des gaz est nécessaire.

Les résultats obtenus au cours de ces recherches sont manifestement d'un grand intérêt et la satisfaction qu'en témoigne l'auteur de l'étude examinée est entièrement justifiée.

* * *

Nous croyons avoir montré par les notes et discussions qui précèdent, non seulement que les questions relatives aux installations à vapeur retiennent l'attention des milieux techniques italiens plus qu'on ne le pense généralement, mais aussi que les résultats pratiques obtenus par ces milieux et par l'industrie italienne sont des plus intéressants. Ils le sont tant par eux-mêmes que par le fait qu'ils mettent en évidence une unité de doctrine en matière d'économie nationale dont il convient d'estimer l'importance à sa juste valeur, aussi bien pour ce qui concerne ses répercussions à l'intérieur du pays que pour ce qui a trait aux échanges commerciaux de l'Italie avec l'étranger.

Le chauffage industriel à l'aide de la pompe thermique

par PAUL DUSSEILLER, ingénieur.

(Suite et fin).¹

IV. Description d'une installation de pompage thermique à grande puissance pour besoins industriels.

La station de pompage thermique dont il a été fait mention plus haut, est destinée à une importante entreprise

¹ Voir *Bulletin technique* du 18 avril 1942, page 85.

industrielle située sur les bords du lac de Constance. Cette fabrique assurait jusqu'à aujourd'hui l'alimentation en chaleur de ses divers départements exclusivement à l'aide d'un vaste réseau de distribution de vapeur à la pression de 3 à 4 kg/cm². Cette vapeur est produite par des chaudières à vapeur qui fonctionnent jour et nuit pendant environ 360 jours de l'année. Une installation de turbines à vapeur permet à la fabrique de produire elle-même une certaine partie de sa force motrice.

Le bureau technique de la Centrale de chauffage de l'Ecole polytechnique fédérale fut chargé, il y a environ un an, d'étudier les possibilités de réduire la consommation de charbon de cette entreprise qui s'élève actuellement à plusieurs milliers de tonnes par année. L'électrification de la production de chaleur par l'installation de chaudières électriques présentait des difficultés momentanément insurmontables et ne pouvait être envisagée, vu les quantités considérables d'énergie électrique nécessaires, que pour les mois d'été. Le projet d'une station de pompage thermique s'imposa par contre du fait que les bâtiments de la fabrique en question se trouvent sur la rive même d'un grand lac, réservoir gratuit de chaleur de faible température.

Les principaux problèmes à résoudre à cet effet furent les suivants :

a) Est-il possible d'envisager la distribution de la chaleur sous forme d'eau chaude au lieu de vapeur, sans nuire à l'exploitation et sans modifications exagérément coûteuses de l'appareillage ?

b) Peut-on garantir une température suffisamment constante et stable de l'eau chaude de ce réseau malgré les variations saisonnières de la température de l'eau du lac, entre 3 et 20° ?

c) Notre industrie mécanique est-elle en mesure de construire des groupes thermopompes d'une puissance unitaire de l'ordre de 1 à 2 millions de kcal/h, permettant de chauffer le réseau d'eau chaude à environ 70°, à un prix permettant une rentabilité suffisante et d'un fonctionnement assez parfait pour pouvoir garantir un service ininterrompu pendant plus de 8000 heures par an ?

d) Est-il possible de réaliser une station de pompage thermique absolument automatique, ne nécessitant pas une surveillance ininterrompue, tout en prévoyant par mesure de sécurité, un retour immédiat à la production de chaleur par les chaudières à charbon en cas de dérangement ?

Une étude approfondie, en étroite collaboration avec la direction de la fabrique d'une part et la maison Brown, Boveri et C^{ie} d'autre part, a permis de répondre affirmativement à ces questions et, en mai 1941, l'entreprise en question décidait de réaliser le projet dont voici les grandes lignes.

La moitié environ des besoins annuels de chaleur, soit 10 000 millions de kcal, pourra être désormais fournie sous forme d'eau chaude d'une température moyenne de 66°, grâce à la transformation adéquate de l'appareil-

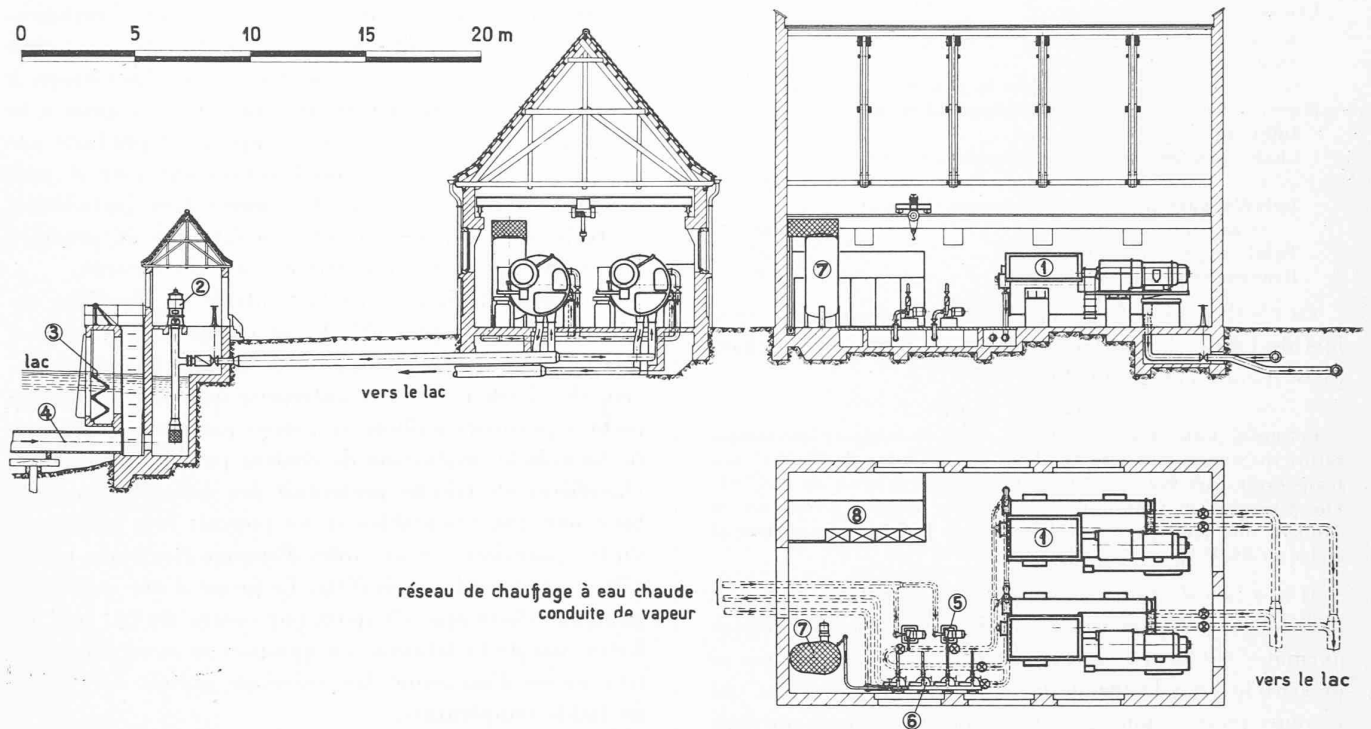


Fig. 4. — Disposition générale d'une station de pompage thermique industrielle.

1. Groupe thermopompe. — 2. Station de pompage. — 3. Vanne pour prise d'eau en surface. — 4. Prise d'eau en profondeur. — 5. Pompes de circulation. — 6. Echangeurs de chaleur à vapeur. — 7. Chaudière électrique. — 8. Tableau de commande.

reillage de 4 importantes phases de la fabrication. La puissance horaire à fournir par le réseau d'eau chaude est de 1,8 millions de kcal, maximum exigé spécialement au gros de l'hiver. La station de pompage thermique, figure 4, qui assurera le chauffage de ce réseau est équipée de deux groupes appelés *thermoblocs* (1), chacun d'une puissance de 1,7 millions de kcal/h pour une consommation de 600 kW (une chaudière électrique de même puissance thermique nécessiterait une puissance électrique de environ 2000 kW). Dans les conditions actuelles, un seul thermobloc suffira au chauffage du réseau, à l'exception de la période de basse température de l'eau du lac. A ce moment, le second thermobloc viendra servir d'appoint. Il est prévu en outre comme réserve et en vue d'une extension prochaine de la fabrique. En cas d'interruption du courant électrique, une batterie d'échangeurs de chaleurs (6) alimentés par une conduite de vapeur venant de l'ancienne chaufferie, entre automatiquement en fonction. La station sera complétée plus tard par une chaudière électrique (7) qui permettra d'électrifier, au moins pendant l'été, les parties de la fabrique qui ne peuvent utiliser la chaleur que sous forme de vapeur.

L'eau du lac est captée par une sta-

tion de pompage située sur la rive, qui fournit, à l'aide de deux pompes verticales Sulzer (2), un débit de 1200 m^3 à l'heure. La température de l'eau étant sensiblement différente à la surface et en profondeur et le rendement de la pompe thermique étant d'autant plus favorable que la température de l'eau est plus élevée, la prise d'eau

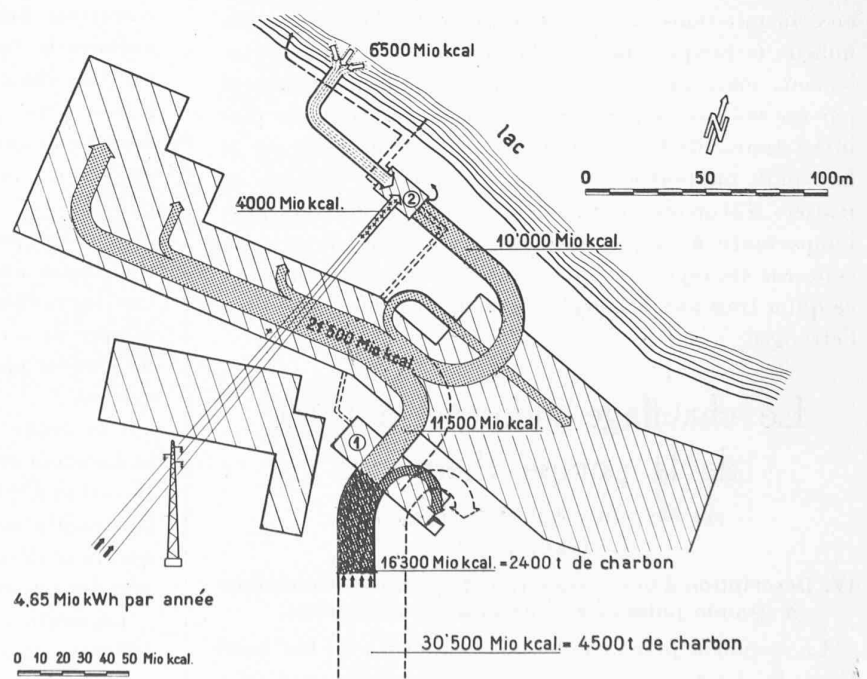


Fig. 5. — Situation de la station de pompage thermique avec circuit de l'énergie.

1. Chaufferie et centrale thermique. — 2. Station de pompage thermique.

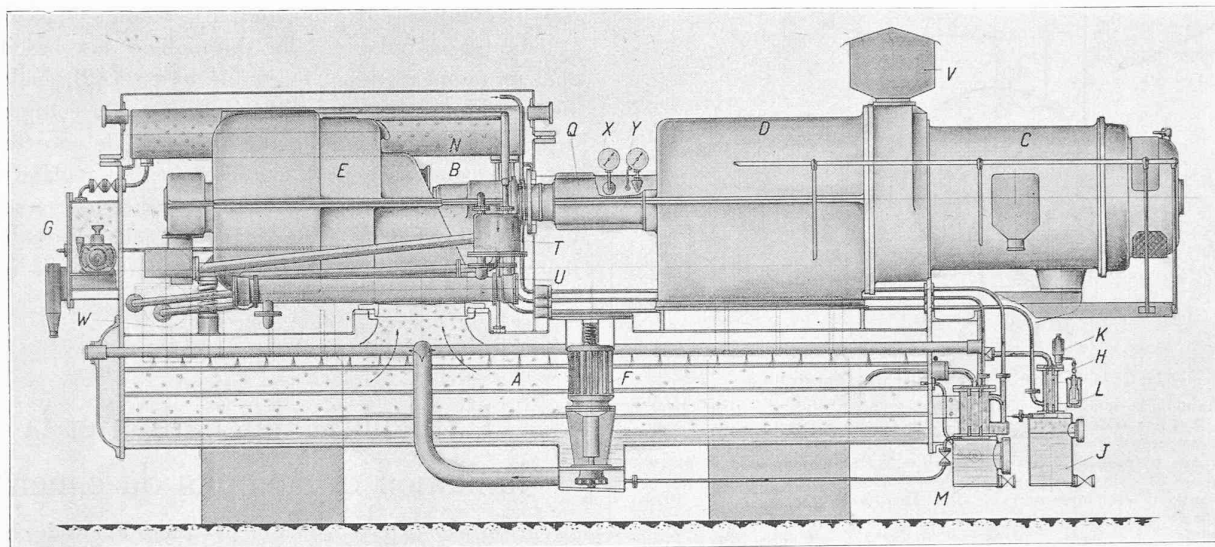


Fig. 6. — Vue d'ensemble du thermobloc BBC.

A = Evaporateur. — B = Chambre des machines. — C = Moteur. — D = Train d'engrenage. — E = Compresseur centrifuge. — F = Pompe de brassage. — G = Pompe à vide. — H = Réfrigérant de récupération. — J = Récipient pour agent réfrigérant. — K = Soupape d'échappement. — L = Echappement visible de l'air. — M = Dispositif de séchage. — N = Collecteur d'air. — O = Arbre intermédiaire. — T = Régulateur de température. — U = Réfrigérant d'huile. — V = Silencieux. — W = Pompe de circulation pour le refroidissement du compresseur. — X = Manovacuum-mètre. — Y = Thermomètre de signalisation.

s'effectue en été à la surface, à l'aide d'une vanne spéciale (3) et en hiver, c'est-à-dire dès que la température en surface tombe en dessous de 4°, à l'aide d'une prise en profondeur (4). Après avoir traversé les évaporateurs de chacun des deux thermoblocs où sa température est abaissée de 1 à 2°, l'eau est rejetée au lac à environ 100 m en aval de la station de pompage.

La figure 5 montre la situation générale de la fabrique par rapport au lac. Tandis que l'actuelle chaufferie (1) est située sur le côté opposé au lac, la station de pompage thermique (2) du fait même de son but, est prévue à proximité immédiate de la rive. La première voit sa production de chaleur annuelle se réduire environ de moitié et continue en hiver à assurer le chauffage général des locaux qui, vu ses besoins considérables de chaleur par les grands froids et la courte durée d'utilisation de la puissance horaire maximum nécessaire à cet effet, ne peut guère être rationnellement électrifié pour le moment, même à l'aide de la pompe thermique. La position de ces deux centrales de chauffage, reliées par une conduite de vapeur, augmente considérablement la sécurité de l'alimentation en chaleur de la fabrique. Une fois la chaudière électrique installée, cet ensemble permettra en outre une entière liberté dans l'utilisation rationnelle et économique des trois sources de chaleur à disposition — charbon, électricité, chaleur accumulée dans l'eau du lac.

Dans le plan de situation de la figure 5, la production de la chaleur dans chacune des deux centrales et sa distribution à la fabrique sont représentées schématiquement. La largeur de chacun des courants est proportionnelle au débit annuel de chaleur. On constate que la station de pompage thermique consomme annuellement 4,65 millions de kWh équivalant à 4000 millions de kcal et prélève dans l'eau du lac 6500 millions de kcal. Après

déduction des pertes de 500 millions de kcal (env. 5 %) elle fournit à la fabrique 10 000 millions de kcal. La centrale thermique doit encore fournir annuellement 11 500 millions de kcal. Elle consomme à cet effet 16 300 millions de kcal brutes, soit environ 2400 t de charbon. Les pertes dues à la combustion pour la production de vapeur atteignent 4800 millions de kcal (env. 30 %). Bien qu'il soit peut-être possible de réduire le chiffre de ces dernières, spécialement lorsqu'on pourra à nouveau se procurer un charbon industriel de première qualité, il n'en résulte pas moins une différence frappante entre le rendement de la station de pompage thermique et celui de la centrale à charbon. Les conditions existant avant la mise en service de la pompe thermique sont indiquées en pointillé. Les besoins annuels de 21 500 millions de kcal nécessitent 4500 t de charbon, de telle sorte que la transformation en cours de réalisation assurera une économie annuelle de 2100 t de charbon. Celle-ci résulte pour 26 % de la réduction des pertes de la centrale thermique, pour 28 % de la consommation d'énergie électrique par la pompe thermique et pour 46 % de la chaleur prélevée dans le lac.

Le groupe thermopompe à grande puissance, figures 6 et 7, mis au point par les ateliers Brown, Boveri et C^{ie}, à Baden, est une adaptation de la machine frigorifique connue sous le nom de « Frigibloc BBC ». Il utilise un turbocompresseur à grande vitesse permettant sous d'assez faible dimension une puissance considérable et l'emploi d'agents frigorifiques légers tels que le chlorure de méthylène et de ce fait la réalisation de températures assez élevées dans des conditions de pression réduite.

Les principaux éléments du thermobloc, le compresseur (E), l'évaporateur (A), le condenseur (O), la soupape de réduction (5) sont concentrés en un espace restreint et

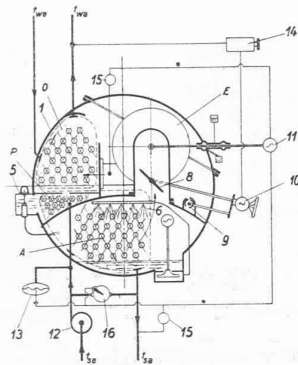


Fig. 7. — Coupe schématique du thermobloc.

1 = Manteau hermétique. — E = Compresseur centrifuge. — O = Condenseur. — P = Sous-refroidisseur. — 5 = Orifice d'étranglement. — 6 = Arrosage de l'évaporateur. — A = Evaporateur. — 8 = Clapet d'étranglement. — 9 = Soupape by-pass antipompage. — 10 = Servomoteur. — 11 = Moteur principal. — 12 = Pompe de l'eau du lac. — 13 = Manomètre à contact. — 14 = Régulateur de température. — 15 = Thermomètre à contact. — 16 = Indicateur de circulation d'eau.

t_{se} = Température de l'eau du lac à l'entrée. — t_{sa} = Température de l'eau du lac à la sortie. — t_{we} = Température de l'eau chaude à l'entrée. — t_{wa} = Température de l'eau chaude à la sortie. — * = Déclenchement automatique.

enveloppés hermétiquement par un manteau de tôle, afin que les alentours ne soient en aucun cas incommodés par les vapeurs de l'agent frigorigène.

L'évaporateur (A), la partie la plus froide du groupe, est placé en bas. Il est constitué par une batterie de tubes parcourus par l'eau du lac. Le chlorure de méthylène liquide s'amasse en dessous des tubes et est distribué en pluie sur toute la surface de la tubulure, à l'aide de la pompe F, pour activer l'évaporation et améliorer le coefficient de passage de la chaleur.

Le condenseur (O) est de construction analogue. Les tubes sont parcourus par l'eau du réseau de chauffage pendant que la pression et la température de la vapeur de chlorure de méthylène sont maintenues assez élevées pour assurer la transmission de la chaleur de l'eau. Evaporateur et condenseur sont équipés avec des tubes en forme d'un S étiré, fixés à chaque extrémité dans les plaques de fond. Cette forme permet une dilatation individuelle de chaque tube.

Le turbocompresseur (E) est actionné par un moteur asynchrone (C) par l'intermédiaire de l'engrenage (D). Il est de construction identique à celle des compresseurs à air, avec refroidissement par circuit de chlorure de méthylène liquide. L'ouverture d'aspiration sert également de base d'appui du compresseur. Le palier extérieur comporte un point d'appui mobile pour permettre une libre dilatation axiale. L'étanchéité au passage de l'arbre hors du compresseur est assurée par une série de labyrinthes et par un dispositif de presse-étoupe à membrane sous pression d'huile.

L'engrenage (D) et le moteur électrique (C) sont placés, tout comme le compresseur, sur l'évaporateur même. L'engrenage permet l'enclenchement à l'arrêt de trois vitesses différentes, nécessaires pour obtenir une meilleure adaptation de la puissance du thermobloc aux besoins de chaleur de la fabrique et à la température de l'eau du lac. Le réglage nécessite en outre un clapet (8), commandé par servomoteur, dans la conduite d'aspira-

tion du compresseur, pour limiter le volume de gaz aspiré et adapter la puissance du thermobloc aux besoins de chaleur momentanés. Une vanne by-pass (9), également automatique, évite la marche irrégulière du compresseur à faible charge en établissant une sorte de court-circuit entre le condenseur et l'évaporateur. Le réglage de la température du réseau de chauffage comme aussi de l'appoint de chaleur à fournir par les échangeurs de chaleur à vapeur est commandé par un dispositif central automatique.

Zurich, mars 1942.

La pénurie de charbon et la limitation de l'emploi du ciment.

Par suite de la forte réduction des importations de charbon, l'industrie du ciment se voit contrainte à limiter très notablement, pour les temps à venir, sa production. On prévoit que pour 1942 l'attribution de charbon ne s'élèvera qu'à 60 % de celle de 1941, ce qui correspondrait à une réduction de la production de ciment d'environ 700 000 tonnes en 1941 à environ 400 000 tonnes pour l'année courante. Une réduction aussi forte du ciment disponible en 1942 pourrait avoir les effets les plus fâcheux sur toute l'industrie du bâtiment et sur le marché du travail si la consommation du ciment n'est pas aussitôt soumise à des règles précises.

L'industrie du ciment a tout d'abord proposé d'amaigrir le ciment Portland par adjonction, par exemple, de 20 % de poudre de pierre et de lancer ce produit sur le marché sous le nom de *ciment B*. En tant qu'éditeur des Normes suisses pour les liants, la *Société suisse des ingénieurs et des architectes* a soumis la question de la fabrication de ce ciment amaigri à un examen approfondi. L'accord complet règne aujourd'hui dans les milieux compétents sur le fait que la fabrication de ce ciment amaigri doit être catégoriquement refusée. Les expériences faites au cours de ces dernières années avec des ciments amaigris déconseillent formellement une telle fabrication. Rappelons, par exemple, le « Lötschit », un ciment amaigri, qui lors des travaux de la ligne du Lötschberg a causé en nombre d'endroits de graves mécomptes. Aussi, lors de l'établissement des nouvelles normes pour les liants, a-t-on fixé la teneur des matières insolubles à 10 % au maximum, bien qu'à l'époque déjà divers milieux aient jugé que cette limite était trop élevée.

Le *Laboratoire fédéral d'essais des matériaux* s'est livré, ces derniers temps, à des essais approfondis sur des ciments amaigris. Il est d'avis, tout comme le *Laboratoire d'essais des matériaux de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne*, qu'une réduction du dosage est bien plus indiquée qu'un amaigrissement du ciment Portland de 20 %. L'assurance donnée par l'industrie intéressée que ce ciment B répond aux prescriptions de résistance des normes pour les liants, est insuffisante, car l'amaigrissement porte au ciment un préjudice que ne révèlent pas les essais normaux de résistance. En particulier, la résistance au gel et aux agents chimiques d'un béton fait à l'aide d'un ciment amaigri est fortement diminuée. De même, un mortier préparé à l'aide d'un tel ciment exige relativement beaucoup plus d'eau que lorsqu'on emploie du ciment Portland conforme aux normes, ce qui entraîne une augmentation du facteur eau-ciment et une diminution de la résistance, mais du fait que les éprouvettes sont toujours damées, cette circonstance n'apparaît pas suffisamment lors des essais.