

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 57 (1931)
Heft: 6

Artikel: Module de finesse d' Abrams et calcul de l'eau de gâchage des bétons
Autor: Bolomey, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-44131>

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: 12.01.2026

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

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE DE TECHNIQUE SANITAIRE

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

SOMMAIRE : *Module de finesse d'Abraams et calcul de l'eau de gâchage des bétons*, par J. BOLOMEY, professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de Lausanne (suite et fin). — *Concours d'idées pour l'établissement d'une plage et l'aménagement du nouveau port, à Nyon*. — *Le mouvement architectural, technique et industriel*. — *L'essor des turbines Kaplan*. — *Les ententes industrielles internationales*. — *Les embranchements industriels et leur utilité* — *SOCIÉTÉS : Société vaudoise des ingénieurs et des architectes*. — *Le G. A. N. G.* — *BIBLIOGRAPHIE*. — *Ecole d'ingénieurs de Lausanne*. — *Service de placement*.

Module de finesse d'Abraams et calcul de l'eau de gâchage des bétons

par J. BOLOMEY, professeur,
chef de la Division des matériaux pierreux du
Laboratoire d'essai des matériaux de l'Ecole d'Ingénieurs
de Lausanne.

(Suite et fin.)¹

B. Calcul analytique de l'eau de gâchage.

Le module de finesse se trouvant en défaut dans certains cas extrêmes et sa signification n'étant pas clairement définie, il était naturel de chercher à calculer l'eau de gâchage d'un ballast en partant soit de la densité apparente (volume des vides), soit de sa composition granulométrique.

Il est logique de supposer que la quantité d'eau de gâchage doit être proportionnelle au volume des vides d'un ballast, c'est-à-dire inversement proportionnelle à sa densité apparente. En réalité il n'en est pas tout à fait ainsi parce que, suivant le dosage, la composition granulométrique et la consistance, le volume des vides d'un béton peut varier dans des limites relativement étendues par suite du foisonnement ou du tassemement provoqué par l'eau de gâchage et l'addition du liant. La densité apparente du ballast ne donne ainsi que des renseignements peu précis.

On peut aussi admettre que la quantité d'eau de gâchage doit être proportionnelle à la surface des grains du ballast, chacun de ceux-ci devant être entouré d'une mince pellicule d'eau. Ici encore les résultats ont été décevants parce que, outre les difficultés presque insurmontables du calcul exact de la surface des grains de forme irrégulière ou de petit diamètre, la capillarité fait varier l'épaisseur des pellicules d'eau ; de plus l'eau de gâchage doit non seulement envelopper chaque grain, mais encore remplir tous les vides et les pores du béton.

Pour obtenir une formule satisfaisante de calcul de l'eau de gâchage, il a fallu procéder expérimentalement en effectuant de très nombreux essais avec des ballasts de diverses natures et granulations, divers dosages et

consistances du béton. Ces recherches systématiques nous ont permis de définir la quantité d'eau de gâchage E par la formule :

$$E = \sum e = \sum \frac{p \cdot N}{\sqrt[3]{d_1 \times d_2}}$$

e = poids de l'eau nécessaire pour gâcher le poids p d'une des composantes du béton dont le diamètre des grains est compris entre d_1 et d_2 mm. e et p sont donnés en kg ou en % du poids total des matières sèches.

N = coefficient variable avec le poids spécifique de la roche d'où provient le ballast, la rugosité des surfaces et la forme des grains, la consistance (fluidité) du béton.

Pour une roche à poids spécifique compris entre 2,60 et 2,70, N a pour valeur

| | Grains arrondis (roulé) | Grains rugueux (concassé) |
|--------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Béton sec damé (pierre artificielle) | $N = 0,080$ | $0,095$ |
| » mou de chantier (bét. armé) | $N = 0,090$ à $0,095$ | $0,100$ à $0,110$ |
| » coulé | $N = 0,100$ à $0,110$ | $0,120$ à $0,130$ |

La formule ci-dessus n'est plus applicable pour les grains de diamètre inférieur à 0,2 mm ; pour les matériaux de diamètre plus petit il faut admettre pour la consistance molle

| | |
|-------------------------------------|--------------|
| Ciment | $e = 0,23 p$ |
| Poudre de pierre, limon | $e = 0,35 p$ |
| Sable fin de rivière (0,1 à 0,5 mm) | $e = 0,22 p$ |
| Hydrate de chaux, trass | $e = 0,50 p$ |

L'emploi de la formule est très simple. Le tableau IV donne le calcul détaillé de l'eau de gâchage des bétons I à VIII et A à H .

Connaissez la quantité d'eau de gâchage E et le dosage, on trouve la résistance probable du béton au moyen de la formule approchée :

a) $R = (C/E - 0,50) \times K$ ou celle, plus précise

$$b) R = \left[\left(\frac{\Delta}{2,35} \right)^2 \times \frac{C}{E} \right]^{1/2} \times \frac{K}{2}$$

Δ = densité du béton.

K = coefficient de qualité du liant.

¹ Voir *Bulletin technique* du 7 mars 1931, page 53.

Tableau IV

Calcul de l'eau de gâchage des hélices E"

$$E''' = \Sigma \frac{p.N}{\sqrt[3]{d_1 \times d_2}}$$

$\frac{P}{N} =$ Poids du ballast composant dont les grains ont un diamètre compris entre d_1 et d_2 mm
 $\lambda =$ Coefficient variable, suivant la consistance du béton entre 0.08 et 0.10 (ballast roulé)
 $d_1 =$ $d_2 =$ $\lambda =$

ou encore au moyen de la formule de Feret

$$c) \quad R = \left(\frac{c}{1-s} \right)^2 \times K'$$

c = volume occupé par le liant dans le volume de béton égal à 1.

s = volume occupé par le ballast dans le volume de béton égal à 1.

Exemple. Béton V, du tableau I.

$$\left\{ \begin{array}{l} C = 293 \text{ kg C. P./m}^3 \text{ béton.} \\ E = 157 \text{ litres d'eau de gâchage par m}^3 \\ \text{de béton.} \\ \Delta = 2,45 \text{ tonnes par m}^3 \text{ de béton.} \\ K = 142 \\ K' = 1320. \end{array} \right.$$

$$a) R = (1,86 - 0,50) \cdot 142 = 193 \text{ kg/cm}^2$$

$$b) R = [(1,09 \times 1,86)]^{3/2} \times 71 = 204 \text{ kg/cm}^2$$

$$c) \quad C = 293, \quad E = 457, \quad C + E + S = 2450 \text{ kg}$$

$$S = 2450 - 450 = 2000 \text{ kg}$$

C 293 0.007

$$s = \frac{S}{\Delta s} = \frac{2000}{2,65} = 0,754 \quad 1 - s = 0,246$$

$$R = \left(\frac{0,094}{0,246} \right)^2 \times 1320 = 195 \text{ kg/cm}^2$$

La résistance effective a été de 205 kg/cm²

Le nombre E a une signification analogue à celle du module de finesse M du béton, c'est-à-dire : *Un ballast permet d'obtenir un béton d'autant plus résistant que son E est plus faible. Deux ballasts ou bétons ayant le même E sont équivalents.*

Le E d'un béton se déduit immédiatement de celui du liant et des ballasts composants, comme indiqué au tableau IV.

Le tableau V donne le degré de précision de la détermination de l'eau de gâchage au moyen du module M ou du calcul direct de E .

La qualité d'un béton est en général mieux déterminée par le calcul direct de E qu'au moyen du module de finesse. Les différences sont cependant de peu d'importance et il se pourrait qu'une autre série d'expériences donne l'avantage au module M .

L'une ou l'autre méthode permet de calculer E à 5% près, cas spéciaux exceptés, soit avec une approximation du même ordre de grandeur que celle de l'évaluation de la consistance. Ainsi les bétons III et *A*, de même consistance et absolument identiques sauf la qualité du ciment, ont exigé l'un 9,5, l'autre 9,1% d'eau de gâchage, soit une différence de 4%.

La précision donnée par le calcul direct de E ou par le module M est donc suffisante pour les besoins du chantier. Le choix entre ces deux méthodes se fera sui-

Tableau V

Degré de précision de la détermination de la quantité d'eau de gâchage du béton au moyen du module de finesse M du béton ou par le calcul de $E'' = \Sigma \frac{p \cdot N}{\sqrt[3]{d_1 \times d_2}}$

| Bétons | Eau de gâchage effective en % du poids des matériaux sèches. $E = \frac{\text{Eau de gâchage effective}}{\text{Poids des matériaux sèches}}$ | Module de finesse $M = \frac{38.5}{E}$ | $E' = \frac{38.5}{M}$ | $E': E$ | Erreur $\frac{E' - E}{E}$ | $E'' = \Sigma \frac{p \cdot N}{\sqrt[3]{d_1 \times d_2}}$ | $E'' : E$ | Erreur $\frac{E'' - E}{E}$ |
|----------------|---|--|-----------------------|---------|---------------------------|---|-----------|----------------------------|
| I | 13.2 % | 2.53 | 15.2 | 1.15 | +15 % | 13.42 | 1.02 | + 2 % |
| II | 10.5 % | 3.28 | 11.7 | 1.11 | +11 % | 10.49 | 1.04 | + 4 % |
| III | 9.5 % | 4.05 | 9.5 | 1.00 | 0 | 9.02 | 0.95 | - 5 % |
| IV | 7.5 % | 4.88 | 7.9 | 1.05 | + 5 % | 7.36 | 0.98 | - 2 % |
| V | 6.9 % | 5.71 | 6.7 | 0.97 | - 3 % | 6.05 | 0.88 | - 12 % |
| VI | 5.8 % | 6.56 | 5.8 | 1.00 | 0 | 5.13 | 0.88 | - 12 % |
| VII | 7.9 % | 4.86 | 7.9 | 1.00 | 0 | 7.71 | 0.98 | - 2 % |
| VIII | 8.2 % | 4.87 | 7.9 | 0.97 | - 3 % | 8.17 | 0.99 | - 1 % |
| A | 9.1 % | 4.05 | 9.5 | 1.04 | + 4 % | 9.02 | 0.99 | - 1 % |
| B | 8.8 % | 4.24 | 9.1 | 1.03 | + 3 % | 8.82 | 1.00 | 0 |
| C | 8.4 % | 4.65 | 8.3 | 0.99 | - 1 % | 8.55 | 1.01 | + 1 % |
| D | 8.0 % | 5.09 | 7.6 | 0.95 | - 5 % | 8.34 | 1.04 | + 4 % |
| E | 7.1 % | 5.57 | 6.9 | 0.97 | - 3 % | 7.85 | 1.10 | + 10 % |
| F | 8.6 % | 4.62 | 8.3 | 0.96 | - 4 % | 9.43 | 1.10 | + 10 % |
| G | 10.4 % | 5.24 | 7.4 | 0.71 | - 29 % | 10.11 | 0.97 | - 3 % |
| H | 8.8 % | 4.04 | 9.5 | 1.08 | + 8 % | 8.40 | 0.96 | - 4 % |
| Erreur maximum | | | | 29 % | | | 12 % | |
| Erreur moyenne | | | | + 5.9 % | | | + 4.6 % | |

vant les préférences personnelles ou suivant la nature des problèmes à résoudre.

Il est toutefois à remarquer que le module de finesse du béton ne donne des résultats satisfaisants que s'il est compris entre 3 et 7 et s'il correspond à un béton compact, à plasticité suffisante. On perd toute précision en cherchant à évaluer séparément l'eau de gâchage afférente à chaque composante du béton.

Le calcul direct de E au contraire, basé sur le calcul par parties au moyen de coefficients déterminés expérimentalement pour chaque composante du béton, renseigne très exactement sur l'influence de chaque grosseur de grain et est applicable dans des limites beaucoup plus étendues que ne l'est le module M .

Le tableau II et la figure 2 montrent que des bétons irrégulièrement gradués peuvent posséder des qualités égales ou même légèrement supérieures à celles des bétons à granulation théorique. C'est ainsi que les bétons *B* et *H* sont équivalents au béton *A* gradué suivant $P = 10 + 90\sqrt{d : 15}$. Ceci étant on peut se demander s'il vaut la peine de chercher à réaliser une granulation suivant une loi déterminée ou s'il n'est pas suffisant de choisir un ballast à module aussi élevé que possible.

Pour qu'un béton soit de bonne qualité il faut non seulement qu'il possède un module élevé (faible quantité d'eau de gâchage), mais encore qu'il soit suffisamment plastique pour qu'il n'ait pas la tendance à se démélanger. Les particules fines doivent combler les vides entre les

grosses grains de façon à réaliser un béton à forte densité, compact. Ces conditions ne sont réalisées que si le béton contient au moins un minimum de grains très fins et de sable. D'autre part tout excès de particules fines ou de sable se traduit par une perte de résistance du béton.

Les compositions granulométriques théoriques ont le gros avantage de concilier au mieux ces diverses exigences et de permettre de réaliser sans tâtonnements un béton compact, d'une résistance voisine de celle maximum qui peut être atteinte en tenant compte du diamètre maximum des grosses grains du ballast, du dosage et de la qualité du liant, de la plasticité et de la consistance requises.

La granulation théorique servira ainsi de directive; il y aura toujours avantage à chercher à s'en rapprocher le plus possible. Si les conditions de chantier ne permettent pas de la réaliser exactement, le module M (ou le calcul de E) indiquera dans quelles limites et de quelle manière il est loisible de s'en écarter pour obtenir une granulation équivalente à celle du béton théorique. Pour garantir aux bétons une plasticité suffisante il faudra conserver les mêmes teneurs en ultrafin et en sable (sable = grains $< D : 10$) que la granulation théorique, ce qui est presque toujours possible.

Les résistances des bétons ont été reportées sur les figures 3, 4, 5 et 6 en fonction de $(\Delta : 2,35)^2 \times C/E$, de $(c : l - s)^2$, du module de finesse du béton et de celui du ballast. Les deux premiers procédés sont tout à fait généraux et permettent la prévision des résistances en fonction des coefficients de qualité du ciment ou de déterminer ceux-ci connaissant les résistances effectives d'une série de bétons.

Le ciment *A* a donné à l'essai normal une résistance à 28 jours $Rn_{28} = 411 \text{ kg/cm}^2$; son coefficient de qualité au même âge pour cubes de 20 cm de côté $K_{28} = 142 = 411 : 2,9$ (d'après la formule Feret $K' = 1320 = 411 : 0,31$).

Le ciment *B* a donné à l'essai normal à 28 jours une résistance $Rn^{28} = 515 \text{ kg/cm}^2$; son coefficient de qualité, déterminé sur cubes de 16 cm de côté, a été $K_{28} = 205 = 515 : 2,5$ (d'après la formule de Feret $K'_{28} = 2200 = 515 : 0,235$)

on en déduit :

Résistance à l'essai normal du ciment *B* = $1,26 Rn$ du ciment *A*.

Coefficient de qualité K du ciment *B* = $1,45 K$ du ciment *A*.

Coefficient de qualité K' (Feret) du ciment *B* = $1,67 K'$ du ciment *A*.

Il en résulte que la qualité réelle d'un ciment n'est pas toujours proportionnelle à la résistance à l'essai normal sur mortier 1 : 3 damé mécaniquement.

Les résistances des bétons ont été déterminées sur cubes de 20, 16 et 7 cm de côté, moules métalliques, durcissement dans l'eau à $+ 15^\circ$. Les tableaux I et II per-

mettent de se rendre compte des variations de résistance suivant les dimensions des cubes d'essai.

Conclusions : L'étude qui précède montre qu'il est possible de calculer à l'avance, à 10% près, la résistance probable d'un béton connaissant :

- le dosage et la qualité du liant utilisé,
- la nature et la granulation du ballast,
- la consistance désirée.

Cette évaluation peut se faire soit au moyen du module de finesse du béton, soit par le calcul direct de la quantité d'eau de gâchage.

La granulation théorique doit servir de directive ; il est permis de s'en écarter notamment sans inconvenient, si les conditions du chantier l'exigent, à condition de conserver le même module de finesse du béton (ou la même quantité d'eau de gâchage calculée).

La qualité des ciments actuellement sur le marché peut varier dans des limites assez étendues, le coefficient de qualité du ciment *B* étant de 45% plus élevé que celui du ciment *A*.

Les résistances obtenues sont sensiblement les mêmes que les essais se fassent sur cubes de 20, 16 ou 7 cm. de côté. En général elles sont d'autant plus grandes que les cubes sont de plus faibles dimensions.

Les essais sur lesquels est basée cette étude ont été effectués, sous notre direction, au Laboratoire d'essai des matériaux de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne, par *M. Passot*, technicien du Laboratoire, qui a fait preuve d'un savoir-faire, d'une minutie et d'une conscience auxquels nous nous plaisons à rendre hommage.

Lausanne, décembre 1930.

Concours d'idées pour l'établissement d'une plage et l'aménagement du nouveau port, à Nyon.

Les concurrents devaient chercher à créer, avec le moins de frais possible une Plage moderne, harmonisée au caractère du paysage avoisinant et devaient s'efforcer de conserver les plantations existantes et d'utiliser la déclivité des terrains pour grouper judicieusement les constructions à projeter.

Il était prévu un pavillon de contrôle à l'entrée avec les locaux suivants : caisse, location de costumes et de linges de bains, lessiverie et séchoir, une chambre de personnel et un W.-C. Toilettes, un second W.-C., accessible depuis l'extérieur, et un local pouvant servir d'infirmerie.

Sur la Plage proprement dite : un restaurant-crème avec terrasse couverte pour 80 à 100 personnes et, attenant, un local fermé par des vitrages mobiles pour 50 à 60 personnes avec Bar et comptoir desservant la Plage et le restaurant. Des W.-C. Toilettes pour dames et messieurs et les services habituels : cuisine, laverie, office, caves, frigorifiques et W.-C. Toilettes et vestiaire pour le personnel. Sous la terrasse, un grand local pour engins de sports, cabines toile, chaises, etc.

Les constructions renfermant les services du restaurant doivent être à proximité de la rive, la terrasse peut être en porte à faux sur le lac.

Des groupes de cabines simples en béton (env. 80) de 1 m sur 1,20 m et 2,20 m de haut.

Des groupes de cabines doubles (env. 30) de 2 m sur 1,20 m et 2,20 m de haut.

Des groupes de cabines toile (env. 50). Cinq à six cabines de luxe avec terrasse, louées à la saison.

W.-C. et douches à raison d'une stalle de un W.-C. et d'une douche par groupe de 20 cabines. Un W.-C. et une douche réservés aux cabines de luxe. Deux locaux de déshabillage avec 40 casiers à vêtements, fermant à clef, et une ou deux douches de plein air, ainsi que des bassins ou gondoles pour bains de pieds à proximité des cabines et fontaines.

Les concurrents devaient s'efforcer de laisser de grands espaces gazonnés et en bordure du lac une zone de sable retenue par des gradins descendant dans l'eau, partout où le lac pourrait entraîner le sable et de réserver, pour les jeux d'enfants, une partie de la plage, bien délimitée, d'une surveillance facile et située près d'un endroit où l'eau est peu profonde. Il n'était pas prévu de toboggan : par contre, la construction d'un plongeoir à plusieurs étages devait être envisagée à l'endroit le plus favorable.

La protection de la Plage contre les vagues devait être très soigneusement étudiée et réalisée par un dispositif de digue ou de brise-lames approprié. L'accès de la Plage par canot doit être possible ; à cet effet, les concurrents devaient prévoir la création d'un débarcadère abrité, séparé de la Plage et en liaison par escalier ou rampe au contrôle de l'entrée. La question du stationnement des autos n'était pas à prévoir par les concurrents. L'accès du restaurant doit pouvoir aussi se faire de l'entrée, sans passer par la Plage, cela au moyen d'escaliers, de passerelle ou de terrasse.

En ce qui concerne l'aménagement du port et l'utilisation des anciens bains, la liberté la plus complète était laissée aux concurrents, qui pouvaient faire les propositions qui leur paraissaient les plus intéressantes.

Ils avaient à prévoir la consolidation du mur de soutènement de la route cantonale, entre les bains et le Cordon, en projetant l'aménagement de garages à bateaux, par exemple. Il semble cependant que l'aménagement des anciens bains en Tea-room ou restaurant soit indiqué.

Extrait du rapport du jury.

Le jury était composé de :

MM. Otto Schmid, architecte à Veytaux ; *Adolphe Burnat*, architecte à Vevey ; *Jacques Favarger*, architecte à Lausanne ; *Louis Bonnard*, syndic à Nyon ; *Louis Tecon*, municipal à Nyon.

Il avait pris connaissance des terrains dans une séance préliminaire qui avait eu lieu le 31 juillet 1930, et avait à ce moment préparé le programme.

Le jury a constaté que tous les projets présentés sont arrivés à l'échéance, à l'adresse de la Municipalité, et a relevé l'envoi de 10 projets, qui ont été exposés dans la salle du Lancaster.

Après un examen individuel des projets exposés, le jury procède à une première élimination visant 4 projets.

Le jury, dans un deuxième tour, élimine 2 projets, puis, dans un troisième tour, 2 autres projets.

Ensuite de cet examen, il reste en présence les trois projets suivants :

Motto « Cravyl ». — L'auteur de ce projet est celui qui a respecté le mieux la topographie du terrain, auquel il a gardé son charme naturel. Il a évité l'erreur des autres projets en introduisant des tentes sur le côté ouest.

Les bâtiments d'entrée et du restaurant sont bien placés et groupés d'une manière rationnelle. Leur distribution et la circulation intérieure sont claires et bien comprises. L'idée des cabines de luxe sur la terrasse est très heureuse et leur donne de la valeur. Le jury apprécie la construction de la passerelle centrale qui utilise la jetée existante.

La silhouette des constructions, d'inspiration moderne, s'adapte parfaitement au caractère de l'endroit.

Le mouvement architectural, technique et industriel.

CONFÉDÉRATION

La construction en Suisse en 1930. L'année 1930, nous apprend l'Office fédéral de l'industrie, des arts et métiers et du travail, fut extrêmement propice à la construction, du