

Zeitschrift: Bulletin du ciment
Band: 46-47 (1978-1979)
Heft: 7

Artikel: Le facteur eau : ciment
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-145951>

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: 13.10.2024

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

BULLETIN DU CIMENT

JUILLET 1978

46e ANNÉE

NUMÉRO 7

Le facteur eau : ciment

Le facteur eau : ciment, un paramètre important de la composition du béton. Influence sur la résistance, la durabilité et le retrait du béton.

Le facteur eau : ciment* (e/c) est la valeur caractéristique la plus importante de la technologie du béton. En dépendent, la résistance et la durabilité, ainsi que les coefficients de retrait et de fluage. Il détermine la structure interne de la pâte de ciment durcie.

Le facteur eau : ciment est le rapport entre les quantités d'eau et de ciment dans le béton frais. On le calcule en divisant le poids de l'eau par celui du béton contenus dans un volume donné de béton.

$$f = \frac{e}{c}$$

f = Facteur eau : ciment

e = Poids de l'eau du béton frais

c = Poids du ciment du béton

Le facteur eau : ciment croît quand la teneur en eau augmente et il décroît quand le dosage en ciment augmente. En toutes circonstances, plus le facteur e/c est petit, plus les propriétés de la pâte de ciment durcie sont favorables.

* On l'appelle aussi « coefficient eau : ciment » ou « rapport eau : ciment ».

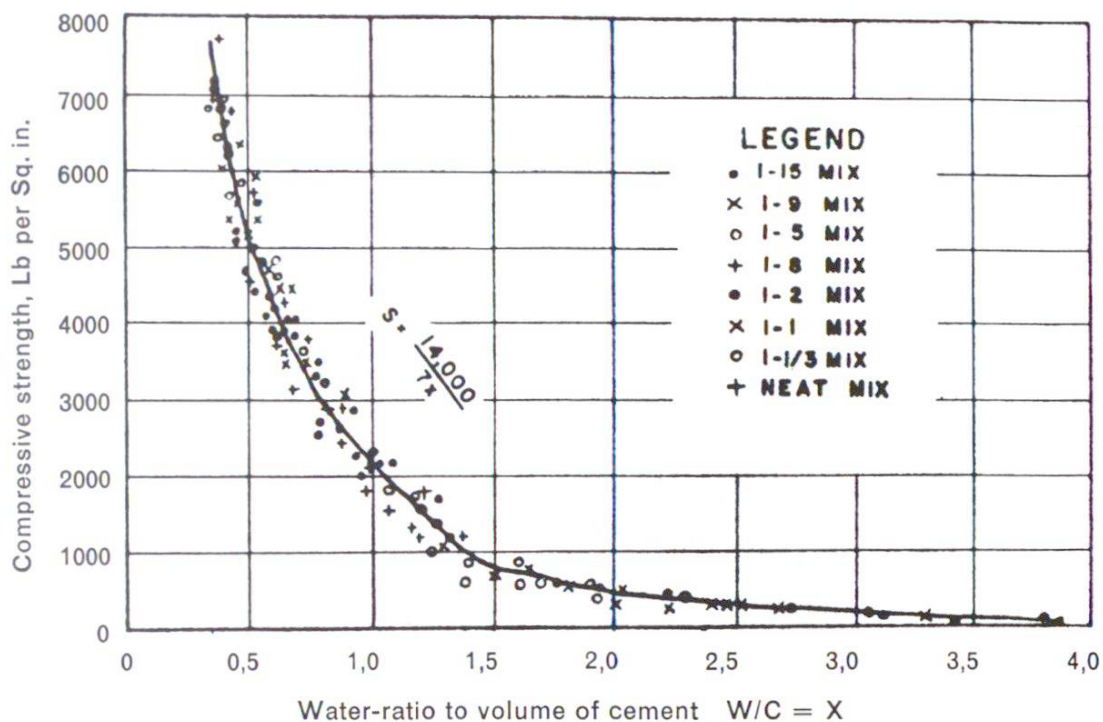


Fig. 1 Les essais de D. A. Abrams relatifs au facteur e/c. Présentation graphique des résultats dans la publication originale (voir bibliographie). La grande variété des mélanges n'a pas d'influence sur les résistances ou seulement une influence du second ordre.

C'est le spécialiste américain du béton **Duff A. Abrams** qui pour la première fois il y a 60 ans, avait attiré l'attention sur l'influence capitale du facteur e/c (voir bibliographie et fig. 1). Après avoir étudié un grand nombre de bétons de compositions différentes, il avait établi la loi d'après laquelle, avec un granulats donné, la résistance ne dépend que du facteur e/c du béton frais. Cette découverte a entraîné des développements importants, car d'autres propriétés majeures du béton dépendent aussi de ce facteur e/c.

Ce sont plus tard les travaux de **T. C. Powers** qui ont permis de comprendre les raisons de cette forte influence du facteur e/c. Ces raisons sont liées au durcissement du ciment portland dont on sait qu'il est dû à une absorption chimique de l'eau par les constituants du ciment, notamment par le $3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$ et par le $2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$. La pâte de ciment durcit alors en formant un gel de plus en plus ferme. Comme dans la plupart des transformations chimiques, les quantités des éléments participant à cette réaction sont en proportion fixe. Ainsi l'hydratation complète de 100 g de ciment portland exige env. 20 g d'eau, ce qui correspond à un facteur e/c = 0,2. Dans les interstices* minuscules du gel en for-

* Ces interstices sont désignées par «pores du gel». Leur volume est constant et représente 28%. Le diamètre de ces pores est de 2×10^{-6} mm.

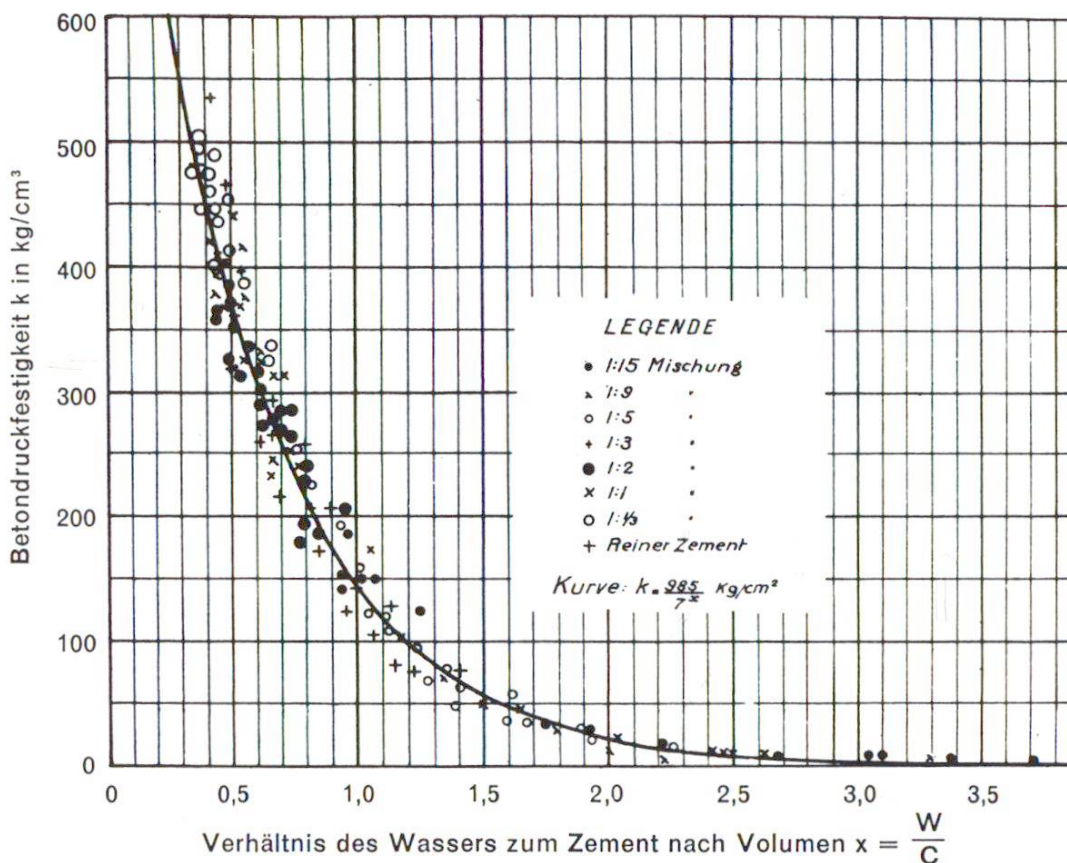


Fig. 1 Beziehung zwischen Betonfestigkeit und Wassergehalt
28 Tage Druckproben mit 15- auf 30-cm-Zylindern

Fig. 2 La courbe d'Abrams (Fig. 1) dans la traduction suisse de la publication originale (voir bibliographie).

mation, d'autres molécules d'eau sont fixées par adsorption, et ceci de nouveau à raison d'env. 20 g par 100 g de ciment à la fin du processus.

Pour durcir, le ciment portland fixe donc une quantité d'eau correspondant à un facteur $e/c = 0,4$. L'eau supplémentaire n'est pas fixée et occupe un certain volume dans la pâte de ciment durcie sous forme de pores capillaires*.

Plus il y a d'eau en excès, plus il y a de capillaires dans la pâte de ciment. Quand la quantité totale d'eau correspond à un facteur $e/c = 0,7$, les capillaires sont si nombreux qu'ils sont reliés entre eux et forment un réseau perméable. La proportion des capillaires par rapport à la matière solide atteint alors 1 : 2 (Fig. 3).

Si donc on ajoute 70 g d'eau à 100 g de ciment portland ($e/c = 0,7$)

- les premiers 20 g sont liés chimiquement
- les 20 g suivants sont liés par adsorption
- les 30 g restants sont libres dans le réseau de capillaires.

Cette représentation simple de la formation de la pâte de ciment durcie suscite les constatations suivantes:

* Les pores capillaires ont un diamètre de 10^{-3} à 10^{-5} mm.

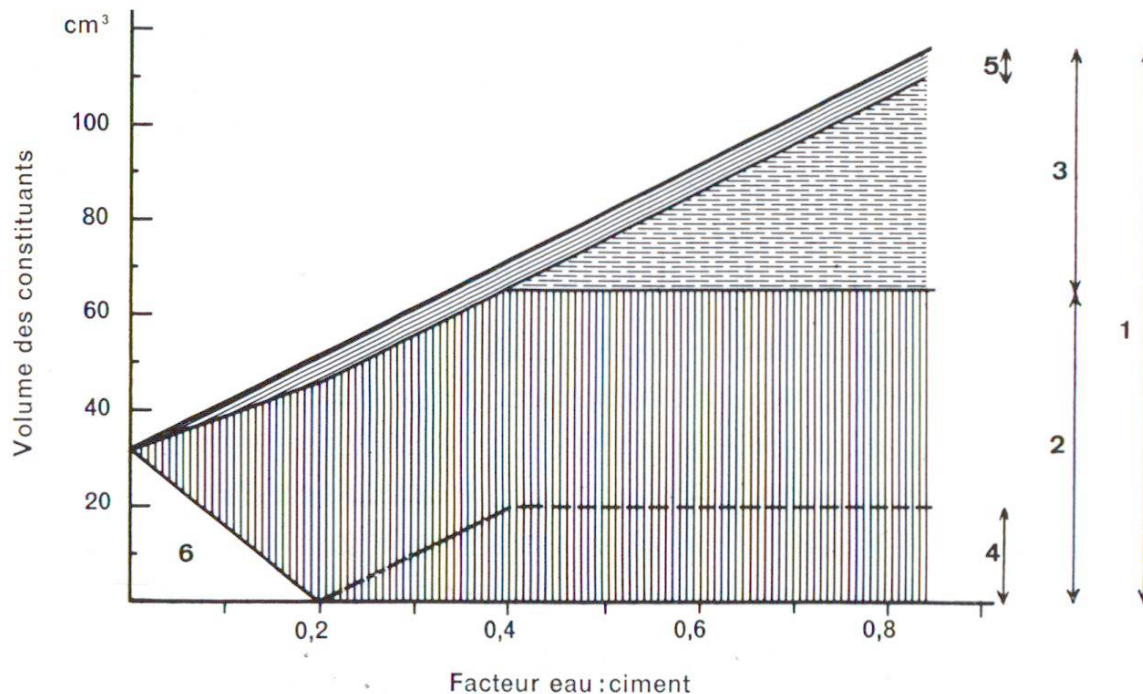


Fig. 3 La répartition des volumes des constituants de la pâte de ciment durcie, pour différents facteurs e/c.

- 1 = Volume total de la pâte de ciment durcie
- 2 = Volume du gel + pores du gel
- 3 = Volumes des pores capillaires + pores de retrait
- 4 = Volume de l'eau adsorbée dans les pores du gel
- 5 = Volume des pores de retrait (retrait chimique, $6 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$ de ciment, selon BC 16/77)
- 6 = Volume du ciment non hydraté

1. L'influence du facteur e/c ne concerne que la pâte de ciment durcie et ne dépend ni du dosage en ciment ni des propriétés des granulats du béton.
2. La diminution de la résistance du béton liée à une augmentation du facteur e/c s'explique par la diminution de la compacité de la pâte de ciment.
3. La porosité accrue due à une augmentation du facteur e/c entraîne une diminution de la compacité et par conséquent de la résistance chimique du béton.
4. La quantité supplémentaire d'eau, libre et mobile dans la pâte de ciment durcie, provoque une augmentation du coefficient de retrait du béton.

Conséquences pratiques

1. Modification du mélange

On peut modifier le facteur e/c d'un béton en agissant soit sur la teneur en eau, soit sur le dosage en ciment. Les deux manières de procéder ont le même effet sur la qualité de la pâte de

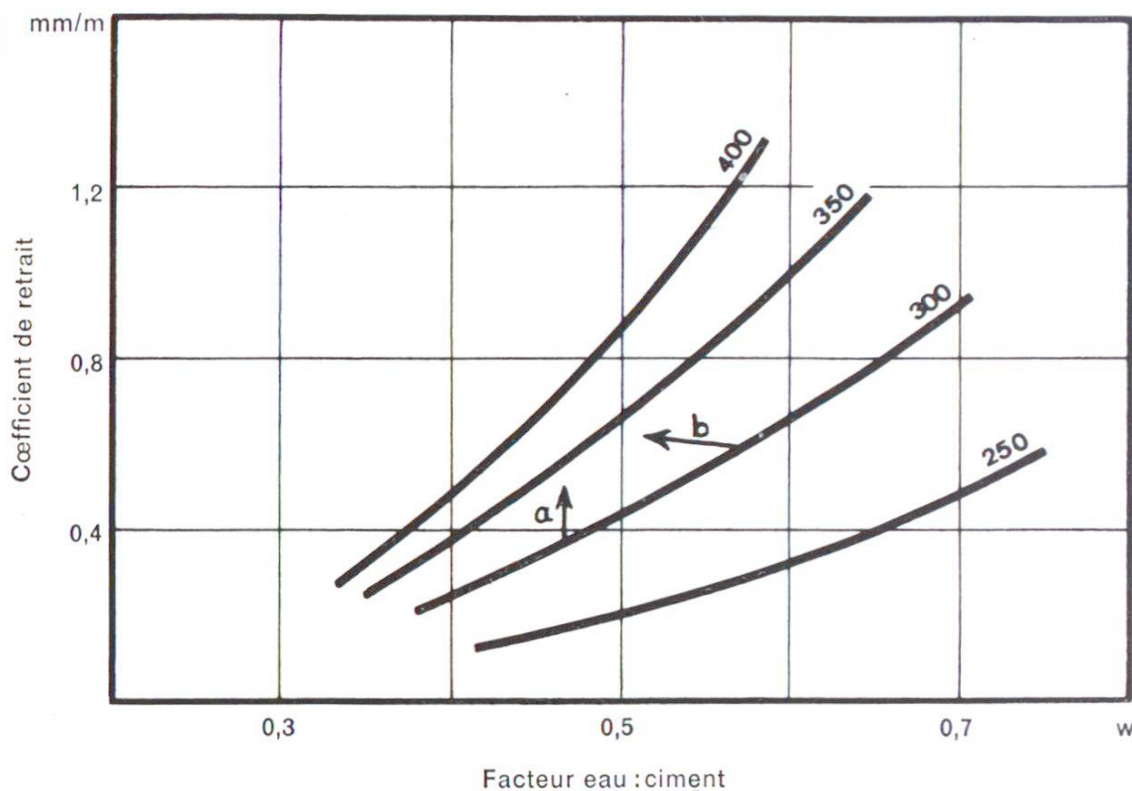


Fig. 4 Influence du facteur e/c et du dosage en ciment sur le coefficient de retrait ;selon D. F. Orchard, bibliographie). Les petites flèches indiquent les corrections effectuées dans les exemples a et b. (250 à 400 CP/m³).

ciment durcie, mais pas sur les propriétés du béton frais. Il y a donc des possibilités de modifier un mélange de béton pour l'adapter à une exigence particulière. Deux exemples :

- a) Un béton M₁ a des résistances probables satisfaisantes, mais il est trop raide, compte tenu des conditions de sa mise en œuvre.

M₁, Composition :

| | |
|-------------------|------------------------|
| Granulats* : | 1950 kg/m ³ |
| Ciment portland : | 300 kg/m ³ |
| Eau : | 120 kg/m ³ |

Propriétés :

| | |
|--|--|
| Consistance : | faiblement plastique |
| Affaissement : | 1,0 cm |
| Facteur e/c : | 0,47 à 0,48 |
| Résistance moyenne en compression à 28 jours : | 49,0 N/mm ² (490 kg/cm ²) |

Le mélange sera corrigé en augmentant à la fois le dosage en ciment et la teneur en eau, sans modifier le facteur e/c.

* Granulat 0-32 mm, humidité: 1,1 à 1,3%

Nouveau mélange M₂

Composition:

| | |
|------------------|------------------------|
| Granulats*: | 1950 kg/m ³ |
| Ciment portland: | 330 kg/m ³ |
| Eau: | 133 kg/m ³ |

Propriétés:

| | |
|---|--|
| Consistance: | plastique |
| Affaissement: | 3 à 4 cm |
| Facteur e/c: | 0,47 à 0,48 |
| Résistance moyenne en compression à 28 jours: | 48,5 N/mm ² (485 kg/cm ²) |

- b) Le béton N₁ a une consistance convenable, mais sa résistance probable n'atteint pas les 40 N/mm² prescrits.

N₁, Composition:

| | |
|------------------|------------------------|
| Granulats*: | 1950 kg/m ³ |
| Ciment portland: | 300 kg/m ³ |
| Eau: | 150 kg/m ³ |

Propriétés:

| | |
|---|--|
| Consistance: | très plastique |
| Facteur e/c: | 0,57 à 0,58 |
| Résistance moyenne en compression à 28 jours: | 36,0 N/mm ² (360 kg/cm ²) |

Le mélange sera corrigé en appliquant la règle empirique suivante:

- Une même adjonction d'eau donne à peu près la même consistance.
- Une diminution du facteur e/c de -0,1 procure une augmentation de résistance d'env. +10 N/mm².

Nouveau mélange N₂

Composition:

| | |
|------------------|------------------------|
| Granulats*: | 1950 kg/m ³ |
| Ciment portland: | 335 kg/m ³ |
| Eau: | 150 kg/m ³ |

Propriétés:

| | |
|---|----------------------|
| Consistance: | très plastique |
| Facteur e/c: | 0,51 à 0,52 |
| Résistance moyenne en compression à 28 jours: | 42 N/mm ² |

* Granulat 0-32 mm, humidité: 1,1 à 1,3 %

7 Dans les deux exemples, on a pu modifier certaines propriétés du béton en **augmentant le dosage en ciment**, sans modifier d'autres caractéristiques. (Les chiffres donnés ne sont que des exemples et il ne faut pas leur attribuer une valeur générale).

2. Amélioration de la durabilité du béton

La résistance chimique d'un béton est liée à sa porosité. Un matériau compact qui n'absorbe que peu de gaz ou de liquides agressifs doit naturellement être chimiquement plus stable. Par conséquent le facteur e/c a aussi une influence déterminante à cet égard. La résistance et la durabilité sont donc intimement liées. Une modification de l'une signifie aussi une modification de l'autre. Il faut tenir compte de cette concomitance quand on prétend, par exemple, diminuer une résistance qui paraît excessive en réduisant le dosage en ciment. Les adaptations proposées dans les deux exemples du point b peuvent être appliquées dans le même esprit à la durabilité du béton.

3. Influence sur le coefficient de retrait

L'amélioration de la résistance et de la durabilité par augmentation du dosage en ciment a en principe pour conséquence une augmentation du retrait en raison de la plus forte teneur en fines du béton. D'autre part, on peut admettre qu'une diminution du facteur e/c entraîne une réduction du coefficient de retrait. La question se pose alors de savoir si ces effets antagonistes s'annulent.

La figure 4 montre qu'il en est bien ainsi pour des bétons courants, à condition que le facteur e/c soit modifié, comme dans l'exemple b. En pareil cas, une élévation du dosage en ciment n'entraîne pas d'augmentation appréciable du coefficient de retrait. En revanche, si l'on augmente simultanément les quantités de ciment et d'eau sans modifier le facteur e/c , il faut s'attendre à un retrait plus important.

Tr.

8 Bibliographie

D. A. Abrams, Design of Concrete Mixtures, Structural Materials Research Laboratory, Chicago 1918

SIA-Fachgruppe für Beton- und Eisenbetoningenieure, Bestimmung von Betonmischungen (Übersetzung der Publikation D. A. Abrams) (1922)

T. C. Powers, Structure and Physical Properties of Hardened Portlandcement-Paste, RCA-Research Bull. No. 94 (Chicago 1958)

L. Vironnaud, Importance relative des erreurs de dosage Annales Inst. Techn. No. 147, 313 (1960)

H. J. Gilkey, Water-Cement-Ratio versus Strength, J. Am. Concr. Inst. Proc. 57, 1287 (1961)

M. Vénuat, Doit-on craindre les forts dosages en ciment? Revue Mat. Constr. No. 629, 59 (1968)

D. F. Orchard, Concrete Technology, London, 1973

TFB

Pour tous autres renseignements s'adresser au
SERVICE DE RECHERCHES ET CONSEILS TECHNIQUES
DE L'INDUSTRIE SUISSE DU CIMENT WILDEGG/SUISSE
5103 Wildegg Case postale Téléphone (064) 53 17 71