Zeitschrift: Bulletin du ciment

Herausgeber: Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)

Band: 68 (2000)

Heft: 10

Artikel: L'humidité du béton

Autor: Hermann, Kurt

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-146525

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: 02.02.2026

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

L'humidité du béton

Le béton est un matériau poreux, qui peut absorber l'eau contenue dans l'air.

La pâte de ciment durcie d'un béton se compose de ciment hydraté et non hydraté, ainsi que de pore remplis d'eau ou d'air. Selon leur type et leur grandeur, on distingue les pores suivants: pores du gel, pores capillaires, pores de compactage et pores d'air entraîné artificiellement (voir *figure 1* et *tableau 1)*.
La distribution des diamètres des pores et le volume des pores dépendent fortement de la composition du béton. La teneur en liant et en adjuvant, le rapport e/c et le degré d'hydratation a (qui est fonction de la cure et de l'âge du béton) sont des paramètres importants.

	Pores du gel	Pores capillaires	Pores d'air	
			Pores de compactage	Pores d'air entraîné artificiellement
Diamètre	10^{-9}–10^{-8} m	10^{-8}–10^{-6} m	10^{-6}–10^{-3} m	
Formation	lors de l'hydratation du ciment	lors de l'hydratation du ciment	lors de la mise en œuvre du béton	due à un adjuvant (LP)

Tab. 1 Types de pores dans la pâte de ciment durcie et leurs domaines de grandeur [1].

Pores du gel et pores capillaires

Ces pores sont également appelés pores d'hydratation, car ils se forment lors de l'hydratation du ciment.

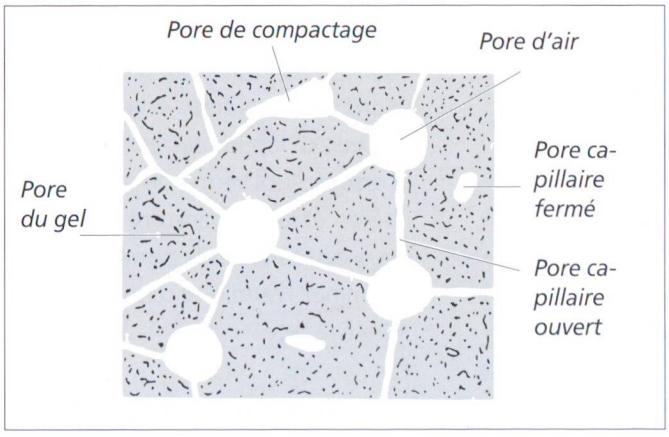


Fig. 1 Représentation schématique des types de pores dans la pâte de ciment durcie. Dessins: TFB

Pores du gel
Les produits d'hydratation du ciment forment le gel du ciment. Celui-ci peut être comparé à une éponge fine et rigide comprenant de nombreux pores de différentes grandeurs. Ces pores se forment parce que les produits d'hydratation du ciment occupent un espace plus petit que le ciment et la part d'eau fixée chimiquement dans la pâte de ciment durcie. Les pores du gel sont remplis d'eau fixée chimiquement et physiquement, laquelle ne s'évapore pas dans les conditions de dessiccation ordinaires, et ne gèle qu'à des températures entre –60 et –90 °C.
Le volume maximal des pores du gel formés lorsque l'hydratation du ciment est complète représente environ 28 % du volume du gel. Dans un béton «normal», le volume des pores du gel V_G peut être calculé selon la formule suivante:

$$V_G = 0{,}198\ \alpha\ C\ \ [l/m^3]$$

C = dosage en ciment
en kg CEM l/m³ de béton
α = degré d'hydratation du ciment;
$0 \leq \alpha \leq 1$

Pour un béton avec un dosage en ciment C de 300 kg CEM l/m³ et une hydratation complète du béton ($\alpha = 1$), le volume des pores du gel V_G est ainsi de 59 l/m³ ou 5,9 % du volume du béton.

Pores capillaires
Pour obtenir une hydratation complète du ciment, il faut que le rapport e/c soit d'environ 0,40. Les pores capillaires résultent des vides qui sont remplis par l'eau excédentaire. C'est lors du gâchage du béton que la proportion de pores capillaires est la plus grande; cette proportion diminue en même temps que l'hydratation augmente, car les masses

de gel qui se forment réduisent le volume de pores.
Les pores capillaires sont en partie isolés, et en partie reliés. Etant donné que les pores capillaires sont en moyenne 100 fois plus grands que les pores du gel, le transport d'eau et de gaz dans ces pores, lorsqu'ils sont reliés, est proportionnellement plus rapide.
Le volume des pores capillaires V_K se calcule selon la formule suivante [1]:

$$V_K = E - 0{,}386\ \alpha\ C \quad [l/m^3]$$

E = teneur en eau du béton frais en l/m^3 de béton
C = dosage en ciment en kg CEM l/m^3 de béton
α = degré d'hydratation du ciment; $0 \leq \alpha \leq 1$

Le volume de pores capillaires V_K dépend donc directement du rapport e/c. Pour un béton avec un dosage en ciment C de 300 kg/m^3, il en résulte, avec hydratation complète ($\alpha = 1$) et un rapport e/c de 0,50, un volume de pores capillaires V_K de 34 l/m^3 (3,4 % du volume du béton). Avec e/c = 0,60, V_K est de 64 l/m^3, et avec e/c = 0,70, V_K est de 94 l/m^3.

Humidité du béton

La teneur en eau d'un béton est généralement indiquée en % de la masse ou du volume:

$u_m = 100\ (m_f - m_{tr})/m_{tr}$ [% de la masse]

$u_v = u_m\ \rho_{tr}/\rho_w$ [% du volume]

m_f = masse du béton humide [kg]
m_{tr} = masse sèche du béton [kg]
ρ_{tr} = masse volumique du béton à l'état sec [kg/m^3]
ρ_w = densité de l'eau [kg/m^3]

Méthodes de mesure de l'humidité

Il n'est pas facile d'obtenir des indications fiables sur l'humidité du béton. Des méthodes entièrement ou à peu près non destructives ont été étudiées en de nombreuses variantes. Par exemple:

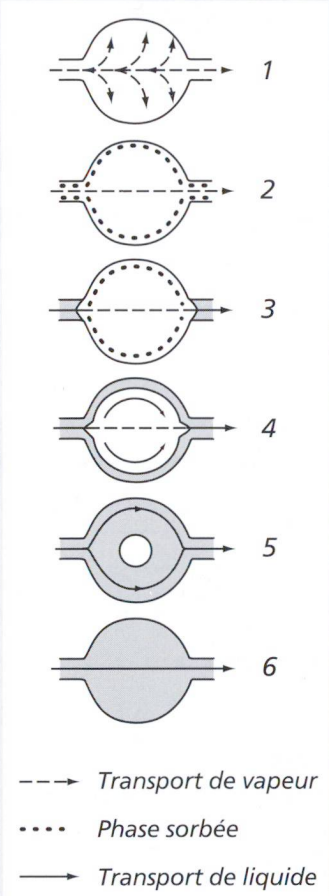
- Appareils de mesure de la résistance, avec lesquels la résistance électrique est mesurée par deux ou quatre électrodes; une basse résistance indique une teneur en humidité élevée.
- Mesures diélectriques de l'humidité, avec lesquelles on utilise la constante diélectrique statique élevée de l'eau (e = 80). Ces appareils ne conviennent que pour mesurer l'humidité à une profondeur de quelques centimètres seulement.
- Mesure de l'humidité d'équilibre dans des trous forés étanchés, au moyen d'humidimètres capacitifs. Lorsque l'isotherme de sorption du béton et la température sont connus, cette méthode permet de déterminer l'humidité d'un élément d'ouvrage.

De nombreuses autres méthodes sont résumées dans une publication parue en 1999 [3]. L'auteur conclut

Transport d'eau dans les bétons

Les modes de transport peuvent différer en fonction de l'apport d'humidité ou du taux d'humidité du béton. Ils sont classés dans la figure ci-contre selon une teneur en eau croissante.

1) Le béton sec accumule la vapeur d'eau qui pénètre par adsorption à la surface des pores.
2) Parois des pores recouvertes d'une ou de plusieurs molécules d'eau → vapeur d'eau diffusée par les pores et les capillaires.
3) Teneur en vapeur d'eau croissante → les capillaires se remplissent d'eau à l'état liquide (condensation capillaire); transport d'eau dans les pores continuant par diffusion.
4) Couche d'eau adsorbée plus épaisse → transport d'eau dans les pores, outre par diffusion de vapeur, également par diffusion de surface.
5) Pores et capillaires contiennent une quantité d'eau faisant cesser la diffusion de vapeur. Eau transportée par forces capillaires ou par gradient hydraulique.
6) Pores également entièrement remplis d'eau; eau transportée par forces capillaires ou par gradient hydraulique.



Source principale: [4]

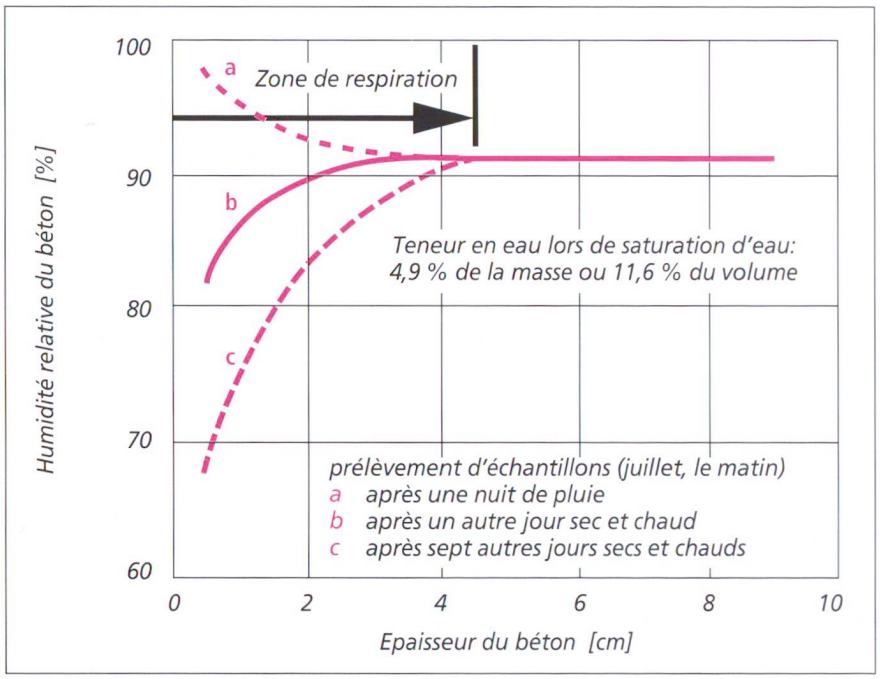


Fig. 2 Influence de l'environnement sur la teneur en eau d'un môle à Héligoland (calculée sur des carottes), selon [5].

cette vaste étude en disant: «Dans la construction, les méthodes gravimétriques classiques restent les principales méthodes de mesure de l'humidité. Les appareils de mesure courants ne sont utilisables que de façon très limitée...»

Pour les procédés gravimétriques, il s'agit de la méthode de Darr: un échantillon foré (poussière de forage ou carotte) est séché jusqu'à la masse constante, à 105 °C. A cette température, l'eau fixée chimiquement (eau d'hydratation) n'est pas libérée.

Des procédés chimiques peuvent être utilisés directement sur place. Avec la méthode à carbure de calcium (méthode CM), des échantillons de matériau fragmentés sont mis à réagir avec du carbone de calcium CaC_2 dans un autoclave:

$$CaC_2 + 2\ H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

La quantité déterminée par l'augmentation de pression due à la génération d'acétylène (C_2H_2) est une mesure pour la teneur en eau.
La méthode CM est un peu moins précise que la méthode de Darr. Elle a pour avantages la rapidité et la simplicité.

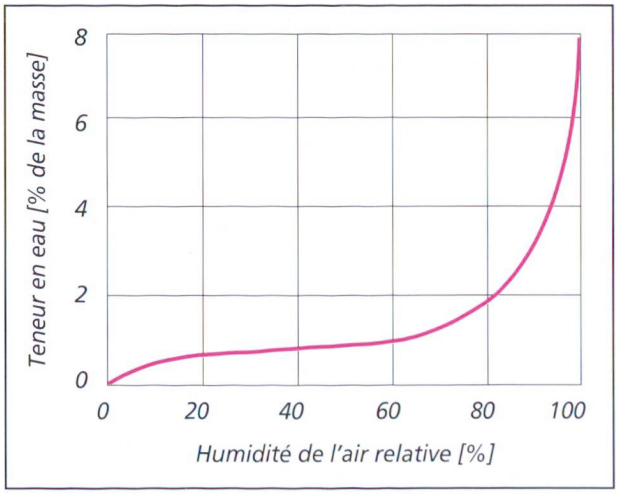


Fig. 3 Isotherme de sorption typique du béton [2].

Transport d'eau dans le béton

Dans les bétons, le mouvement de l'eau – et également d'autres liquides dont il n'est pas traité ici – est en principe influencé par les quatre paramètres suivants [4]:

- porosité (types de pores, distribution des diamètres des pores et volume de pores)
- état physique de l'eau (liquide, sous forme de vapeur)
- interactions entre la pâte de ciment durcie et l'eau
- mécanismes de transport (degré de saturation d'eau des pores, différences de pression, forces capillaires).

La teneur en eau des bétons

Selon les conditions extérieures, le béton cède ou absorbe de l'eau. Les principaux facteurs déterminant la teneur en eau d'un béton sont les suivants:

- porosité
- âge du béton (besoin d'eau interne pour l'hydratation)
- apport d'humidité de l'extérieur (humidité de l'air relative, contact direct avec de l'eau, pluie battante, etc.)

- température
- besoin d'eau interne pour l'hydratation
- carbonatation

Pour l'eau évaporable, il s'agit d'eau qui peut se déplacer dans le système poreux comme une eau «normale» ou «libre». Elle est fixée plus ou moins fortement à la surface des parois des pores de la pâte de ciment durcie par les forces capillaires ou d'adsorption [2].
L'eau d'hydratation fixée dans les produits de réaction du ciment n'est pas évaporable.

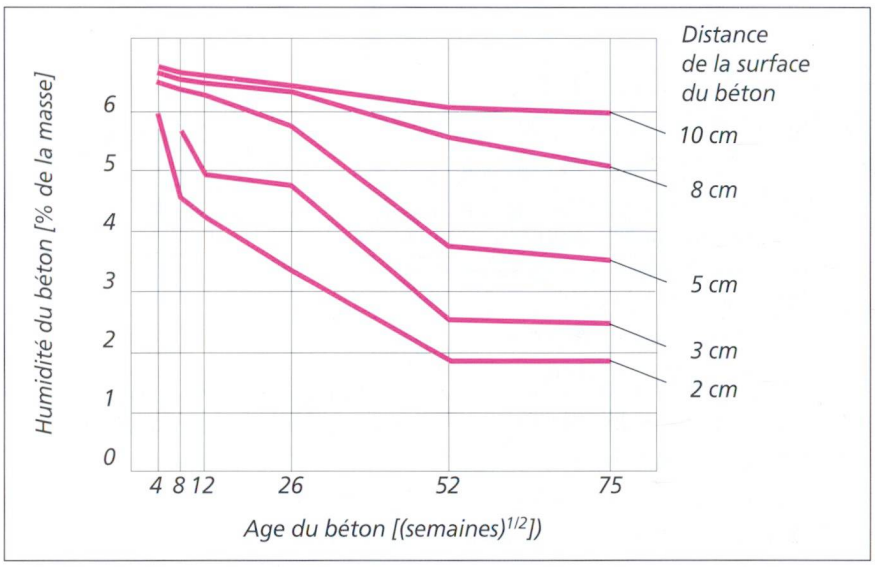


Fig. 4 Dessiccation d'une dalle de béton de 20 cm d'épaisseur, étanchée dessous et latéralement (B 25) à 50–60 % d'hum. rel. et 20 °C [7].

Il ressort de la *figure 2* que même de forts changements climatiques n'influencent la teneur en eau d'un béton que dans une zone restreinte proche de la surface.

La corrélation entre l'humidité du béton et les différents taux d'humidité de l'air relative à une température donnée est expliquée par l'isotherme de sorption (voir *figure 3)*.

Humidité d'équilibre

A l'intérieur des bétons qui ne sont pas constamment en contact avec de l'eau, une humidité d'équilibre s'établit au cours de plusieurs mois [6]. L'humidité d'équilibre dépend pour l'essentiel des conditions climatiques,

BIBLIOGRAPHIE

[1] **Badawy, M.**, et **Hermann, K.**, «Le béton étanche», Bulletin du ciment **65** [1], 3–7 (1997).

[2] **Hunkeler, F.**, «Grundlagen der Korrosion und der Potentialmessung bei Stahlbetonbauten» ASTRA/AAVED, rapport VSS no 510 (1994).

[3] **Leschnik, W.**, «Feuchtemessung an Baustoffen – Zwischen Klassik und Moderne», DGZfP-Berichtband BB 69-CD, Vortrag H2 am Feuchtetag '99, 7./8. Oktober 1999, Berlin.

[4] **Fechner, O.**, «WU-Beton im Erdreich», http://felix.bv.tu-berlin.de/forschung/fechner/wubeton/1.html

[5] **Rehm, G.**, «Chloridkorrosion von Stahl in gerissenem Beton – B: Untersuchungen an der 30 Jahre alten Westmole in Helgoland», Deutscher Ausschuss für Stahlbeton **390**, 59–88 (1988).

[6] **Linder, R.**, «Wasserundurchlässige Baukörper aus Beton», Betonkalender 1998, Teil II, Seiten 383–440.

[7] **Rheinwald, D.**, «Blasenbildung durch Feuchtigkeit (Osmose)», in **Seidler, P.** (Herausgeber), «Industrieböden '95», Technische Akademie Esslingen (1995).

[8] Norme SIA 252: «Revêtements de sols industriels sans joint et chapes adhérentes» (édition 1988).

[9] Norme SIA 253: «Revêtements de sol en linoléum, plastique, caoutchouc, liège ou textile» (édition 1988).

[10] Norme SIA 254: «Revêtements de sol en bois» (édition 1988).

[11] Recommandation SIA V 242/1: «Crépissages et travaux de plâtrerie: enduits et crépis pour l'extérieur, enduits et crépis pour l'intérieur, staffs» (édition 1994).

[12] 12] Recommandation SIA 243/1: «Isolation thermique extérieure recouverte d'un crépi» (édition 1998).

[13] **Schnell, W.**, «Zur Ermittlung von Belegreife und Ausgleichsfeuchte von mineralisch gebundenen Estrichen», Seiten 341–352 in «Handbuch für das Estrich- und Belaggewerbe: Technik», Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln (1999).

	Taux d'humidité maximal	Méthode
Revêtement de sols industriels sans joint à base de résine synthétique [8]		
sur béton sans chauffage par le sol	3,0 % de la masse mesurés à ≥ 30 mm de profondeur	Appareil CM
sur béton avec chauffage par le sol	1,5 % de la masse mesurés à ≥ 30 mm de profondeur	Appareil CM
Revêtements de sol en linoléum, plastique, caoutchouc, liège ou textile [9]		
sur chape en ciment sans chauffage par le sol	2,5 % mesurés à 3 cm de profondeur	Appareil CM
sur chape en ciment avec chauffage par le sol	1,5 % mesurés à 3 cm de profondeur	Appareil CM
Revêtements de sol en bois [10]		
sur chape en ciment sans chauffage par le sol	2,5 % mesurés à 3 cm de profondeur	Appareil CM
sur chape en ciment avec chauffage par le sol	1,5 % mesurés à 3 cm de profondeur	Appareil CM
Crépissages et travaux de plâtrerie [11]		
sur béton	3,0 % de la masse mesurés à ≥ 30 mm de profondeur	Séchage
sur pâte de ciment durcie	3,0 % de la masse mesurés à ≥ 30 mm de profondeur	Séchage
Isolation thermique extérieure recouverte d'un crépi [12]		
sur béton	3,0 % de la masse mesurés à ≥ 30 mm de profondeur	Séchage
sur pâte de ciment durcie	3,0 % de la masse mesurés à ≥ 30 mm de profondeur	Séchage

Tab. 2 Exigences relatives au taux d'humidité maximal des fonds à base de ciment lors de diverses applications.

du rapport e/c du béton (capillarité de la pâte de ciment durcie) et de l'épaisseur de l'élément d'ouvrage; elle dépend peu des saisons [6].

La dessiccation d'un béton s'effectue toutefois lentement, ce qu'illustre la *figure 4,* à laquelle est représenté le comportement à la dessiccation d'une dalle en béton de 20 cm d'épaisseur, étanchée dessous et latéralement [7].

Une règle empirique dit qu'un béton de 1 cm d'épaisseur a besoin d'environ 100 jours pour que son humidité soit en équilibre avec l'humidité ambiante (< 100 % hum. rel.). Pour un béton de 2 cm d'épaisseur, 400 jours sont déjà nécessaires.

Humidité dans les chapes et murs en béton

Sous une protection de surface, un papier peint ou un revêtement de sol, un béton trop humide peut être cause de dégâts à la construction.

C'est pourquoi, dans les normes en rapport par exemple, on trouve – au moins partiellement – des indications sur le taux d'humidité maximal des chapes ou murs à base de ciment qui servent de fond pour des revêtements, papiers peints et autres, étanches à la vapeur d'eau *(tableau 2).*

Il s'agit donc de savoir quand le béton est bon pour la pose d'un revêtement. Les résultats d'une étude faite à ce propos sur les chapes [13] figurent dans le *tableau 3.*

	Bon pour la pose d'un revêtement	
	Séchage	Appareil CM
Revêtements étanches à la vapeur	≤ 3,5 Masse-%	≤ 2,0 %
Revêtements sensibles à l'humidité	≤ 4,0 Masse-%	≤ 2,5 %
Revêtements insensibles à l'humidité	≤ 4,5 Masse-%	≤ 3,0 %

Tab. 3 Indications allemandes concernant les chapes bonnes pour la pose d'un revêtement [13].

Kurt Hermann, TFB