

Zeitschrift: Bulletin du ciment
Herausgeber: Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)
Band: 66 (1998)
Heft: 6

Artikel: Ciments Portland au calcaire CEM II/A-L
Autor: Hermann, Kurt
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-146457>

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: 05.05.2025

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



Pont sur l'Aar près d'Arch (A 5).

Photo: Ciments Vigier SA, Péry

Ciments Portland au calcaire CEM II/A-L

Pour de nombreuses utilisations, les ciments Portland au calcaire représentent une intéressante solution de remplacement.

L'utilisation de ciments Portland au calcaire (CPC) a récemment augmenté en Suisse, et cette augmentation va se poursuivre, cela aussi bien pour des raisons techniques, qu'économiques et écologiques. Quant aux aspects techniques, il en est traité en détail dans ce numéro du «Bulletin du ciment». Les sortes de CPC les plus vendues surtout sont économiques, car pour un même dosage, elles coûtent moins cher que les ciments Portland (CEM I). Le remplacement du matériau cuit – clinker – par du calcaire diminue la consommation d'énergie à la production, bien que les besoins énergétiques augmentent pour la mouture. Un CPC dans lequel on a remplacé 20 % de clinker par du calcaire permet des économies d'énergie de 15 à 17 % par rapport à un CEM I comparable [3, 5]. De plus,

les émissions de CO₂, NO_x et SO₂ diminuent également.

Normalisation

En Suisse, les ciments Portland au calcaire ne sont normalisés que depuis le 1er janvier 1994, date à laquelle la norme SIA 215.002 [6] est entrée en vigueur. Il s'agit en fait de la prénorme européenne ENV 197-1, complétée par une introduction nationale. C'est surtout à la demande de la France que les ciments Portland au calcaire ont été inclus dans les normes européennes relatives au béton. Cela n'est pas étonnant, car après le choc pétrolier de 1973, on a en France poussé la production de CPC, en remplaçant par du calcaire jusqu'à 35 % du clinker Portland consommant beaucoup d'énergie à la fabrication [7].

Selon la norme SIA 215.002, les ciments Portland au calcaire sont des ciments Portland composés (CEM II), dont la désignation dépend de la teneur en calcaire et de la classe de résistance. Les exigences auxquelles doivent satisfaire les ciments Portland au calcaire d'une teneur en calcaire entre 6 et 20 % figurent dans le *tableau 1*. Tous les CPC produits en Suisse sont de ces sortes; les ciments de désignation CEM II/B-L, dont la teneur en calcaire est de 21 à 35 %, n'y sont pas fabriqués.

Le calcaire utilisé dans CEM II/A-L doit se composer d'au moins 75 % en masse de CaCO₃, et doit contenir au maximum 1,20 % en masse d'argile. La limite supérieure pour la teneur en matières organiques (TOC) est de 0,20 % en masse. Des calcaires avec TOC entre 0,20 et 0,50 % en masse



Utilisation de CEM II/A-L 32,5 R en grande quantité: nouveau bâtiment du laboratoire de l'EPF Hönggerberg, Zurich.

Photo: "HCB Cementverkauf AG



Tunnel à ciel ouvert de Lüsslingen (A 5): utilisation de CEM II/A-L 32,5 R.

Photo: Ciments Vigier SA, Péry

sont toutefois «également utilisables pour produire un ciment donnant satisfaction, avec des performances acceptables» [6].

Propriétés du CEM II/A-L

Les ciments Portland au calcaire produits en Suisse appartiennent généralement à la sorte CEM II/A-L 32,5 R. Cela en raison de l'expérience faite que, par de nombreuses propriétés,

cette sorte de ciment permet la fabrication de bétons dont, avec le même dosage en ciment, les propriétés sont pareilles et même parfois meilleures que celles des bétons fabriqués avec CEM I 42,5. La suite de cet article sera principalement consacrée à la comparaison de ces deux sortes de ciments.

En moulant ensemble du calcaire et du clinker Portland, on obtient un ci-

ment dont le spectre granulométrique est plus large que celui d'un CEM I (ciment Portland): difficile à moudre, le clinker présente une répartition granulométrique restreinte, alors que celle du tendre calcaire est large [8, 9]. Etant donné que la perte de résistance due à la plus faible teneur en clinker doit être compensée par une mouture plus fine, tous les ciments CEM II/A-L sont plus fins que les ciments CEM I de la même classe de résistance [10].

Propriétés du béton frais

Les bétons avec CEM II/A-L 32,5 R de même rapport e/c ont presque toujours une consistance un peu plus plastique que les bétons analogues avec CEM I 42,5. Selon un modèle simplifié [9], cela est dû à ce que dans le béton frais, les fines particules de calcaire chassent entre les plus gros grains de ciment une partie de l'eau se trouvant dans les vides. Cette eau agit comme un «lubrifiant» supplémentaire. Simultanément, grâce au bon pouvoir de rétention d'eau du CPC, l'ouvrabilité s'en trouve en général améliorée [1–4]. Les bétons avec CEM II/A-L ont moins tendance au ressuage, ce qui permet la réalisation de surfaces en béton apparent parfaites.

Une autre des propriétés remarquables des bétons avec CEM II/A-L

concerne la chaleur d'hydratation, laquelle est plus basse que pour des bétons avec CEM I comparables, et se développe également plus lentement [1–4]. Ce sont des avantages qui ont des conséquences positives, principalement pour les bétons de masse. Dans les bétons avec CEM II/A-L, les adjuvants peuvent être utilisés comme dans les bétons avec des ciments Portland ordinaires, le plus souvent avec des effets comparables. L'effet des plastifiants (BV) et des superfluidifiants (HBV) tend à être plus prononcé que dans les bétons avec CEM I; pour obtenir un effet pareil, il suffit souvent de réduire le dosage [11].

Propriétés du béton durci

Résistance à la compression

Dans leur développement de la résistance à la compression, les bétons



Ensemble résidentiel à Baar (CEM II/A-L 32,5 R).

Photo: *HCB Cementverkauf AG, Zürich

avec CEM II/A-L 32,5 R ne diffèrent que peu des bétons analogues avec CEM I 42,5 de même ouvrabilité. Avec B 35/25 par exemple, on a constaté des résistances initiales de quelque 5 à 10 % plus basses, ainsi que des résistances finales à peu près pareilles. Pour des bétons spéciaux, on a même atteint avec un ciment CEM II/A-L 32,5 R des résistances à la compression à 28 jours de 60 N/mm² [1].

Résistance au gel

et aux sels de déverglaçage

La résistance au gel et aux sels de déverglaçage des bétons avec CEM II/A-L est comparable à celle des bétons

avec CEM I analogues. Ce ne sont pas les sortes de ciments qui sont déterminantes, mais les formules, la mise en œuvre et le traitement de cure. La présence d'air entraîné artificiellement est en outre une condition pour une bonne résistance au gel et aux sels de déverglaçage [8].

Étanchéité à l'eau

Lors de l'essai d'étanchéité à l'eau selon DIN 1048, on a mesuré des profondeurs de pénétration de l'eau semblables dans les bétons avec ciment Portland et les bétons avec ciment Portland au calcaire [11]. Pour les mesures de perméabilité, les bé-

		CEM II/A-L 32,5	CEM II/A-L 32,5 R	CEM II/A-L 42,5	CEM II A-L 42,5 R
Clinker Portland	%	80–94	80–94	80–94	80–94
Calcaire	%	6–20	6–20	6–20	6–20
Résistance à la compression					
à 2 jours	N/mm ²	–	≥ 10	≥ 10	≥ 20
à 7 jours	N/mm ²	≥ 16	–	–	–
à 28 jours	N/mm ²	≥ 32,5 / ≤ 52,5	≥ 32,5 / ≤ 52,5	≥ 42,5 / ≤ 62,5	≥ 42,5 / ≤ 62,5
Début de prise	min	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60
Dilatation	mm	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Teneur en sulfates (en tant que SO ₃)	%	≤ 3,5	≤ 3,5	≤ 3,5	≤ 4,0
Teneur en chlorures	%	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10

Tab. 1 Exigences mécaniques, physiques et chimiques relatives aux ciments CEM II/A-L selon norme SIA 215.002 [6].

tons avec CEM II/A-L présentait de légers avantages, mais le facteur déterminant était le traitement de cure, et non la sorte de ciment [12].

Carbonatation

Différents examens ont démontré qu'avec une résistance à la compression identique, la résistance à la carbonatation est pareille pour les bétons avec CEM II/A-L et les bétons avec CEM I analogues [8, 11, 13].

Résistance aux chlorures et aux sulfates

Selon des analyses faites en laboratoire, il semble que le comportement des bétons avec CEM II/A-L face à la pénétration de ions de chlorures ou de sulfates soit pareil à celui des bétons avec CEM I de composition analogue [12, 14].

Utilisation de CEM II/A-L en pratique

CEM II/A-L 32,5 R remplace maintenant déjà le «ciment Portland standard» CEM I 42,5 dans de nombreuses utilisations. Il présente des avantages surtout lors de la fabrication de bétons à faible résistance à la compression. Avec des granulats pauvres en sable fin, on obtient avec CEM II/A-L 32,5 ou CEM II/A-L 32,5 R des propriétés du béton frais et du béton durci plutôt meilleures

		CEM II/ A-L 32,5 R	CEM I 42,5 + Cendres volantes
Dosage en ciment c	kg/m ³	330	280
Dosage en cendres volantes f	kg/m ³	–	50
Granulométrie et formule		identique	
Adjuvant: HBV (par rapport à la quantité de liant)	%	1,2	1,2
Propriétés du béton frais			
Température du béton	°C	12	11
Température ambiante	°C	6	3
Consistance (mesure d'affaissement)	mm	40	45
Masse volumique apparente	kg/m ³	2483	2462
Teneur en air	%	1,4	1,3
Teneur en eau	kg/m ³	134,9	145
Rendement	kg/m ³	326,4	295,3
Rapport e/c		0,41	0,49
Rapport e/(c + k x f) lorsque k = 1,0		0,41	0,42
k = 0,4		0,41	0,46
Profil des températures avec sonde dans le béton			
Température initiale			
à l'intérieur	°C	10,7	10,0
à l'extérieur	°C	11,2	11,3
Température maximale			
à l'intérieur	°C	23,9	30,3
à l'extérieur	°C	15,7	18,1
Nombre d'heures pour atteindre le maximum			
à l'intérieur	h	24,8	23,0
à l'extérieur	h	33,3	31,8
Différence entre températures initiale et maximale			
à l'intérieur	°C	13,2	20,3
à l'extérieur	°C	4,5	6,8
Essais sur le béton durci			
Résistance à la compression			
à 7 jours	N/mm ²	54,1	55,5
à 28 jours	N/mm ²	63,9	59,2
Profondeur de pénétration de l'eau selon DIN 1048	mm	18	23
Module d'élasticité selon norme SIA 162/1, essai no 3	N/mm ²	40 185	36 797
Retrait selon norme SIA 162/1, essai no 4	‰	–0,174	–0,198
Porosité selon norme SIA 162/1, essai no 7 (FS ≥ 1,5 → résistance au gel élevée)	FS	1,64	1,52
Essai de résistance GDS selon méthode TFB		bonne	bonne

Tab. 2 Comparaison entre bétons avec CEM II/A-L 32,5 R et avec CEM I 42,5 et adjonction de cendres volantes (essai sur chantier, source: [1]).

qu'avec CEM I 42,5 et un produit de remplacement des fines tel que par exemple farine de calcaire.

Les praticiens apprécient en particulier la bonne ouvrabilité des bétons avec CEM II/A-L. Ces bétons conviennent particulièrement pour des éléments dont la fabrication exige des coffrages lisses.

Dans CEM II/A-L, la farine de calcaire exerce également une influence positive sur la nature et l'aspect des surfaces de béton: celles-ci sont plus régulières, plus fermées et un peu plus claires que lors de l'utilisation de CEM I.

Avec CEM II/A-L 32,5, il faut tenir compte du fait que le béton frais de-

vient glutineux lorsque les granulats contiennent un trop fort pourcentage de fines [2]. A de basses températures, le développement de la résistance est plus lent, comme d'ailleurs avec les autres ciments. Le traitement de cure, un élément de la mise en œuvre du béton toujours important, revêt alors une importance particulière.

Les domaines dans lesquels l'utilisation de CEM II/A-L 32,5 et surtout de CEM II/A-L 32,5 R est avantageuse sont entre autres les suivants [1-4]:

- bétons dans le bâtiment et le génie civil en général, lorsqu'il n'est pas exigé des résistances élevées
- bétons de masse ou bétons devant témoigner de basses températures de durcissement

- bétons maigres et bétons de remplissage
- bétons de gainage
- bétons pompés
- bétons apparents
- bétons étanches
- bétons résistant au gel et aux sels de déverglaçage
- produits en béton
- chapes
- mortiers d'enduit et mortiers à maçonner
- stabilisations au ciment
- injections de remplissage dans les travaux de terrassement

Exemples d'utilisation actuels

Des exemples d'utilisation de CEM II/A-L 32,5 R se trouvent dans les photos accompagnant cet article. Le *tableau 2* met en regard les propriétés de deux bétons qui diffèrent par le genre de liant: un des bétons contient 330 kg de CEM II/A-L 32,5 R/m³, et l'autre 280 kg de CEM I 42,5/m³ et 50 kg/m³ de cendres volantes [1]. Les résultats de ces essais en pratique confirment qu'en prenant les mesures appropriées (bonne ouvrabilité, bas rapport e/c), il est possible de fabriquer aussi avec CEM II/A-L 32,5 R des bétons témoignant d'une haute résistance à la compression ainsi que d'autres bonnes propriétés du béton durci. Dans le béton avec ciment Portland au calcaire, le faible développement de chaleur est un paramètre sans nul doute intéressant. CEM II/A-L 32,5 R est utilisé pour une grande partie des ouvrages d'art en

rapport avec la construction du tronçon Zuchwil-Bienne de l'autoroute A 5. Les tunnels à ciel ouvert de Spitalhof Soleure, Lüsslingen et Pieterlen, le tunnel de Birchi, ainsi que le pont sur l'Aar près d'Arch, pour lesquels il était initialement prévu d'utiliser du ciment blanc, sont des ouvrages à relever [4]. Les

ouvrages d'art de la A 5 en Suisse romande (exemple: galerie de Treytel), ainsi que le nouveau grand bâtiment du laboratoire de l'EPF Hönggerberg, Zurich, actuellement en cours de construction, valent également la peine d'être mentionnés [2].

Kurt Hermann, TFB

Bibliographie

Une grande partie des résultats pratiques mentionnés dans cet article ont été présentés à Brunnen, à l'occasion du colloque de janvier 1998 de Cemsuisse, l'Association de l'industrie suisse du ciment. Pour l'aide apportée dans la rédaction du présent article, je remercie en particulier:

- [1] René Bolliger, Jura-Cement-Fabriken, Wildeggen, et Martin Knecht, Juracime SA, Cornaux.
- [2] Erich Ritschard et Felix Worni, "HCB Cementverkauf AG, Zürich.
- [3] Benedikt Schneider, Bündner Cement Untervaz, Untervaz.
- [4] Kurt Strahm, Vigier Cement AG, Péry.

Citations:

- [5] Baron, J., et Douvre, C., «Technical and economical aspects of the use of limestone filler additions in cement», *World Cement* **1987** [4], 100–104.
- [6] Norme SIA 215.002 (correspond à ENV 197-1): Ciment – composition, spécifications et critères de conformité – Partie 1: Ciments courants (édition 1993).
- [7] Livesey, P., «Strength characteristics of Portland-limestone cements», *Construction & Building Materials* **5** [3], 147–150 (1991).
- [8] Siebel, E., et Sprung, S., «Einfluss des Kalksteins im Portlandkalksteinzement auf die Dauerhaftigkeit von Beton», *Beton* **41** [4], 185–188 (1991).
- [9] Schmidt, M., «Zement mit Zumahlstoffen – Leistungsfähigkeit und Umweltentlastung, Teil 1», *Zement-Kalk-Gips* **45** [2], 64–69 (1992).
- [10] Schiller, B., et Ellerbrock, H.-G., «Mahlung und Eigenschaften von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen», *Zement-Kalk-Gips* **45** [7], 325–334 (1992).
- [11] Albeck, J., et Sutej, B., «Eigenschaften von Betonen aus Portlandkalksteinzement», *Beton* **41** [6], 288–291 (1991).
- [12] Schmidt, M., «Zement mit Zumahlstoffen – Leistungsfähigkeit und Umweltentlastung, Teil 2», *Zement-Kalk-Gips* **45** [2], 64–69 (1992).
- [13] Schmidt, M., Harr, K., et Boeing, R., «Blended cement according to ENV 197 and experiences in Germany», *Cement, Concrete, and Aggregates* **15** [2], 156–164 (1993).
- [14] Cochet, G., e Jésus, B., «Diffusion of chloride ions in Portland cement-filler mortars», in Swamy, R.N. (Ed.), «Blended cements in construction», Elsevier, New York (1991), pages 365–376.