

Le béton selon la norme SN EN 206: 2013 + A1: 2016

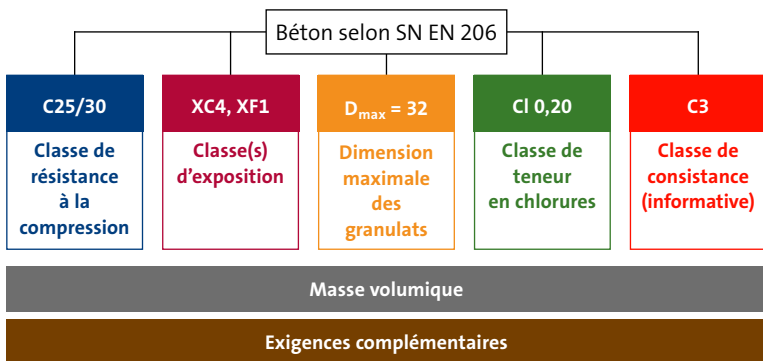
Édition mai 2020

Holcim (Suisse) SA

Préambule

Cette brochure comporte les principales informations et révisions relatives à la norme SN EN 206: 2013 + A1: 2016, valable à partir du 1.1.2018. Elle se réfère exclusivement aux bétons à propriétés spécifiées. Les propriétés de base, mentionnées en début de brochure, sont mises en évidence par un code de couleurs et analysées en détails. Les dernières pages donnent les indications relatives à l'emploi d'adjuvants ou d'additions et résument les sortes de béton usuelles.

Spécification du béton selon ses propriétés



Conformité

Les producteurs de béton qui ne sont pas certifiés, n'ont pas le droit de commercialiser du béton selon la norme SN EN 206. La certification doit se faire selon les indications de l'annexe C de la dite norme.

Découvrez des outils pratiques, des informations techniques, des avis d'experts et bien plus encore sur notre plate-forme.

→ www.holcimpartner.ch

Classe de résistance à la compression

Béton

Classe de résistance à la compression	Résistance caractéristique ^{a)} sur cylindres ^{b) c)} $f_{ck, cyl}$ [N/mm ²]	Résistance caractéristique ^{a)} sur cubes ^{b) d)} $f_{ck, cube}$ [N/mm ²]
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

- a) Compte tenu d'un fractile de 5%.
b) Stockage immergé dans l'eau, essai à 28 jours.
c) Cylindres: Ø 150 mm, h = 300 mm.
d) Cubes: arêtes de 150 mm.

Béton léger

Classe de résistance à la compression	Résistance caractéristique ^{a)} sur cylindres ^{b) c)} $f_{ck, cyl}$ [N/mm ²]	Résistance caractéristique ^{a)} sur cubes ^{b) d)} $f_{ck, cube}$ [N/mm ²]
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88

Les classes de résistance usuelles sont indiquées en gras.

Classe d'exposition

Action sur			
	Classe	Environnement	Exemples
l'armature	Aucune dégradation		
	X0		béton non armé, sans incorporation métallique, situé dans un environnement non agressif, fondation non armée à l'abri du gel, élément intérieur non armé
	Corrosion de l'armature dans le béton carbonaté		
	XC1	sec ou humide en permanence	béton armé à l'intérieur d'un bâtiment, élément immergé en permanence dans l'eau
	XC2	humide, rarement sec	fondation
	XC3	humidité modérée	béton extérieur abrité de la pluie, halle ouverte, local humide
	XC4	alternativement sec et humide	béton extérieur exposé aux intempéries; pylône, balcon, élément de façade, parement
	Corrosion de l'armature induite par les chlorures		
	XD1	humidité modérée	surface exposée au brouillard salin (chlorures transportés par voie aérienne) au voisinage d'une chaussée
	XD2a	mouillé, rarement sec, teneur en chlorures ≤ 0.5 g/l («eau douce»)	piscine d'eau douce
	XD2b	mouillé, rarement sec, teneur en chlorures > 0.5 g/l («eau salée»)	piscine d'eau salée, élément au contact d'eaux industrielles
	XD3	alternativement sec et humide	élément de pont, dalle de parking, dalle de roulement ou mur de soutènement exposé à des projections d'eau chargée de chlorures
le béton	Dégradations dues au gel avec ou sans sel de déverglaçage		
	XF1	saturation modérée en eau sans sel de déverglaçage	surface verticale exposée à la pluie et au gel
	XF2	saturation modérée en eau avec sel de déverglaçage	surface vertiale exposée au gel et au brouillard salin
	XF3	forte saturation en eau sans sel de déverglaçage	surface horizontale exposée à la pluie et au gel (sans sel de déverglaçage)
	XF4	forte saturation en eau avec sel de déverglaçage	surface exposée aux projections d'eau saline, dalle de roulement, arrêt de bus, bordure de pont
	Dégradations dues à l'agressivité chimique de l'environnement		
	Attaque par les sulfates (s) issus des nappes phréatiques et des sols ainsi que autres agressions chimiques ...		
	XA1s	faible agressivité	élément en contact avec le terrain, fondation, tunnel, pieux
	XA2s	agressivité modérée	
	XA3s	forte agressivité	
	Attaque par des éléments chimiques dissolvants (c) issus des nappes phréatiques et des sols ainsi que autres ...		
	XA1c	faible agressivité	fosse à lisier, bassin de décantation de STEP
XA2c	agressivité modérée	bassin biologique (nitrification/dénitrification) de STEP, réservoir contenant de l'eau potable de faible dureté, piscine (traitement chimique)	
XA3c	forte agressivité	tour de refroidissement, centrale à biogaz (méthanisation), silo à fourrage, canalisation d'eaux usées (sulfureuses)	

a) Dosage minimal en ciment valable pour D_{max} = 32 mm et sans prise en compte des additions.
 Pour d'autres D_{max}, le dosage minimal en ciment doit être corrigé selon le tableau
 «Dosage minimal en ciment» (page 8).

Types de ciments admis (+) ou non admis (-)										
Rapport E/C max. resp. rapport E/C _{eq} max. [-]	Dosage min. en ciment ⁽¹⁾ C _{min} [kg/m ³]	Normo, Protego, Superblanc (CEM I)	Fluvia, Superblanc (CEM II/A-LI)	Fortico (CEM II/A-D)	Modero 3B (CEM II/B)	Optimo (CEM II/B-M (T-LI))	Robusto (CEM II/B-M (S-TI))	Provato (CEM II/A-S)	Batimo (CEM II/B-LI)	
		+	+	+	+	+	+	+	+	
0.65	280	+	+	+	+	+	+	+	+	
0.65	280	+	+	+	+	+	+	+	+	
0.60	280	+	+	+	+	+	+	+	+	
0.50	300	+	+	+	+	+	+	+	+	
0.50	300	+	+	+	+	+	+	+	-	
0.50	300	+	+	+	+	+	+	+	-	
0.45	320	+	+	+	+	+	+	+	-	
0.45	320	+	+	+	+	+	+	+	-	
0.50	300	+	+	+	+	+	+	+	+	
0.50	300	+	+	+	+	+	+	+	-	
0.50	300	+	+	+	+	+	+	+	-	
0.45	320	+	+	+	+	+	+	+	-	
... (si définies par des exigences supplémentaires)										
0.50	300 ^{b)}	+	-	+	+	-	+	-	-	
0.50	300 ^{b)}	+	-	+	+	-	+	-	-	
0.45 ^{b)}	320 ^{b)}	+	-	+	+	-	+	-	-	
... agressions chimiques (si définies par des exigences supplémentaires)										
0.50	300	Dans le cas d'agressions chimiques dissolvantes, la norme propose uniquement des sortes de bétons. Elle ne prescrit ni le type de ciment admis ni les essais à effectuer. Ces choix sont du ressort de spécialistes.								
0.45	320									
0.45	320									

- b) Dans le cas de pieux, on se référera aux exigences de composition des pieux des sortes P1 et P2 et on consultera des spécialistes.
- c) Uniquement les ciments CEM I-SR0, c'est-à-dire ceux qui présentent une teneur en aluminat tricalcique (C₃A) du clinker ≈ 0%.

Valeurs limites pour la classe d exposition XA pour les sols et eaux souterraines naturels

Les classes d'exposition XA se réfèrent uniquement aux attaques chimiques se produisant dans les sols naturels et les eaux souterraines (non circulantes). Tous les autres types d'attaques chimiques doivent faire l'objet d'une étude spécifique.

Caractéristique chimique	Classe d'exposition (CH)		
	XA1	XA2	XA3
Eaux de surface et souterraines			
SO ₄ ²⁻ [mg/l]	≥ 200 et ≤ 600	> 600 et ≤ 3000	> 3000 et ≤ 6000
pH	≤ 6,5 et ≥ 5,5	< 5,5 et ≥ 4,5	< 4,5 et ≥ 4,0
CO ₂ agressif [mg/l]	≥ 15 et ≤ 40	> 40 et ≤ 100	> 100 jusqu'à saturation
NH ₄ ⁺ [mg/l]	≥ 15 et ≤ 30	> 30 et ≤ 60	> 60 et ≤ 100
Mg ²⁺ [mg/l]	≥ 300 et ≤ 1000	> 1000 et ≤ 3000	> 3000 jusqu'à saturation
Sol			
SO ₄ ²⁻ total* [mg/kg]	≥ 2000 et ≤ 3000*	> 3000* et ≤ 12 000	> 12 000 et ≤ 24 000
Acidité [ml/kg]	> 200 Baumann-Gully	Ne se rencontre pas dans la pratique	

* Voir SN EN 206, tableau 2.

Ciments admis en Suisse en cas d'attaque sulfates^{a)}

Type de ciment	Désignation	Référence normative	Ciment Holcim
Ciment Portland	CEM I-SR0	Norme SN EN 197-1	Protego 4R
Ciment de haut-fourneau	CEM III/B-SR		Modero 3B
Ciment Portland composé	CEM II/B-M (S-T) HS-CH ^{b)}	Annexe nationale NB à la SN EN 197-1	Robusto 4R-S
Ciment Portland à la fumée de silice	CEM II/A-D HS-CH ^{b)}	Annexe nationale NB à la SN EN 197-1	Fortico 5R
Ciment Pouzzolane	CEM IV/A-SR	Norme SN EN 197-1	Pozzolanico

a) Les bétons confectionnés avec des ciments à haute résistance aux sulfates sont considérés comme résistants aux sulfates sans devoir effectuer des essais.

b) Fournisseur Holcim (Suisse) SA.

Les exigences relatives à la résistance aux sulfates du béton sont remplies avec les types de béton résistant aux attaques chimiques autorisés (page 16). Aucun contrôle de la résistance aux sulfates, conformément à la norme SIA 262/1, annexe D, de ces types de béton n'est nécessaire pour le contrôle de production interne si un ciment à haute résistance aux sulfates autorisé en Suisse est utilisé.

Le contrôle de production selon la norme SN EN 206 couvre uniquement le mélange de base du béton projeté. Des réglementations différentes et/ou supplémentaires sont nécessaires pour le béton projeté mis en place.

Dimension maximale des granulats

La dimension nominale maximale des granulats (D_{max}) doit être choisie en fonction de l'enrobage et de l'espacement des barres d'armature ainsi que de la géométrie des éléments à bétonner. D_{max} correspond à la plus petite valeur admissible (D_{lower}) et à la plus grande valeur (D_{upper}) admissible de D pour la fraction de granulation de roche la plus grossière dans le béton, sauf indications contraire.

Remarque: La granulation la plus grossière dans le béton ne peut être modifiée que si le maître de l'ouvrage et/ou l'auteur du projet ai/ont approuvé la modification.

Dosage minimal en ciment

Le dosage minimal en ciment donné dans le tableau «Classes d'exposition» n'est valable que pour une dimension maximale des granulats $D_{max} = 32\text{ mm}$. En cas de dimension maximale des granulats différente, il faut corriger le dosage minimal en ciment selon le tableau ci-dessous.

	Dimension maximale des granulats [mm]					
	8	16	22,5	32	45	63
Correction du dosage minimal en ciment	+15 %	+10 %	+5 %	0	-5 %	-10 %

Teneur en farines

Il faut veiller à ce que la teneur en farines (ciment, additions et fraction granulaire $\leq 0,125\text{ mm}$) soit suffisante. Le tableau ci-dessous donne à ce sujet des valeurs indicatives en fonction de la dimension maximale des granulats.

	Dimension maximale des granulats [mm]					
	8	16	22,5	32	45	63
Teneur en farines recommandée [kg/m³]	450	400	375	350	325	300

Classe de teneur en chlorures

Utilisation du béton	Classe de chlorures	Teneur maximale en chlorures rapportée à la masse de ciment
Béton non armé	Cl 1,0	1,0 %
Béton armé	Cl 0,20	0,20 %
Béton précontraint	Cl 0,10	0,10 %

Classe de consistance

La classe de consistance indiquée est informative. Elle doit être vérifiée par l'utilisateur du béton en vue des conditions spécifiques à l'objet et à ses besoins (p. ex. procédure de bétonnage) au cours de la phase d'offre et adaptée si nécessaire.

Béton vibré

Etalement		Indice de serrage (Walz)		Affaissement	
Classe	Valeur [mm]	Classe	Valeur [-]	Classe	Valeur [mm]
		C0*	≥ 1,46		
F1*	≤ 340	C1	1,45 à 1,26	S1	10 à 40
F2	350 à 410	C2	1,25 à 1,11	S2	50 à 90
F3	420 à 480	C3	1,10 à 1,04	S3	100 à 150
F4	490 à 550			S4	160 à 210
F5	560 à 620			S5*	≥ 220
F6*	≥ 630				

* Classes non recommandées pour ces méthodes d'essai par manque de sensibilité de la mesure.

Béton autocompactant (SCC)

Classe	Etalement au cône d'Abrams (Slump Flow) [mm]
SF1	550 à 650
SF2	660 à 750
SF3	760 à 850

Pour la plupart des applications pratiques (radiers, dalles, murs, colonnes), il est conseillé de spécifier une classe SF2 ou une valeur cible comprise entre 650 et 700 mm. La tolérance applicable aux résultats d'essais individuels, relativement à la valeur cible est de ±50 mm. La consistance ne doit être indiquée par une valeur cible que dans des cas particuliers.

Masse volumique

On définit le béton normal, le béton léger et le béton lourd en fonction de leur masse volumique après séchage à l'étuve.

- béton léger $800 \text{ kg/m}^3 \leq \text{masse volumique} \leq 2000 \text{ kg/m}^3$
- béton normal $2000 \text{ kg/m}^3 < \text{masse volumique} \leq 2600 \text{ kg/m}^3$
- béton lourd $\text{masse volumique} > 2600 \text{ kg/m}^3$

Classes de masse volumique pour le béton léger

Lorsque le béton léger est classé selon sa masse volumique, il faut appliquer les critères du tableau ci-dessous.

Classe de masse volumique	D1,0	D1,2	D1,4	D1,6	D1,8	D2,0
Plage de masse volumique [kg/m³]	≥ 800 et ≤ 1000	> 1000 et ≤ 1200	> 1200 et ≤ 1400	> 1400 et ≤ 1600	> 1600 et ≤ 1800	> 1800 et ≤ 2000

Utilisation d'adjuvants

Les règles suivantes s'appliquent à l'emploi d'adjuvants:

- Lorsque la quantité totale d'adjuvants liquides est supérieure à 3 l/m³ de béton, il faut en tenir compte dans le calcul du rapport eau/ciment.
- La quantité totale d'adjuvants utilisés ne doit pas dépasser le dosage maximal recommandé par le fabricant, ni excéder 5 % de la masse du ciment contenu dans le béton (sauf si l'effet d'un dosage supérieur sur les performances et la durabilité est établi).
- Les adjuvants utilisés en quantités inférieures à 0,2 % de la masse du ciment doivent être dispersés dans l'eau de gâchage.
- Lorsque l'on utilise plusieurs adjuvants, leur compatibilité doit être établie.
- Pour éviter toute confusion dans le cas d'utilisation d'addition, il est recommandé de définir le dosage en adjuvant exclusivement par rapport à la masse de ciment.

Utilisation d'additions

Les additions peuvent être de deux types:

Le type I comprend les matériaux quasiment inertes (p.ex. le filler calcaire et les pigments) qui ne génèrent aucune réaction chimique.

Le type II désigne des matériaux à propriétés pouzzolaniques (p.ex. la cendre volante ou la fumée de silice) ou à hydraulicité latente (p.ex. le laitier de haut-fourneau) qui contribuent à la résistance et à la durabilité du béton lors de l'hydratation du ciment. On tient compte de leur effet par une réduction du dosage minimal en ciment ($C_{min,add}$) et par un rapport eau/ciment équivalent (E/C_{eq}) en utilisant le concept du coefficient k .

Additif de type II	Valeur k [-]	Type de ciment	Classe de résistance du ciment	Classes d'exposition/ sortes de bétons	Quantité max. pouvant être considérée ^{c)} pour W/C_{eq} et $C_{min,cs}$ [kg/m³]
Cendre volante selon SN EN 450-1	0.4	CEM I	32,5; 42,5; 52,5	Tous	$0.33 \cdot C$
		CEM II/A-LL	32,5; 42,5; 52,5	XC1 à XC4, XD1, XF1	$0.25 \cdot C$
		CEM II/B-M (T-LL) ^{a)}	42,5	XC1; XC2; XC4; XD1; XF1	$0.25 \cdot C$
				XC3	$0.15 \cdot C$
		CEM II/B-M (S-T) ^{a)}	42,5 R	Tous	$0.25 \cdot C$
Fumée de silice selon SN EN 13263-1	1.0	CEM I	32,5; 42,5; 52,5	Tous	$0.11 \cdot C$
		CEM II/A-LL	32,5; 42,5; 52,5	Tous	$0.11 \cdot C$
Laitier de hautfourneau selon SN EN 15167-1	0.5	CEM I	32,5; 42,5; 52,5	Types de bétons D à G, exceptionnellement aussi les sortes A à C	$0.50 \cdot C$
Hydrolith F200 ^{b)}	0.4	CEM I	32,5; 42,5; 52,5	Tous sauf XF2 et XF4	$0.25 \cdot C$
		CEM II/A-LL	42,5; 52,5	XC1 à XC4; XD1; XF1	$0.25 \cdot C$
		CEM II/B-M (T-LL) ^{a)}	42,5	XC1 à XC4; XD1; XF1	$0.20 \cdot C$

a) L'autorisation se limite aux ciments Optimo 4 ou Robusto 4R-S, en association avec la cendre volante de Holcim (attestation selon annexe NC).

b) Pour le béton résistant à la réaction alcalis-granulats, Hydrolith F200 ne peut être utilisé que si l'attestation est fournie selon la notice SIA 2042.

c) Quantité maximale d'additifs de type II pouvant être considérés = $a \cdot C$ avec
 a = rapport massique max. d'additif de type II/ciment [-]
 C = teneur effective en ciment [kg/m³]

Pour le calcul des quantités maximales imputables d'additifs du type II, deux variantes sont applicables:

Variante a)

Pour le calcul de la teneur minimale en ciment ($C_{\min,CS}$) en cas d'ajout d'additifs de type II l'équation suivante peut être utilisée:

$$(C_{\min,CS}) \geq \frac{C_{\min}}{1 + (k \cdot a)}$$

$C_{\min,CS}$ Teneur minimale en ciment en cas d'ajout d'additifs de type II [kg/m³]

$C_{\min}$ Teneur minimale en ciment selon SN EN 206, tableau NA 2 [kg/m³]

k Valeur k de l'additif (type II) selon SN EN 206, tableau NA 2 [-]

a Rapport massique max. d'additif de type II/ciment [-]

Variante b)

Pour le calcul de la teneur minimale en ciment ($C_{\min,CS}$) en cas d'ajout d'additifs de type II les équations suivantes peuvent être utilisées selon l'additif:

Cendre volante ou Hydrolith F200

$$C_{\min,CS} \geq C_{\min} - \left[(k \cdot (C_{\min} - 200)) \cdot \left(1 - \left(\frac{KG}{(100 - KG)} \right) \right) \right] \quad \text{en kg/m}^3$$

Fumée de silice

$$C_{\min,CS} \geq C_{\min} - k \cdot S \quad \text{en kg/m}^3$$

Laitier de haut-fourneau

$$C_{\min,CS} \geq C_{\min} - (k \cdot (C_{\min} - 200)) \quad \text{en kg/m}^3$$

$C_{\min,CS}$ Teneur minimale en ciment en cas d'ajout d'additifs de type II [kg/m³]

$C_{\min}$ Teneur minimale en ciment selon SN EN 206 pour les types de béton A à G et P1 à P4 [kg/m³]

k Valeur k de l'additif (type II) [-]

KG Teneur en calcaire du CEM II/A-LL utilisé [M.-%], pour Fluvio 4 c'est $KG = 17$ M.-%, en cas de doute c'est $KG = 20$ M.-%. Lors de l'utilisation de CEM I et avec les nouvelles associations de ciment et d'additif, il faut indiquer $KG = 0$.

S Quantité d'ajout de fumée de silice [kg/m³]

Remarque: Le calcul avec la variante b) conduit, par rapport à la variante a) à des teneurs moindres en additifs. Toutefois, la teneur en eau est nettement plus faible, raison pour laquelle l'ajout de fluidifiants devient nécessaire.

Quantités maximales d'additifs de type II pour garantir l'alcalinité

L'utilisation d'additifs de type II conduit à une diminution de l'alcalinité dans le béton et augmente le risque de corrosion des armatures. C'est pourquoi la quantité maximale d'additifs admissible est limitée:

CEM I	
Cendre volante	$\leq 0.66 \cdot \text{ciment}$
Hydrolith F200	$\leq 0.66 \cdot \text{ciment}$
Fumée de silice	$\leq 0.11 \cdot \text{ciment}$
Laitier de haut-fourneau	$\leq 0.80 \cdot \text{ciment}$
Cendre volante et fumée de silice	$\leq (0.66 \cdot \text{ciment} - 3 \cdot \text{fumée de silice})$
Hydrolith F200 et fumée de silice	$\leq (0.66 \cdot \text{ciment} - 3 \cdot \text{fumée de silice})$

CEM II/A-LL	
Cendre volante	$\leq 0.45 \cdot \text{ciment}$
Hydrolith F200	$\leq 0.45 \cdot \text{ciment}$
Fumée de silice	$\leq 0.11 \cdot \text{ciment}$
Laitier de haut-fourneau	$\leq 0.60 \cdot \text{ciment}$
Cendre volante et fumée de silice	$\leq (0.45 \cdot \text{ciment} - 3 \cdot \text{fumée de silice})$
Hydrolith F200 et fumée de silice	$\leq (0.45 \cdot \text{ciment} - 3 \cdot \text{fumée de silice})$

Concept de la performance équivalente du béton (ECPC) et concept de la performance équivalente d'associations de ciment et d'additifs (EPCC)

Ces deux concepts ne peuvent pas être appliqués en Suisse.

Sortes de bétons usuels

		Sorte 0	Sorte A	Sorte B	Sorte C
		Bâtiment			
Exigences de base					
Conformité à la norme		Béton selon SN EN 206			
Classe de résistance à la compression ^{a)}		C12/15	C20/25	C25/30	C30/37
Classe(s) d'exposition (CH)		X0	XC1, XC2	XC3	XC4, XF1
Dimension max. nominale du granulat [mm] ^{b)}		D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32
Classe de teneur en chlorures ^{c)}		Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10
Classe de consistance ^{d)}		C3	C3	C3	C3
Exigences complémentaires (à spécifier selon l'objet)					
Résistance à la RAG		Si nécessaire, à spécifier selon le cahier technique SIA 2042			
Résistance aux sulfates		–	–	–	
Résistance au gel dégel en présence de sel		–	–	–	–
Exigences relatives à la composition					
Rapport E/C max. resp. rapport E/C _{éq} max. [-]		–	0.65	0.60	0.50
Dosage minimal en ciment ^{e)} [kg/m ³]		–	280	280	300
Contrôles de la durabilité ^{k)}		–	–	PE, RCa	RCa
Teneur en farines [kg/m ³]	D _{max} > 8 mm				
	D _{max} ≤ 8 mm				

- a) Il est possible de spécifier une classe de résistance à la compression plus élevée.
- b) La dimension maximale nominale du granulat ainsi que la classe de consistance peuvent être modifiées de façon spécifique au projet.
- c) La classe de teneur en chlorures indiquée convient pour le béton armé et le béton précontraint.
- d) La classe de consistance est indiquée à titre informatif. Elle doit être contrôlée par l'utilisateur du béton en fonction des conditions d'application et de ses besoins (p. ex. procédé de mise en œuvre) lors de la phase de l'offre, et adaptée le cas échéant (voir chiffre NA.5.3.4.1). Les éventuelles adaptations doivent être consignées dans l'offre et respectées. Remarque: L'exigence relative à la consistance du béton doit être remplie conformément au chiffre 5.4.1 (5) de EN 206 lors de la livraison du béton du producteur à l'utilisateur.
- e) Dosage minimal en ciment valable pour D_{max} = 32 mm et sans prise en compte des additions. Pour d'autres D_{max}, le dosage minimal en ciment doit être adapté selon le tableau «Dosage minimal en ciment» (page 8).

	Sorte D (T1)	Sorte E (T2)	Sorte F (T3)	Sorte G (T4)	P1 au sec (NPK H)	P2 sous l'eau (NPK I)	P3 au sec (NPK K)	P4 sous l'eau (NPK L)
	Génie civil et ouvrages d'art				Pieux forés et parois moulées			
	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37	C25/30	C25/30	C20/25	C20/25
	XC4, XD1, XF2, XF3, XD2a	XC4, XD1, XF4, XD2a	XC4, XD3, XF2, XD2b, XAA	XC4, XD3, XF4, XD2b	— f)	— f)	— f)	— f)
	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32
	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10
	C3	C3	C3	C3	F4	F5	F4	F5
à spécifier si nécessaire					— g)	si néces- saire	—	—
	moyenne ^{h)}	élevée ^{h)}	moyenne ^{h)}	élevée ^{h)}	évent. moyenne	évent. moyenne	—	—
	0.50	0.50	0.45	0.45	0.50	0.50	0.60	0.60
	300	300	320	320	330 ^{i) j)}	380 ^{i) j)}	330 ⁱ⁾	380 ⁱ⁾
	RCa, GS	RCa, GS	Rch, GS	Rch, GS	—	—	—	—
—					≥ 400			
—					≥ 450			

f) Afin d'éviter toute confusion, aucune classe d'exposition n'est indiquée.

g) Comme ce type de pieux est situé au sec, il ne devrait pas être soumis à des attaques sulfates.

h) Exigence complémentaire non impérative car elle découle directement de la classe XF spécifiée.

Des exigences différentes sont à éviter.

i) Les mêmes teneurs minimales en ciment pour le béton avec D_{max} = 32 mm, s'appliquent aux bétons pour pieux forés et parois moulées avec D_{max} = 16 mm.

j) S'il est assuré que le béton n'est pas exposé aux sels de dégel/déneigement, il est aussi autorisé d'utiliser les ciments validés pour le béton de type C.

k) Abréviations pour les essais de durabilité: PE = Perméabilité à l'eau, RCa = Résistance à la carbonatation, GS = Résistance au gel en présence de sels de déverglaçage, Rch = Résistance aux chlorures

Types de béton autorisés pour différentes attaques chimiques

Classification en rapport avec la teneur en sulfates dans la nappe phréatique ou dans le sol ¹⁾			Classification en rapport avec d'autres types d'attaques chimiques (dissolvantes)		
Classe d'exposition (CH)	Bâtiment et génie civil	Pieux	Classe d'exposition (CH)	Bâtiment et génie civil	Pieux
XA1s	C ou D (T1)	P2 ³⁾	XA1c	C ou D (T1)	P2 ³⁾
XA2s			XA2c	F (T3) ⁴⁾	
XA3s	F (T3) ²⁾		XA3c	F (T3) ²⁾	

- 1) Le béton doit être produit avec un ciment à haute résistance aux sulfates ou en fonction des spécificités de l'objet.
- 2) Il convient de contrôler avec des spécialistes si des mesures de protection supplémentaires sont possibles et nécessaires.
- 3) Recourir à des spécialistes le cas échéant.
- 4) Ce type de béton couvre également les attaques chimiques liées aux eaux usées dans les bassins biologiques de stations d'épuration des eaux usées communales (classe d'exposition XAA) conformément au Cahier technique CT 01.

Béton étanche (béton WD)

- Les sortes de béton C et D–G sont étanches jusqu'à une colonne d'eau de 10 mètres au maximum (1 bar max.). Aucun contrôle n'est nécessaire pour ces bétons.
- La sorte de béton B est étanche jusqu'à une colonne d'eau de 10 m maximum, lorsque la perméabilité à l'eau $q_w \leq 10 \text{ g/m}^2\text{h}$ (essai selon la norme SIA 262/1, annexe A).
- Des investigations et/ou essais complémentaires (norme SIA 272) sont nécessaires lorsque
 - des performances plus élevées en matière d'étanchéité sont exigées, selon la norme SIA 272 ou
 - l'épaisseur des éléments de construction est $< 250 \text{ mm}$ ou
 - la pression de l'eau est supérieure à une colonne d'eau de 10 m ($> 1 \text{ bar}$).

Résistance à la RAG conformément au cahier technique SIA 2042

Classe de prévention = combinaison entre les classes de risque et d'environnement

Classe de risque	Classe d'environnement		
	U1	U2	U3
R1	P1	P1	P1
R2	P1	P2	P2
R3	P2	P2	P3

- Classe de prévention P1: Aucune mesure particulière n'est nécessaire.
- Classe de prévention P2: Béton résistant à la RAG exigé, p.ex. preuve par l'essai de performance sur béton.
- Classe de prévention P3: Béton résistant à la RAG et mesures complémentaires exigés, p.ex. protection de la surface.

Détermination de la classe de risque

Les classes de risque R1, R2 et R3 sont déterminées pour tout l'ouvrage ou pour différents éléments de l'ouvrage. La classe de risque R3 peut être directement attribuée à l'ouvrage ou à un élément d'ouvrage. Dans les autres cas, les classes de risques sont définies sur la base d'une évaluation globale N en fonction des types et des critères de risques.

Détermination de la classe environnementale

Abr.	Classe d'exposition (CH)	Exemples d'éléments de construction	Type de béton
U1	XC1	À l'intérieur d'ouvrages (faible humidité relative de l'air)	A
U1	XC3, XF1 ou XC4, XF1	À l'extérieur (non soumis aux intempéries, soumis aux intempéries faible contrainte de gel)	C
U2	XC1 ou XC2 ou XC3	À l'intérieur d'ouvrages (avec humidité de l'air élevée); Béton non armé à l'intérieur d'ouvrages	A ou B
U2	XC4, XD1, XF2 ou XC4, XD1, XF4	À l'extérieur (exposé aux intempéries); faible à forte contrainte de gel	D ou E
U3	XC1 ou XC2	fondations (pieux)	C (H, I, K, L)
U3	XC4, XD3, XF2 ou XC4, XD3, XF4	À l'extérieur; dans des sols fortement alcalins, eau souterraines ou de montagne	G ou F
U3	XF3	Supports dans l'eau; surfaces de béton horizontales	D
U3	XD2a ou XD2b	Conteneurs, bassins de décantation pour l'eau fortement alcaline	D ou F

Contrôles de durabilité en Suisse

	Perméabilité à l'eau	Résistance à la carbonatation	
Essai selon SIA 262/1	Annexe A	Annexe I	
Essai à réaliser pour les classes d'exposition (CH)	XC3 ^{a)}	XC3	XC4, XD1, XD2a, XF1
l'essai doit être réalisé pour les sortes de béton selon tableau NA.5	Sorte B ^{a)}	Sorte B	Sortes C, D et E
Valeur limite pour la valeur moyenne	$q_w \leq 10 \text{ g/m}^2\text{h}$	$K_N \leq 6.5 \text{ mm/a}^{1/2 \text{ b) c)}}$	$K_N \leq 5.0 \text{ mm/a}^{1/2 \text{ b) d)}}$
Valeur limite pour la valeur moyenne + écart maximum admissible	$q_w \leq 12 \text{ g/m}^2\text{h}$	$K_N \leq 7.0 \text{ mm/a}^{1/2 \text{ b) c)}}$	$K_N \leq 5.5 \text{ mm/a}^{1/2 \text{ b) d)}}$
Fréquence d'essai pour les producteurs de béton sans expérience suffisante ^{e)}	au moins 4 par an ou tous les 500 m ³ , > 4000 m ³ /an: tous les 1000 m ³ , > 17 000 m ³ /an: tous les 1250 m ³ , > 30 000 m ³ /an: tous les 1500 m ³ , > 60 000 m ³ /an: tous les 3000 m ³		
Fréquence d'essai pour les producteurs de béton avec expérience suffisante ^{e)}	au moins 2 par an ou tous les 1000 m ³ , > 4000 m ³ /an: tous les 2000 m ³ , > 17 000 m ³ /an: tous les 2500 m ³ , > 30 000 m ³ /an: tous les 3000 m ³ , > 60 000 m ³ /an: tous les 6000 m ³		

- a) Voir tableau NA.6, note d).
- b) La valeur indiquée est valable pour une durée des service prévue de 50 ans.
- c) Pour XC3 et une durée de service prévue de 100 ans: $K_N \leq 4.5 \text{ mm/a}^{1/2}$ (valeur limite pour la valeur moyenne + écart maximum admissible: $5.0 \text{ mm/a}^{1/2}$). Si l'enrobage d'armature c_{nom} est porté de 35 mm (valeur de SIA 262) à 40 mm, la valeur limite de $K_N \leq 5.0 \text{ mm/a}^{1/2}$ (valeur limite pour la valeur moyenne + écart maximum admissible: $5.5 \text{ mm/a}^{1/2}$) s'applique.
- d) Pour XC4 et une durée de service prévue de 100 ans: $K_N \leq 4.5 \text{ mm/a}^{1/2}$ (valeur limite pour la valeur moyenne + écart maximum admissible: $5.0 \text{ mm/a}^{1/2}$).
- e) Voir chiffre NA.8.2.3.4.2.

Résistance aux chlorures	Résistance au gel/dégel en présence de sels de déverglaçage	
	moyenne	élevée
Annexe B	Annexe C	
XD2b, XD3	XF2, XF3	XF4
Sortes F et G	Sortes D et F	Sortes E et G
$D_{Cl} \leq 10 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	$m \leq 2500 \text{ g/m}^2$	$m \leq 200 \text{ g/m}^2$ ou $m \leq 600 \text{ g/m}^2$ et $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$
$D_{Cl} \leq 13 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	$m \leq 3000 \text{ g/m}^2$	$m \leq 250 \text{ g/m}^2$ ou $m \leq 800 \text{ g/m}^2$ et $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$
au moins 4 par an ou tous les 125 m ³ , > 1000 m ³ /an: tous les 250 m ³ , > 2000 m ³ /an: tous les 500 m ³		
au moins 2 par an ou tous les 250 m ³ , > 1000 m ³ /an: tous les 500 m ³ , > 2000 m ³ /an: tous les 1000 m ³		

© 2019 by SIA Zurich



Holcim (Suisse) SA
1312 Eclépens
Suisse
Téléphone +41 58 850 92 15
Téléfax +41 58 850 92 95
marketing-ch@lafargeholcim.com
www.holcim.ch
www.holcimpartner.ch