

Les nouveaux ciments de moindre teneur en clinker

Les normes NF EN197-5 et 197-6

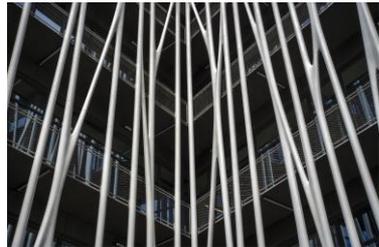
Laurent Izoret
SFIC

SYNDICAT FRANÇAIS DE
L'INDUSTRIE
CIMENTIÈRE



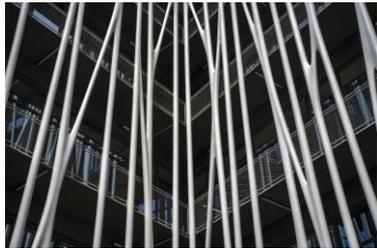
Séminaire technique du chapitre de Paris
de l'American Concrete Institute

Petit historique de la norme EN197-5



Petit historique de la norme EN197-5

- ✓ 2006 CEN/TC51 Dresde : **Ciments bas CO2**
- ✓ 2009 CEN/TC51 Montreux: **Projet CEM X**
- ✓ 2012 CEN/TC51 Athènes: Etude des limites de composition pour l'EN197-1.
- ✓ 2013 CEN/TC51 Strasbourg: Décision de scinder les compositions en CEM II/C-M et CEM VI
- ✓ 2015 CEN/TC51 Prague: les projets K-S-LL, K-V-LL et K-P-LL sont validés. Les formules K-S-V déposées tardivement seront intégrées
- ✓ CEN/TC51 + CE 2015 : 1ere réunion pour le lancement de la normalisation harmonisée
- ✓ CEN/TC51 + CE 2016 : première version soumise à la CE
- ✓ 2017: perte de contact avec la CE
- ✓ 2018: atermoiements de la Commission: le RPC n'est plus valide et donc « hors la loi »; 1ere annonce de la révision
- ✓ **Milan 2019 : décision de rédiger une norme non harmonisée**



Petit historique de la norme EN197-5

- 
- ✓ **CEN/TC51 Dresde 2006:** décision de normaliser des nouveaux types de ciments
 - ✓ **Objectifs Définir ces ciments:**
 - A basse empreinte CO₂
 - Composés de constituants classiques et selon des méthodes de fabrication traditionnelles: EN197-1
 - Présentant des propriétés d'usage acceptables pour les bétons structuraux: rhéologie, résistance mécanique et durabilité.
 - ✓ **Programme:** investiguer expérimentalement le champ des compositions et valider la durabilité en lien avec le CEN/TC51 -TC104]/WG12

De 27 familles à 38



norme européenne
norme française

NF EN 197-1
Avril 2012

Indice de classement : P 15-101-1
ICS : 91.100.10

Ciment
Partie 1 : Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants

E : Cement — Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements
D : Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement

Norme française adoptée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) le 14 mars 2012 pour prendre effet le 15 mars 2012 et ses amendements A1, A2 et A3.

27 familles

Correspondance
La Norme européenne NF EN 197-1 est équivalente à la norme française NF EN 197-1.

Analyse
Le présent document définit et présente les spécifications de 3 familles de ciment, de 7 familles de ciment résistant aux sulfates et de 3 familles de ciment résistant à la faible résistance à court terme, de 3 familles de ciment résistant aux sulfates et de leurs constituants. La définition de chaque ciment inclut les exigences relatives à la composition, à la résistance, à la durabilité et à la stabilité dimensionnelle. Les exigences relatives à la composition, à la résistance, à la durabilité et à la stabilité dimensionnelle sont définies dans des tableaux de spécifications. Le présent document définit également les exigences auxquelles les constituants doivent satisfaire. Il inclut également les exigences relatives à la composition, à la résistance, à la durabilité et à la stabilité dimensionnelle des ciments courants, des ciments résistants aux sulfates et des ciments à faible résistance à court terme.

Descripteurs
Thésaurus International Technique : ciment, ciment portland, ciment de laitier, ciment de ciment, ciment résistant aux sulfates, définition, composition, spécification, caractéristique mécanique, caractéristique chimique, caractéristique physique, désignation, essai de conformité, marquage de, attestation.

Modifications
Par rapport aux documents remplacés, outre la consolidation dans une norme unique de la NF EN 197-1:2001, de ses amendements A1:2004 et A3:2009 et de son projet d'amendement A2 ainsi que de la NF EN 197-4:2004 et de son projet d'amendement A1, les changements principaux consistent en l'introduction d'exigences additionnelles pour les ciments à faible chaleur d'hydratation et les ciments courants ayant des propriétés de résistance aux sulfates.

Corrections

Édité et diffusé par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) — 11, rue Froide de Poissonnerie — 93671 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tel. : +33 (0)1 41 62 60 00 — Fax : +33 (0)1 49 17 90 00 — www.afnor.org

1^{er} tirage 2012-04-F
© AFNOR 2012



EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 197-5

ICS 91.100.10
May 2021

Cement - Part 5: Portland-composite cement CEM II/C-M and Composite cement CEM VI

English Version
Ciment - Partie 5 : Ciment Portland composé CEM II/C-M et Ciment composé CEM VI

This European Standard was approved by CEN on 8 February 2021 concerning such national standards as a member.

CEN members are bound to comply with the CEN standards and to inform their national standards bodies of any amendments made by them.

This European Standard translation under the name of the CEN members are the national standards of the following countries: Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.

11 familles

CECEN
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

CENELEC Management Centre, Rue de la Science 23, B-1040 Brussels
Application in any form and by any means reserved for CEN national Members.

Ref. No. EN 197-5:2021 E

De 27 familles à 38

NF EN 197-1

CEM I : CK + Gypse

CEM II : CK+ L, S, V + Gy

CEM II/C : CK+S+P/V/L; CK+P+L; CK+FA+L + Gy

NF EN 197-5

CEM III: CK+ Slag+ Gy

CEM IV : CK + P + Gy

CEM V : CK + S+ V + Gy

CEM VI: CK + S + V/P/L

1ere utilisation du laitier dans le ciment : 1896



Main types	Notation of the 39 products (types of common cement)		Composition (percentage by mass ²⁾)											Minor additional constituents		
			Main constituents													
			Clinker	Blast-furnace slag	Silica fume	Pozzolana		Fly ash		Burnt shale	Limestone					
natural	natural calcined	siliceous				calcareous	L	LL								
	Type name	Type notation	K	S	D ^b	P	Q	V	W	T	L	LL				
CEM I	Portland cement	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5			
	Portland-slag cement	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
	Portland silica fume cement	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
	Portland-pozzolana cement	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5		
	CEM II	Portland-fly ash cement	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5	
			CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5	
CEM II/A-W			80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5		
Portland-burnt shale cement		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5		
CEM II/B-T		65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5		
Portland-limestone cement	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5			
	CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5			
	CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5			
	CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5			
	CEM II/A-M	80-88	-----12-20-----											0-5		
	CEM II/B-M	65-79	-----21-35-----											0-5		
Portland-composite cement ^c	CEM II/C-M (S-P)	50-64	16-44	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
	CEM II/C-M (S-V)	50-64	16-44	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5		
	CEM II/C-M (S-L)	50-64	16-44	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5		
	CEM II/C-M (S-LL)	50-64	16-44	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5		
	CEM II/C-M (P-L)	50-64	-	-	16-44	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5		
	CEM II/C-M (P-LL)	50-64	-	-	16-44	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5		
	CEM II/C-M (V-L)	50-64	-	-	-	-	16-44	-	-	6-20	-	-	-	0-5		
	CEM II/C-M (V-LL)	50-64	-	-	-	-	16-44	-	-	-	6-20	-	-	0-5		
CEM III	Blast furnace cement	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
	CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
	CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
CEM IV	Pozzolanic Cement ^c	CEM IV/A	65-89	-	-----11-35-----											0-5
	CEM IV/B	45-64	-----36-55-----											0-5		
CEM V	Slag-pozzolanic cement ^c	CEM V/A	40-64	18-30	-----18-30-----											0-5
	CEM V/B	20-38	31-49	-----31-49-----											0-5	
CEM VI	Composite cement ^c	CEM VI (S-P)	35-49	31-59	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
	CEM VI (S-V)	35-49	31-59	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5		
	CEM VI (S-L)	35-49	31-59	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5		

Le tableau de composition

Tableau 1 — Ciment Portland composé CEM II/C-M et ciment composé CEM VI

Principaux types	Notation des produits (types de ciments)		Composition (pourcentage en masse ^a)										Constituants secondaires
			Constituants principaux										
			Clinker	Laitier de haut fourneau	Fumée de silice	Pouzzolane		Cendre volante		Schiste calciné	Calcaire		
						Naturelle	Naturelle calcinée	Siliceuse	Calciue				
Nom	Notation	K	S	D ^b	P	Q	V	W	T	L ^c	LL ^c		
CEM II	Ciment Portland composé ^d	CEM II/C-M	50-64	←..... 36-50→								0-5	
CEM VI	Ciment composé	CEM VI (S-P)	35-49	31-59	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM VI (S-V)	35-49	31-59	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM VI (S-L)	35-49	31-59	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
		CEM VI (S-LL)	35-49	31-59	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5

^a Les valeurs indiquées dans le tableau se réfèrent à la somme des constituants principaux et secondaires.

^b En cas d'utilisation de fumée de silice, la proportion de fumée de silice est limitée entre 6 % et 10 % en masse.

^c En cas d'utilisation de calcaire, la proportion de calcaire (somme de L et LL) est limitée entre 6 % et 20 % en masse.

^d Le nombre de constituants principaux autres que le clinker est limité à deux et ceux-ci doivent être déclarés dans la désignation du ciment (voir des exemples à l'Article 6).



CEM VI

CEM II/C-M

CEM III/C

CEM III/B

CEM III/A

CEM II/B-M

CEM II/A-M

LC3 50
[K50Q33.3LL16.7]

CEM II/B-M

CEM II/A-M

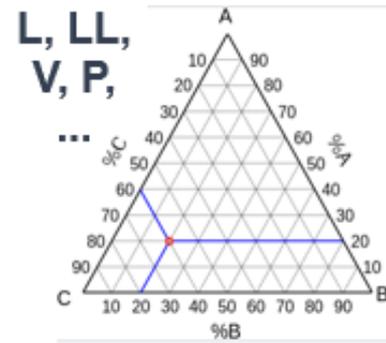
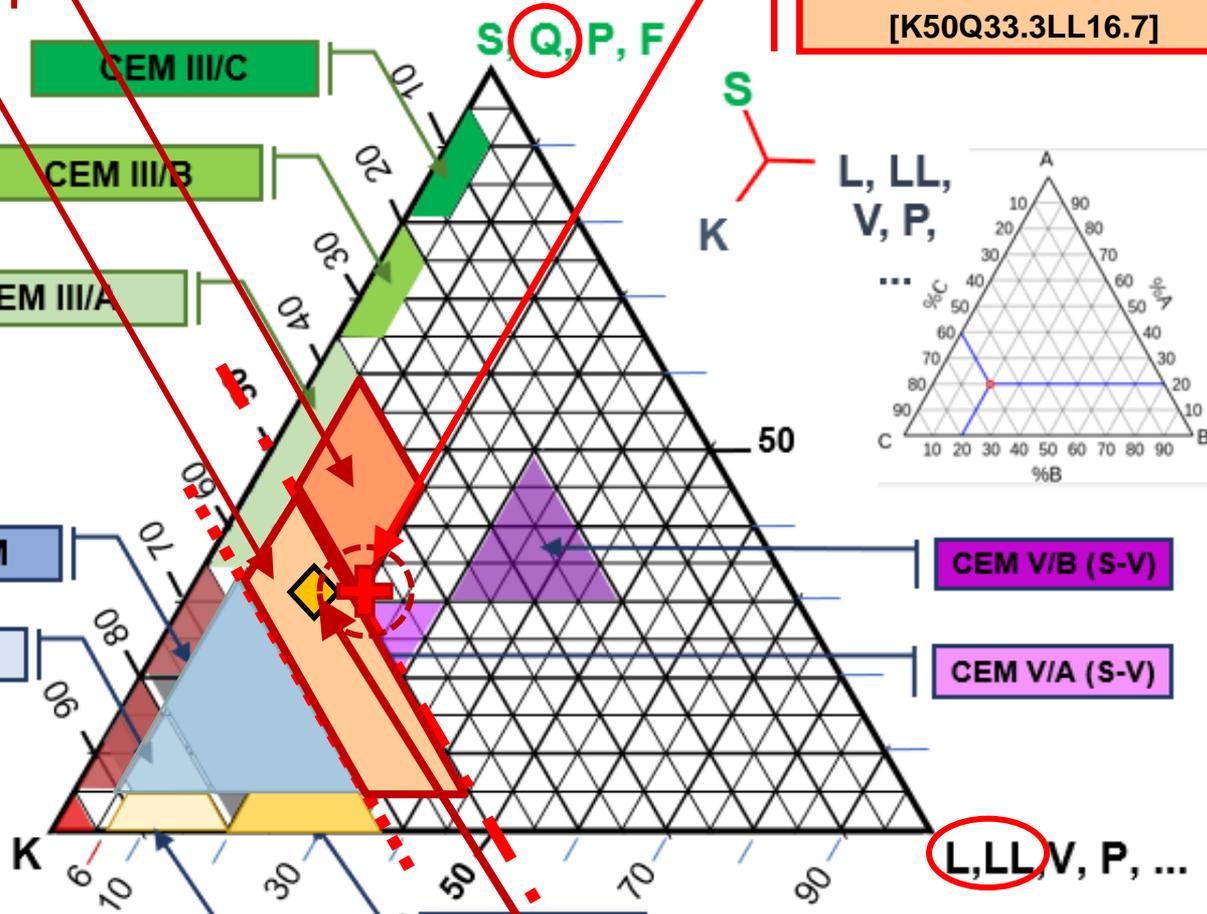
CEM V/B (S-V)

CEM V/A (S-V)

CEM V/B-LL

CEM II/A-LL

CEM II/C-M [K55Q30LL15]



nh EN 197-5 : Durabilité (1/2)

- ✓ **EN 16912:** Lignes directrices pour soutenir la normalisation européenne des nouveaux ciments.

→ **3 catégories:**

1- ciments traditionnels, 2- ciments traditionnels avec un ou plusieurs nouveaux constituants 3- ciments « nouveaux »

→ **Point commun:** procurer des essais de durabilité sur béton pour assurer l'aptitude à l'emploi

→ **Réalisation d'un « dossier technique »** pour prise de décision par le CEN/TC51

- Description du produit soumis à évaluation
- Essais d'usage « ciment » et essais de durabilité « béton »
- Essais complémentaires: santé, environnement

nh EN 197-5 : Durabilité (2/2)

✓ EN 197-5: essais de durabilité « béton »

→ Carbonatation (3% CO₂) : OK

→ Diffusion des Chlorures (NT Built 443) : OK

→ Résistance aux sulfates (CUR 45): OK

→ Gel-dégel: Gel interne OK

→ Gel-dégel: écaillage: non OK

→ Retrait et fluage: OK

EN 197-5 : intégration EN 206/CN

✓ Etape 1: édition dans la collection AFNOR (NF)

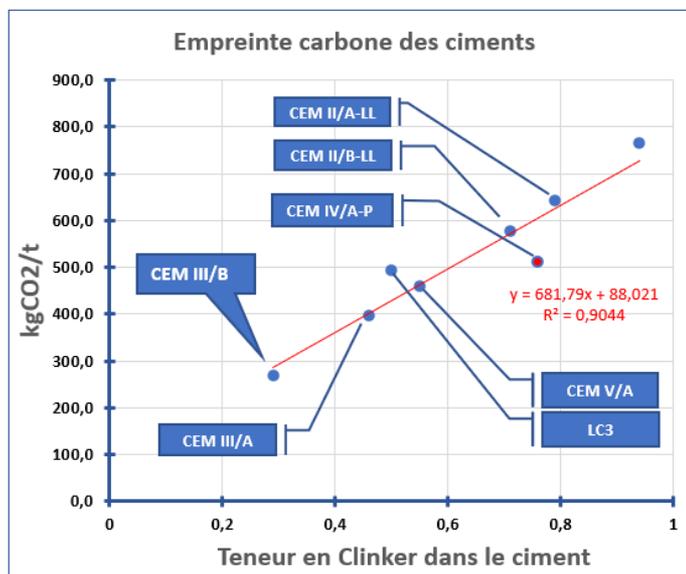
✓ Etape 2: Soumission à la CN P18B

→ Essais de confirmation: Carbonatation MoP PerfDub

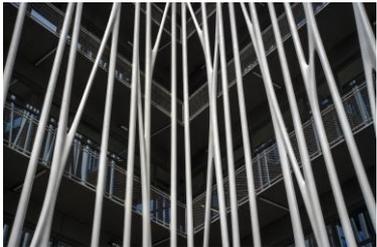
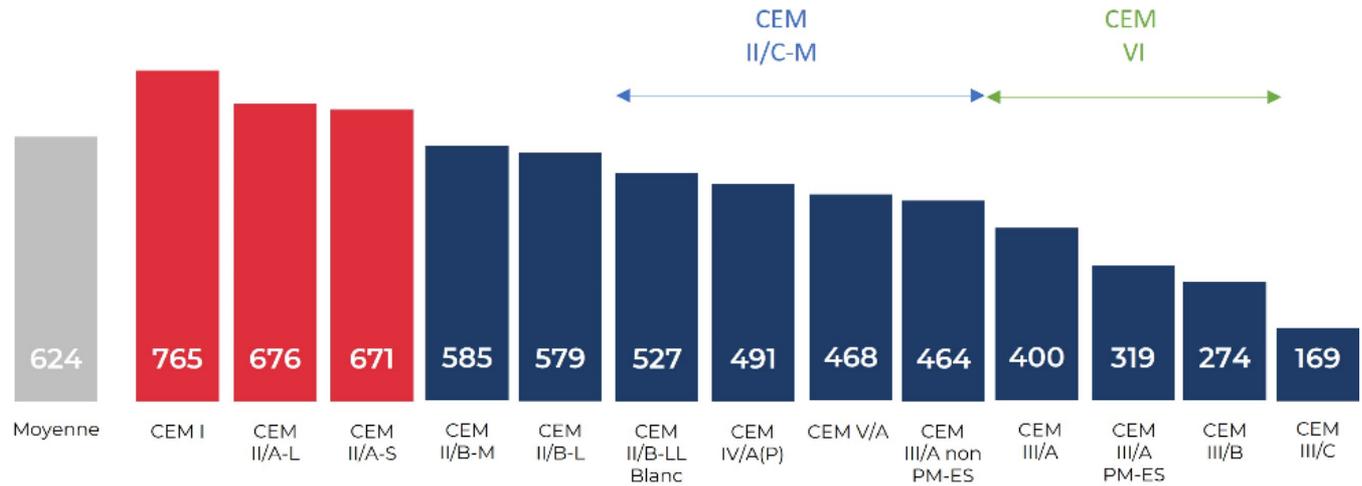
Quelle empreinte carbone ?



	kgCO2/t	CEM I	CEM II/A-LL15	CEM II/B-LL25	CEM IV/A-P19	CEM V/A S20V21	CEM III/A-S40	CEM III/B-S72	LC3
Clinker	806	0,94	0,79	0,71	0,76	0,55	0,46	0,29	0,50
Gypse	8	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,035	0,055	
Calcaire	2,5		0,15	0,24			0,01		0,17
Laitier	45					0,20	0,48	0,65	
Cendre	10					0,21			
Pouzzolane	2				0,19				
Argile Calcinée	260								0,33
		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00
Procédé	II	6,7	4,76	3,99	6,5	5,3	4,85	5,00	4,0
Broyeur	kWh	67,00	47,60	39,90	65,00	53,00	48,50	50,00	40
	kg CO2/kWh		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	kgCO2/T ciment	764,8	642,4	577,3	509,6	460,0	397,3	268,4	493,3



Quelle empreinte carbone ?



prEN 197-6 : Fines de Béton recyclé

- ✓ A la suite d'un Dossier Technique déposé par la France
- ✓ Dans l'annexe EN 197-6: reconnaissance des Fines de Béton Recyclé comme constituant agréé des ciments

→ Désigné par la Lettre F

→ Le composant F est donc un filler

→ Favorise l'économie circulaire par recyclage

→ Définition de 4 nouvelles classes de composition

- CEM II/A-F
- CEM II/A-M, B-M et C-M ; F en mélanges avec les autres constituants « classiques » (well tried and proven)

prEN 197-6 : tableau de composition

Main types	Notation of the products (types of cement)		Composition (percentage by mass) ^a											Minor additional constituents
			Main constituents											
			Clinker	Recycled concrete fines	Blast-furnace slag	Silica fume	Pozzolana		Fly ash		Burnt shale	Limestone		
	natural	natural calcined					siliceous	calcareous	L ^c	LL ^c				
Type name	Type notation	K	F	S	D ^b	P	Q	V	W	T	L ^c	LL ^c		
CEM II	Portland-recycled-fines cement	CEM II/A-F	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland-composite cement ^d	CEM II/A-M	80-88	6-14	←----- 6-14 ----->								0-5	
		CEM II/B-M	65-79	6-20	←----- 6-29 ----->								0-5	
		CEM II/C-M	50-64	6-20	←----- 16-44 ----->								0-5	

^a The values in the table refer to the sum of the main and minor additional constituents.
^b In case of the use of silica fume, the proportion of silica fume is limited to 6-10 % by mass.
^c In case of the use of limestone, the proportion of the sum of limestone and recycled concrete fines (sum of L, LL and F) is limited to 6-20 % by mass.
^d The number of main constituents other than clinker is limited to two and these main constituents shall be declared by designation of the cement (for examples, see Clause 6).

nh prEN 197-6

✓ CEN/TC51: décision de mise à l'enquête CEN

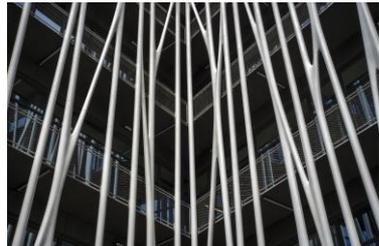
→ Période du 9 juin au 9 septembre 2022

→ Données (très) récentes

- Pas d'impact de la nature du granulats primaire sur les résistances (Calcaire versus silico-calcaire)
- Pas d'impact sur la demande en eau malgré les finesses élevées
- Pas d'impact de la proportion de F dans le mélange F-LL sur les résistances
- → Possibilité de relever la teneur max de 20 à 35%

→ Discussion en cours au sein de la CN P15A

→ Potentialité de publication début 2023



Je vous
remercie de
votre attention

