



Débat AFGC du 6/12/18

**Béton
l'addition s'il vous plait !!**



Programme de la Journée

- 16h30 : Introduction sur la démarche et les potentialités d'utilisation des additions en conformité avec la norme NF EN 206/CN et notion de liant équivalent
Jean Marc Potier, SNBPE
- 16h50 : Expérience et évolution de l'usage des additions calcaires en France
Pascal Gonnon, Omya SAS
- 17h10 : Cas de la fumée de silice
Patricia Tuffe, Condensil
- 17h30 : Le Métakaolin Flash : addition minérale à faible impact environnemental pour bétons durables et à hautes performances
Philippe HAUZA, Argeco Développement
- 17h50 : Les utilisations du laitier moulu pour le Génie Civil
Rory Mc Nell, Ecocem
- 18h10 : Discussion
- 19h00 : Fin du débat

Débat AFGC du 6/12/18

Le contexte normatif

J.M. Potier

SNBPE



1. La norme NF EN 206

■ addition

- en : addition
- de : Betonzusatzstoff

constituant minéral finement divisé utilisé dans le béton afin d'améliorer certaines propriétés ou pour lui conférer des propriétés particulières.

Les additions peuvent être

- **Des additions de type I** (addition quasi-inerte)
- **Des additions de type II** (addition à caractère pouzzolanique ou hydraulique latent)



1. La norme NF EN 206

■ Version « Européenne »

■ Additions (y compris les fillers minéraux et les pigments)

- L'aptitude générale à l'emploi en tant qu'addition de type I est établie pour
 - les fillers conformes à l'EN 12620 ou au prEN 13055 ;
 - les pigments conformes à l'EN 12878 ; pour le béton armé, seuls les pigments de la catégorie B sont aptes à l'emploi.
- L'aptitude générale à l'emploi en tant qu'addition de type II est établie pour :
 - les cendres volantes conformes à l'EN 450-1 ;
 - les fumées de silice conformes à l'EN 13263-1 ;
 - le laitier granulé de haut-fourneau moulu conforme à l'EN 15167-1.

Mon Nov 17 22:20:32 2014 - Ce document AFNOR est à usage exclusif et non collectif de AFNORP188 "Bâton"

ISSN 0335-3931	NF EN 206 29 Novembre 2014
norme française	
Indice de classement : P 18-325	
ICS : 91.100.30	
Béton — Spécification, performances, production et conformité	
E : Concrete — Specification, performance, production and conformity D : Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität	
Norme française homologuée par décision du Directeur Général d'AFNOR. Remplace les normes françaises homologuées NF EN 206-1, d'avril 2004, NF EN 206-1/A1, d'avril 2005, NF EN 206-1/A2, d'octobre 2005 et NF EN 206-9, de juin 2010.	
Correspondance La Norme européenne EN 206:2013 a le statut d'une norme française.	
Résumé	Le présent document reproduit la norme européenne EN 206:2013. Il s'applique en France en utilisant la norme NF EN 206/CN qui combine le texte de la norme européenne et les dispositions complémentaires à respecter en France. Le présent document s'applique au béton destiné aux structures coulées en place, aux structures préfabriquées, aux éléments de structure préfabriqués pour bâtiments et structures de génie civil. Le béton peut être du béton fabriqué sur chantier, du béton prêt à l'emploi ou du béton fabriqué dans une usine de production d'éléments préfabriqués. Le présent document spécifie les exigences applicables aux matériaux constitutifs du béton, aux propriétés du béton frais et durci et à leur vérification, aux limitations imposées à la composition du béton, à la spécification du béton, à la livraison du béton frais, aux procédures de contrôle de production, aux critères de conformité et à l'évaluation de la conformité.
Descripteurs	Thésaurus International Technique : BETON, BETON FRAIS, BETON DURCI, DEFINITION, CLASSIFICATION, CONSTITUANT, CIMENT, GRANULAT, EAU DE GACHAGE, ADJUVANT POUR BETON, COMPOSITION, LIMITE, DOSAGE, CHLORURE, AIR, RAPPORT EAU CIMENT, EXIGENCE, CARACTERISTIQUE, CONSISTANCE, VISCOSITE, ECOULEMENT, RESISTANCE A LA COMPRESSION, RESISTANCE A LA TRACTION, EXPOSITION, CONDITIONS CLIMATIQUES, RESISTANCE AUX INTERPERIES, RESISTANCE CHIMIQUE, LIVRAISON, CONTROLE DE CONFORMITE, PRODUCTION, ESSAI, APTITUDE A L'EMPLOI, CONDITIONS D'ESSAI, DESIGNATION, REFERENCE AUX NORMES.
Modifications	Par rapport aux documents remplacés, révision de la norme en incluant les amendements.
Corrections	
Édité et diffusé par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) — 11, rue Francis de Pressensé — 93571 La Plaine Saint-Denis Cedex Tél. : +33 (0)1 41 62 80 00 — Fax : +33 (0)1 49 17 90 00 — www.afnor.org	
© AFNOR — Tous droits réservés	
Version de 2014-11-P	

1. La norme NF EN 206/CN

■ Version «Européenne» Française

■ Additions (y compris les fillers minéraux et les pigments)

- L'aptitude générale à l'emploi en tant qu'addition de type I est établie pour :
 - les fillers conformes à l'EN 12620 ou au prEN 13055 ;
 - les pigments conformes à l'EN 12878 ; pour le béton armé, seuls les pigments de la catégorie B sont aptes à l'emploi.
 - les additions calcaires conformes à la norme NF P 18-508 ;
 - les additions siliceuses conformes à la norme NF P 18-509.
- L'aptitude générale à l'emploi en tant qu'addition de type II est établie pour :
 - les cendres volantes conformes à l'EN 450-1 ;
 - les fumées de silice conformes à l'EN 13263-1 ;
 - le laitier granulé de haut-fourneau moulu conforme à l'EN 15167-1
 - les métakaolins conformes à la norme NF P 18-513

Fri Nov 28 22:22:02 2014 - Ce document AFNOR est à usage exclusif et non collectif de AFNOR/P188 "Bâton"

ISSN 0335-3931

norme française

NF EN 206/CN
19 Décembre 2014

Indice de classement : P 18-325/CN

ICS : 91.080.40 ; 91.100.30

Béton — Spécification, performance, production et conformité — Complément national à la norme NF EN 206

E : Concrete — Specification, performance, production and conformity —
National addition to the standard NF EN 206
D : Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität —
National Ergänzung zu NF EN 206

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR.
Remplace la norme homologuée NF EN 206-1/CN, de décembre 2012.

Correspondance

A la date de publication du présent document, il n'existe pas de travaux de normalisation internationaux ou européens traitant du même sujet.

Résumé

Le présent document spécifie les dispositions à respecter en France en complément de la norme NF EN 206 lorsque celle-ci autorise l'application de normes nationales ou de dispositions particulières là où le béton est utilisé. Il reproduit la norme européenne EN 206:2013 en incluant, à la suite des éléments concernés du texte européen, les dispositions complémentaires nationales. Le présent document s'applique au béton destiné aux structures coulées en place, aux structures préfabriquées, aux éléments de structure préfabriqués pour bâtiments et structures de génie civil. Le béton peut être du béton fabriqué sur chantier, du béton prêt à l'emploi ou du béton fabriqué dans une usine de production d'éléments préfabriqués. Le présent document spécifie les exigences applicables aux matériaux constitutifs du béton, aux propriétés du béton frais et durci et à leur vérification, aux limitations imposées à la composition du béton, à la spécification du béton, à la livraison du béton frais, aux procédures de contrôle de production, aux critères de conformité et à l'évaluation de la conformité.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : BETON, BETON FRAIS, BETON DURCI, LIANT HYDRAULIQUE, CONSTITUANT, COMPOSITION, CIMENT, GRANULAT, GRAVIER, SABLE, CLASSIFICATION, EXPOSITION, ENVIRONNEMENT, CONDITIONS CLIMATIQUES, CORROSION, REPARTITION GEOGRAPHIQUE, ATTAQUE CHIMIQUE, REACTION ALCALI-GRAVIER, DOSAGE, CHLORURE, CONSISTANCE, RAPPORT EAU CIMENT, AIR, LIVRAISON, BETON PRET A L'EMPLOI, CONTROLE DE CONFORMITE, RESISTANCE A LA COMPRESSION, ESSAI, REFERENCE AUX NORMES.

Modifications

Par rapport au document remplacé, révision de la norme européenne et du complément national.

Corrections

Edition et diffusion par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) — 11, rue Francis de Pressensé — 93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél. : + 33 (0)1 41 62 80 00 — Fax : + 33 (0)1 49 17 90 00 — www.afnor.org

© AFNOR — Tous droits réservés

Version de 2014-12-P

1. La norme NF EN 206/CN

■ Prise en compte des additions dans la formulation des bétons

- La norme Européenne autorise plusieurs concepts pour la prise en compte des additions
- En France, c'est le concept du coefficient « k » et du « liant équivalent » qui est retenu



1. La norme NF EN 206/CN

■ Le concept du coefficient « k » et le « liant équivalent »

- Le concept de coefficient k et de liant équivalent autorise la prise en compte des additions de type II et de certaines additions de type I.
- Le liant équivalent est constitué de ciment de type CEM I ou CEM II/A et d'une des additions normalisées mentionnées ci-après

La quantité de liant équivalent est définie par la formule :

$$\text{Liant } \textit{éq.} = C + kA$$

- C est la quantité de ciment par mètre cube de béton (en kg/m³) ;
- A est la quantité d'addition par mètre cube de béton
- k est le coefficient de prise en compte de l'addition considérée



1. La norme NF EN 206/CN

■ Valeurs de « k »

Type II

- Cendres volantes : 0,40 - 0,50 ou 0,60 selon l'indice d'activité
- Fumée de silice : 1,00 ou 2,00 selon dosage en ciment et rapport $E_{eff}/Liant$ eq
- Laitier moulu : 0,60 ou 0,90 selon indice d'activité
- Métakaolin : 1,00

Type I

- Additions calcaires : 0,25
- Additions siliceuses: 0,25



1. La norme NF EN 206/CN

■ Taux d'incorporation

- la valeur maximale d'addition prise en compte est définie par le rapport $A/(A + C)$ précisé dans les Tableaux de l'annexe NA.F pour les différentes classes d'exposition.
- Si une plus grande quantité d'addition est utilisée, l'excédent n'est pas pris en compte dans le calcul du liant équivalent



2. Les tableaux NA F

Tableau NA F 1 Valeurs limites applicables en							
Combinaison CEM II/A + addition	Rapport maximal $A/(A+C)^{1)}$	Addition siliceuse de minéralogie QZ	0,25	0,25	0,25	0,25	XC4
		Cendres volantes	0,20	0,20	0,20	0,20	0,60
		Fumées de silice ²⁾	0,10	0,10	0,10	0,10	
		Métakaolin type A ³⁾	0,10	0,10	0,10	0,10	C25/30
		Laitier moulu	0,20	0,20	0,20	0,20	280
		Addition calcaire catégorie A	0,10	0,10	0,10	0,10	-
		Addition siliceuse de minéralogie QZ	0,00	0,00	0,00	0,00	-
		Nature du ciment	-	-	-	-	
Combinaison CEM I + addition	Rapport maximal $A/(A+C)^{1)}$	Cendres volantes	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
		Fumées de silice	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
		Métakaolin type A	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
		Laitier moulu	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
		Addition calcaire catégorie A	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
		Addition calcaire catégorie B	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
		Addition siliceuse de minéralogie QZ	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

2. Les tableaux NA F

Tableau NA.F.1 → la classe d'exposition							
			X0	XF4 ^{a) b)}	XA1	XA2	XA3
		Rapport E _{eff} /liant éq maximal ^{c)}	–	0,45	0,55	0,50	0,45
		Classe de résistance minimale	–	C30/37	C30/37	–	C40/50
		Teneur mini en liant éq (kg/m ³) ^{c)} d)	150	340	330	350	360
		Teneur minimale en air (%)	–	4 ^{e)}	–	–	–
		Essai(s) de performances ^{m)}	–	– 18-425 (ou NF P 18-424) et XP P 18-420	–	–	–
Combinaison CEM I + addition	Rapport maximal Addition	Cendres volantes	0,30	0,15 ^{f)}	0,30	0,30	0,30
		Fumées de silice	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
		Métal	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
		Gravier moulu	0,30	0,15	0,30	0,30	0,30
		Addition calcaire catégorie A	0,30	0,05	0,00	0,00	0,00
		Addition calcaire catégorie B	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00
		Addition siliceuse de minéralogie QZ	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00

Les mêmes valeurs s'appliquent au tableau NA F2 (préfabrication)

2. Les tableaux NA F

■ Les bétons d'ingénierie

- béton destiné à un ouvrage donné ou un ensemble d'ouvrages d'un projet donné, dont la formulation résulte d'une étude préliminaire réalisée sous la responsabilité du prescripteur avant le début de l'opération de construction considérée et acceptée par le producteur et l'utilisateur du béton.
- Sa fabrication est soumise à un contrôle de conformité spécifique défini dans le plan qualité de l'ouvrage et accepté par toutes les parties concernées.

- Les bétons d'ingénierie contenant du laitier vitrifié moulu de haut fourneau de classe A en substitution du ciment en fonction de la classe d'exposition ont un taux d'incorporation défini dans les Tableaux NA.F.3 et NA.F.4.



2. Les tableaux NA F

Tableau NA.F.3 — Valeurs limites applicables en France pour la composition et les propriétés de

		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2
	Rapport Eau/liant éq maximal ^{a)}	—	0,65	0,65	0,55	0,55	0,55	0,55	0,50	0,55	0,5
	Classe de résistance minimale	—	C20/25	C20/25	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C30/
	Teneur mini en liant éq (kg/m ³) ^{c) d)}	150	250	250	280	280 ^{b)}	330	330	350	280	330
	Teneur minimale en air (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Essai(s) de performances ^{b)}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Combinaison CEM I + addition	Rapport maximal A/(A+C) ^{e) f) p)}										
	Laitier moulu classe A	0,50	0,50	0,50	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,40	0,5
Combinaison CEM III/A + addition	Rapport maximal A/(A+C) ^{e) f) p)}										
	Laitier moulu classe A	0,35 ^{d)}	0,35 ^{d)}	0,35 ^{d)}	0,30	0,30	0,35 ^{d)}	0,35 ^{d)}	0,35 ^{d)}	0,30	0,35
Nature du ciment		—	—	—	—	—	—	PM ^{q)}	PM ^{q)}	—	—

- a) Pour les classes XF3 et XF4, les granulats doivent être non gélifs au sens de NF P 18-545 .
b) Pour les classes XF3 et XF4, l'attention du prescripteur du béton est attirée sur le fait que dans le cas d'ouvrages importants, sensibles ou particulièrement exposés à l'attaque sulfatique, il convient de se référer à l'essai de sulfates de l'essai 424 ou NF P 18-425, ASTM C457-98, ... et de plus, pour l'environnement XF4, XP P 18-420) afin de s'assurer de l'adéquation du béton aux performances attendues.
c) Exigence applicable à la charge telle que définie en 3.1.3.8.
d) Ces valeurs sont définies pour D_{max} = 20 mm. La quantité de liant équivaut à ajouter (+) ou à déduire (-) en pourcentage de la valeur indiquée, en fonction de la

Le contexte normatif

■ Un exemple de calcul

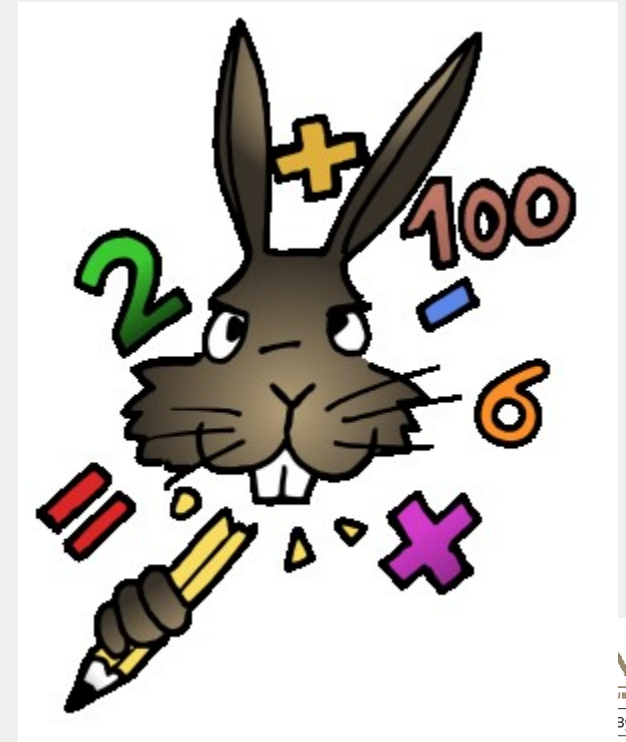
- Utilisation optimale d'une cendre de $k = 0,6$ avec un ciment de type CEM I en classe d'exposition XC4

■ Teneur minimale en liant équivalent 280 kg

$$A/A+C = 0,3 \text{ donc } A = (0,3/0,7) C \text{ et}$$
$$C + 0,6 A = 280 \rightarrow C + 0,6(0,3/0,7)C = 280$$

$$C = 223 \text{ kg}$$

$$A = 95 \text{ kg}$$



■ **Merci de votre attention**