

Concevoir, construire et gérer des structures durables en béton

Approche performantielle et évolutions normatives

Positionnement de l'approche performantielle dans le contexte normatif Français et Européen



J.M. POTIER

SNBPE

ENPC Marne-la-Vallée - 23 octobre 2014

Etat des lieux actuel

Norme française

NF EN 206/CN

Indice de classement : P 18-325/CN

ICS :

T1 Béton

T2 Spécification, performance, production et conformité

T3 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 CN du 12 décembre 2012.

Correspondance

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

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 :

Modifications

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

Corrections

L'approche traditionnelle

Approche basée sur des recommandations d'exigences relative à la composition du béton et à certaines de ces propriétés en fonction de la nature de l'agression (classes d'exposition)

Basée sur une durée de vie de 50 ans

Fondée sur un retour d'expérience de plusieurs décennies

Version Européenne

Tableau F.1 — Valeurs limites spécifiées applicables à la composition et aux propriétés du béton

| | Classes d'exposition | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------|--------|--------|--------|-------------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|--------|--------|--|-------------------|-------------------|-------------------|--|--------|--------|
| | Aucun risque de corrosion ou d'attaque | Carbonatation | | | | Corrosion induite par les chlorures | | | | | | Attaque gel/dégel | | | | Environnements contenant des substances chimiques agressives | | |
| | | | | | | Eau de mer | | | Chlorures autres que l'eau de mer | | | | | | | | | |
| XD | XC 1 | XC 2 | XC 3 | XC 4 | XS 1 | XS 2 | XS 3 | XD 1 | XD 2 | XD 3 | XF 1 | XF 2 | XF 3 | XF 4 | XA 1 | XA 2 | XA 3 | |
| Rapport eau/ciment maximal | — | 0,65 | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,45 | 0,55 | 0,55 | 0,45 | 0,55 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,55 | 0,50 | 0,45 |
| Classe de résistance minimale | C12/15 | C20/25 | C25/30 | C30/37 | C30/37 | C30/37 | C35/45 | C35/45 | C30/37 | C30/37 | C35/45 | C30/37 | C25/30 | C30/37 | C30/37 | C30/37 | C30/37 | C35/45 |
| Teneur minimale en ciment (kg/m ³) | — | 260 | 280 | 280 | 300 | 300 | 320 | 340 | 300 | 300 | 320 | 300 | 300 | 320 | 340 | 300 | 320 | 360 |
| Teneur minimale en air (%) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4,0 ^{a)} | 4,0 ^{a)} | 4,0 ^{a)} | — | — | — |
| Autres prescriptions | | | | | | | | | | | | Granulats conformes au prEN 12620:2000 avec une résistance suffisante au gel/dégel | | | | Ciment résistant aux sulfates ^{b)} | | |

a) Si le béton ne contient pas d'air entraîné volontairement, il convient que la performance du béton soit alors être mesurée conformément à une méthode d'essai appropriée, en comparaison avec un béton pour lequel la résistance au gel/dégel pour la classe d'exposition correspondante a été établie.

b) Lorsque la présence de SO₄²⁻ conduit aux classes d'exposition XA2 et XA3, il est essentiel d'utiliser un ciment résistant aux sulfates. S'il existe des classes de ciment résistant aux sulfates, il convient d'utiliser des ciments offrant une résistance moyenne ou élevée aux sulfates pour la classe d'exposition XA2 (et XA1 lorsque c'est applicable). Il convient d'utiliser un ciment ayant une résistance aux sulfates élevée pour la classe d'exposition XA3.

L'approche traditionnelle : Version Française

Deux tableaux NA. F.1 et NA. F.2

(Plus 2 tableaux NA. F.3 et NA.F.4 pour les bétons d'ingénierie)

Les valeurs limites pour les bétons utilisés en France sont données dans le Tableau NA.F.1, sauf dans le cas de bétons destinés aux produits préfabriqués en usine pour lesquels le Tableau NA.F.2 s'applique excepté quand :

- la référence au Tableau NA.F.1 est explicite

- les produits sont couverts par une norme prévoyant des conditions d'environnement et fixant des exigences de durabilité spécifiques (alors seule la norme concernée s'applique).

Concevoir, construire et gérer des structures durables en béton

Approche performantielle et évolutions normatives

Tableau NA.F.1

Tableau NA.F.1 — Valeurs limites applicables en France pour la composition et les propriétés du béton en fonction de la classe d'exposition

| | | X0 | XC1 | XC2 | XC3 | XC4 | XS1 | XS2 | XS3 | XD1 | XD2 | XD3 | XF1 ^{a)} | XF2 ^{a)} | XF3 ^{a) b)} | XF4 ^{a) b)} | XA1 | XA2 | XA3 | | |
|--|------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|--------------------|----------|--------|------|------|
| Rapport $E_{eff}/liant$ éq maximal ^{c)} | | — | 0,65 | 0,65 | 0,60 | 0,60 | 0,55 | 0,55 | 0,50 | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,60 | 0,55 | 0,55 | 0,45 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | | |
| Classe de résistance minimale | | — | C20/25 | C20/25 | C25/30 | C25/30 | C30/37 | C30/37 | C35/45 | C25/30 | C30/37 | C35/45 | C25/30 | C25/30 | C30/37 | C30/37 | C30/37 | C35/45 | C40/50 | | |
| Teneur mini en liant éq (kg/m ³) ^{d)} | | 150 | 260 | 260 | 280 | 280 | 330 | 330 | 350 | 280 | 330 | 350 | 280 | 300 | 315 | 340 | 330 | 350 | 360 | | |
| Teneur minimale en air (%) | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4 ^{e) k)} | 4 ^{e)} | 4 ^{e)} | — | — | — | | |
| Essai(s) de performances ^{m)} | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | NF P 18-425 et XP P 18-420 | NF P 18-425 (ou NF P 18-424) | NF P 18-425 (ou NF P 18-424) et XP P 18-420 | — | — | — | | |
| Combinaison CEM I + addition | Rapport maximal $A/(A+C)$ | Cendres volantes | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,15 ^{o)} | 0,30 | 0,30 | 0,30 | |
| | | Fumées de silice | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | |
| | | Métakaolin type A | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | |
| | | Laitier moulu | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,15 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| | | Addition calcaire catégorie A | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,30 | 0,05 | 0,05 | 0,30 | 0,25 | 0,25 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | | Addition calcaire catégorie B | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,25 | 0,05 | 0,05 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Addition siliceuse de minéralogie QZ | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,25 | 0,15 | 0,15 | 0,25 | 0,20 | 0,20 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | |
| Combinaison CEM III/A + addition | Rapport maximal $A/(A+C)$ | Cendres volantes | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | |
| | | Fumées de silice ^{q)} | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | |
| | | Métakaolin type A ^{q)} | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | |
| | | Laitier moulu | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| | | Addition calcaire catégorie A | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | | Addition siliceuse de minéralogie QZ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Nature du ciment | | — | — | — | — | — | PM ^{h)} | PM ^{h)} | — | — | — | — | — | — | — | i) | j) o) | j) n) p) | j) | | |

- 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, il est souhaitable d'avoir recours à des essais complémentaires (pour l'environnement XF3 : NF P 18-424 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 équivalent à ajouter (+) ou à déduire (-) en pourcentage de la valeur indiquée, en fonction de la dimension nominale supérieure du plus gros granulats, exprimée en millimètre est $D \leq 12,5$: + 10 % ; $D = 14$: + 7,5 % ; $D = 16$: + 5 % ; $D = 22,4$: - 2,5 % ; $D \geq 31,5$: - 10 %. En cas de béton précontraint, la teneur minimale en liant équivalent ne pourra pas être inférieure à 280 kg/m³ pour XC1 et XC2 et à 300 kg/m³ pour les autres cas (soit XC3, XC4, XF1 et XD1).
- e) Le respect de cette valeur nécessite l'utilisation d'un agent entraîneur d'air. Il est possible de déroger à la teneur minimale en air pour les bétons à haute performance en appliquant les Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel.
- f) Pour l'environnement XF4, l'utilisation de cendres volantes peut induire des difficultés à entraîner de l'air dans le béton. Il est recommandé de n'utiliser dans ce cas que des cendres de catégorie A selon NF EN 450-1 et de renforcer le contrôle de la quantité d'air occlus.
- g) Les ciments de type CEM III/A-D, CEM III/A-Q ou CEM III/A-M contenant des fumées de silice ou des pouzzolanes naturelles calcinées ne doivent pas être utilisés.
- h) La composition de l'addition (teneur en sulfures, en sulfates, etc.) doit être telle que le liant respecte les exigences de NF P 15-317.
- i) En cas d'utilisation de sels de déverglaçage, utiliser un ciment SR conforme à la NF EN 197-1 dont la teneur en SO₃ ne doit pas excéder 3,5 % pour les SR 0 et les SR 3 et 2,5 % pour les SR 5 et dont, pour les ciments CEM I et CEM II, les teneurs en C3A et C4AF du clinker doit satisfaire à la condition suivante : (C4AF) + 2 (C3A) ≤ 20 %, ou un ciment conforme à NF P 15-317 (PM) ou NF P 15-319 (ES). S'il est prévu de n'utiliser que des sels de déverglaçage conformes aux classes A ou B de NF P 98-180, ou conformes à XP P 98-181, pendant toute la vie de l'ouvrage, il est possible de déroger à cette exigence.
- j) Pour le choix du ciment et des additions, se référer à FD P 18-011
- k) Il est possible de déroger à la teneur minimale en air occlus pour les bétons conformes aux spécifications de la classe d'exposition XD3, dans les conditions définies en NA.5.3.2.2.
- l) Ce rapport est défini au § NA.5.2.5.2.1.
- m) Pour la résistance au gel avec ou sans sels de déverglaçage (classes XF2, XF3 et XF4), l'utilisation des essais de performance (NF P 18-424 ou NF P 18-425, XP P 18-420 le cas échéant) et le respect des seuils associés à ces essais peuvent se substituer aux obligations concernant la teneur minimale en air (pour les classes XF2, XF3 et XF4).
- n) Lorsque la classe d'agressivité résulte de la présence de sulfates, si la teneur en sulfates excède 1500 mg/l, utiliser un ciment conforme à la NF EN 197-1 dont la teneur en SO₃ ne doit pas excéder 3,5 % pour les SR 0 et les SR 3 et 2,5 % pour les SR 5 et dont, pour les ciments CEM I et CEM II, les teneurs en C3A et C4AF du clinker doit satisfaire à la condition suivante : (C4AF) + 2 (C3A) ≤ 20 %, et si la teneur en sulfates est comprise entre 600 et 1500 mg/l, il est en outre possible d'utiliser un ciment conforme à NF P 15-317 (PM).
- o) En cas d'utilisation d'un CEM III/A en classe d'agressivité résultant de la présence d'acide, utiliser un ciment SR conforme à la NF EN 197-1 dont la teneur en SO₃ ne doit pas excéder 3,5 % pour les SR 0 et les SR 3 et 2,5 % pour les SR 5 et dont les teneurs en C3A et C4AF du clinker satisfont à la condition suivante : (C4AF) + 2 (C3A) ≤ 20 % ou un CEM III/A conforme à NF P 15-317 (PM) ou NF P 15-319 (ES).
- p) En cas d'utilisation d'un CEM III/A en classe d'agressivité résultant de la présence d'acide, utiliser un ciment SR conforme à la NF EN 197-1 dont la teneur en SO₃ ne doit pas excéder 3,5 % pour les SR 0 et les SR 3 et 2,5 % pour les SR 5 et dont, les teneurs en C3A et C4AF du clinker satisfont à la condition suivante : (C4AF) + 2 (C3A) ≤ 20 % ou un CEM III/A conforme à NF P 15-319 (ES).

NOTE Pour le choix de la classe d'exposition, voir 4.1 et NA.4.1.

Tableau NA F1 (extrait)

Les critères de formulation

- Rapport E/C
- Teneur en liant
- Classe de résistance
- % maximal d'addition

Autres critères additionnels

- Teneur en air occlus
- Nature du ciment

| | | X0 | X01 | |
|--|--------------------------------------|---|--------|------|
| Rapport $f_{cm}/liant$ éq maximal ^{cl} | | — | 0,65 | |
| Classe de résistance minimale | | — | C20/25 | |
| Teneur mini en liant éq (kg/m ³) ^{cl-dl} | | 150 | 260 | |
| Teneur minimale en air (%) | | — | — | |
| Essai(s) de performances ^{m0} | | — | — | |
| Combinaison CEM I + addition | Rapport maximal A/(A+C) ¹ | Cendres volantes | 0,30 | 0,30 |
| | | Fumées de silice | 0,10 | 0,10 |
| | | Métakaolin type A | 0,15 | 0,15 |
| | | Laitier moulu | 0,30 | 0,30 |
| | | Addition calcaire catégorie A | 0,30 | 0,30 |
| | | Addition calcaire catégorie B | 0,25 | 0,25 |
| | | Addition siliceuse de minéralogie QZ | 0,25 | 0,25 |
| Combinaison CEM II/A + addition | Rapport maximal A/(A+C) ¹ | Cendres volantes | 0,20 | 0,20 |
| | | Fumées de silice ^{m0} | 0,10 | 0,10 |
| | | Métakaolin type A ^{m0} | 0,10 | 0,10 |
| | | Laitier moulu | 0,20 | 0,20 |
| | | Addition calcaire catégorie A | 0,10 | 0,10 |
| | | Addition siliceuse de minéralogie QZ | 0,00 | 0,00 |
| Nature du ciment | | — | — | |

Tableau NA.F.2

Tableau NA.F.2 — Valeurs limites applicables en France pour la composition et les propriétés du béton des produits en béton préfabriqués en usine en fonction de la classe d'exposition

| | | X0 | XC1 | XC2 | XC3 | XC4 | XS1 | XS2 | XS3 | XD1 | XD2 | XD3 | XF1 ^{a)} | XF2 ^{a)} | XF3 ^{a)} | XF4 ^{a)} | XA1 | XA2 | XA3 | |
|---|---|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|--------|--------|--------|-------------------|----------------------------|------------------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Combinaison CEM I + addition | Rapport E _{eff} /liant éq. maximal ^{b)} | – | 0,60 | 0,60 | 0,55 | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,40 | 0,50 | 0,45 | 0,40 | |
| | Classe de résistance minimale | C20/25 ^{c)} | C25/30 ^{d)} C30/37 | C25/30 ^{d)} C30/37 | C35/45 | C35/45 | C35/45 | C35/45 | C40/50 | C35/45 | C35/45 | C40/50 | C35/45 | C35/45 | C35/45 | C35/45 | C35/45 | C35/45 | C40/50 | C40/50 |
| | Absorption d'eau maximale (%) | – | 7 | 7 | 6,5 | 6,5 | 6 | 6 | 5,5 | 6,5 | 6 | 5,5 | 6,5 | 5 ^{e)} | 5 ^{e)} | 4 ^{e)} | 4 ^{e)} | 6 | 5,5 | 5 |
| | Teneur minimale en air (%) ^{f)} | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 4 ^{h)} | 4 ^{h)} | 4 ^{h)} | – | – | – | |
| Essai(s) de performances ^{g)} | | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | NF P 18-425 | NF P 18-425 et XP P 18-420 | NF P 18-425 (ou NF P 18-424) | NF P 18-425 (ou NF P 18-424) et XP P 18-420 | – | – | – | |
| Combinaison CEM I/A + addition maximale | Rapport maximal A/(A+C) ^{e)} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cendres volantes | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,15 ^{j)} | 0,30 ^{h)} | 0,30 ^{h)} | 0,30 |
| | Fumées de silice | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| | Métakaolin type A | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| | Laitier moulu | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,15 | 0,30 ^{h)} | 0,30 ^{h)} | 0,30 |
| | Addition calcaire catégorie A | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,30 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,25 | 0,25 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Addition calcaire catégorie B | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,25 | 0,05 | 0,05 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Addition siliceuse de minéralogie QZ | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,25 | 0,15 | 0,15 | 0,25 | 0,20 | 0,20 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Combinaison CEM I/A + addition maximale | Rapport maximal A/(A+C) ^{e)} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cendres volantes | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| | Fumées de silice ^{h)} | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| | Métakaolin type A ^{h)} | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| | Laitier moulu | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| | Addition calcaire catégorie A | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Addition siliceuse de minéralogie QZ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Nature du ciment | – | – | – | – | – | – | PM ^{h)} | PM ^{h)} | – | – | – | – | – | – | – | – | II ^{o)} | II ^{o)} | II ^{o)} |

- a) La composition de l'addition (teneur en sulfures, en sulfates, etc.) doit être telle que le liant respecte les exigences de NF P 15-317.
- b) Exigence applicable à la charge telle que définie en 3.1.3.8.
- c) Pour les bétons non précontraints.
- d) Absorption d'eau mesurée selon le mode opératoire défini dans l'annexe G de NF EN 13369. Pour les fréquences de contrôle des absorptions d'eau, se référer à NF EN 13369.
- e) Pour les classes XF3 et XF4, les granulats doivent être non gélifs au sens de NF P 18-545. 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, il est souhaitable d'avoir recours à des essais complémentaires (pour l'environnement XF3 : NF P 18-424 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.
- f) Pour le choix du ciment et des additions, se référer à FD P 18-011.
- g) Pour les classes XF2, XF3 et XF4, l'exigence sur l'absorption d'eau maximale est retenue uniquement lorsque le béton doit respecter les seuils associés aux essais de performance (NF P 18-424, NF P 18-425, XP P 18-420) et qu'il est réalisé sans agent entraîneur d'air. Lorsque le béton est réalisé avec un agent entraîneur d'air, il n'y a pas d'exigence sur l'absorption d'eau maximale, compte tenu du fait qu'une teneur en air élevée peut conduire à une absorption d'eau plus importante.
- h) Le respect de cette valeur nécessite l'utilisation d'un agent entraîneur d'air. Il est possible de déroger à la teneur minimale en air en utilisant les essais de performance (NF P 18-424 ou NF P 18-425 ou XP P 18-420) et les seuils correspondant (allongement relatif, fréquence de résonance, perte de matière) définis dans les Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel.
- i) Pour la résistance au gel avec ou sans sels de déverglaçage (classes XF1, XF2, XF3 et XF4), l'utilisation des essais de performance (NF P 18-424 ou NF P 18-425, XP P 18-420 le cas échéant) et le respect des seuils associés à ces essais peuvent se substituer aux obligations concernant la teneur minimale en air (pour les classes XF2, XF3 et XF4) ou aux obligations concernant l'absorption d'eau maximale (pour la classe XF1).
- j) Pour l'environnement XF4, l'utilisation de cendres volantes peut induire des difficultés à entraîner de l'air dans le béton. Il est recommandé de n'utiliser dans ce cas que des cendres de catégorie A selon NF EN 450-1 et de renforcer le contrôle de la quantité d'air occlus.
- k) Les ciments de type CEM III/A-D, CEM III/A-Q ou CEM III/A-M contenant des fumées de silice ou des pouzzolanes naturelles calcinées ne doivent pas être utilisés.
- l) Il est possible de déroger à la teneur minimale en air occlus pour les bétons conformes aux spécifications de la classe d'exposition XD3, dans les conditions définies en NA.5.3.2.2.
- m) Ce rapport est défini au § NA.5.2.5.2.1.
- n) Lorsque la classe d'agressivité résulte de la présence de sulfates, si la teneur en sulfates excède 1500 mg/l, utiliser un ciment conforme à NF P 15-319 (ES) ou un ciment SR conforme à la NF EN 197-1 dont la teneur en SO₃ ne doit pas excéder 3,5 % pour les SR 0 et les SR 3 et 2,5 % pour les SR 5 et dont, pour les ciments CEM I et CEM II, les teneurs en C3A et C4AF du clinker doit satisfaire à la condition suivante : (C4AF) + 2 (C3A) ≤ 20 %, et si la teneur en sulfates est comprise entre 600 et 1500 mg/l, il est en outre possible d'utiliser un ciment conforme à NF P 15-317 (PM).
- o) En cas d'utilisation d'un CEM III/A en classe d'agressivité résultant de la présence d'acide, utiliser un ciment SR conforme à la NF EN 197-1 dont la teneur en SO₃ ne doit pas excéder 3,5 % pour les SR 0 et les SR 3 et 2,5 % pour les SR 5 et dont les teneurs en C3A et C4AF du clinker satisfont à la condition suivante : (C4AF) + 2 (C3A) ≤ 20 % ou un CEM III/A conforme à NF P 15-317 (PM) ou NF P 15-319 (ES).
- p) En cas d'utilisation d'un CEM III/A en classe d'agressivité résultant de la présence d'acide, utiliser un ciment SR conforme à la NF EN 197-1 dont la teneur en SO₃ ne doit pas excéder 3,5 % pour les SR 0 et les SR 3 et 2,5 % pour les SR 5 et dont, les teneurs en C3A et C4AF du clinker satisfont à la condition suivante : (C4AF) + 2 (C3A) ≤ 20 % ou un CEM III/A conforme à NF P 15-319 (ES).

NOTE Pour le choix de la classe d'exposition, voir 4.1 et NA.4.1.

L'approche traditionnelle : Version Française

Les limites de l'approche

Peu de possibilités:

- D'innovations
- De prise en compte du concept de développement durable

Mal adapté aux ouvrages :

- Exceptionnels
- De durée d'utilisation supérieure à 50 ans

Exigences parfois difficile à concilier:

- XF4 et RSI par exemple

Faible possibilité de valorisation des ressources locales

Les concepts de performance équivalente dans la norme NF EN 206/CN

L'aptitude à l'emploi du concept de coefficient k et les principes des concepts de performance équivalente (concept de performance équivalente du béton (CPEB), concept de performance équivalente de combinaison (CPEC)) sont établis.

Les concepts de performance équivalente (voir 5.2.5.3 et 5.2.5.4) peuvent être employés pour l'utilisation d'additions lorsque leur aptitude à l'emploi a été établie.

NOTE : Il convient que l'établissement de l'aptitude à l'emploi résulte des dispositions en vigueur sur le lieu d'utilisation du béton.

Les concepts de performance équivalente dans la norme NF EN 206/CN

5.2.5.3 Principes du concept de performance équivalente du béton

- 1) Les principes du « **concept de performance équivalente du béton** » permettent de modifier les exigences relatives à la **teneur minimale en ciment** et au **rapport maximal eau/ciment** dans les cas où une ou plusieurs additions spécifiques sont utilisées avec un ou plusieurs ciments spécifiques.
- 2) L'équivalence de performance du béton avec celle d'un **béton de référence** conforme aux exigences de la classe d'exposition appropriée doit être prouvée, en particulier pour ce qui concerne son comportement vis-à-vis des actions dues à l'environnement.
- 3) Le concept doit uniquement être utilisé pour des ciments conformes à l'EN 197-1 avec une ou plusieurs additions.

NOTE 1 : Les dispositions en vigueur sur le lieu d'utilisation peuvent imposer des restrictions vis-à-vis des types de ciment et des catégories de perte au feu des cendres volantes, afin d'adapter la composition aux ciments actuellement autorisés.

NOTE 2 : Le CEN/TR 16639 fournit des informations plus détaillées sur ce concept.

La commission de normalisation AFNOR/P18B a décidé, lors de sa réunion du 2 juillet 2013, de ne pas reprendre ce document européen comme fascicule de documentation en France.

Les concepts de performance équivalente dans la norme NF EN 206/CN

Principes du concept de performance équivalente de combinaison

- 1) Les principes du « concept de performance équivalente de combinaison » autorisent une gamme définie de **combinaisons de ciment et d'addition(s)** dont l'aptitude à l'emploi a été établie. Les exigences de **rapport maximal eau/ciment** et de **dosage minimal en ciment** spécifiée s'appliquent à cette combinaison
- 2) Les étapes de la méthode sont les suivantes :
 - identifier un type de ciment conforme à une Norme européenne relative aux ciments et dont la composition est identique ou similaire à la combinaison prévue ;
 - évaluer si les bétons produits avec la combinaison présentent une résistance et une durabilité similaires aux bétons fabriqués avec le type de ciment identifié pour la classe d'exposition concernée ;
 - mettre en place un contrôle de la production qui garantit que ces exigences relatives aux bétons constitués de la combinaison sont définies et satisfaites.

NOTE : Le CEN/TR 16639 fournit des informations sur l'application de ce concept dans trois États membres du CEN.

La commission de normalisation AFNOR/P18B a décidé, lors de sa réunion du 2 juillet 2013, de ne pas reprendre ce document européen comme fascicule de documentation en France.

La conception performantielle dans la norme NF EN 206/CN

5.3.3 Méthodes performantielles

- 1) Les exigences liées aux classes d'exposition peuvent être établies en utilisant des méthodes performantielles pour la durabilité et peuvent être spécifiées en termes de paramètres performantiels, par exemple une mesure d'écaillage du béton au cours d'un essai de gel-dégel.
- 2) **L'utilisation d'une méthode performantielle est soumise aux dispositions en vigueur sur le lieu d'utilisation du béton.**

NOTE : Une série de méthodes d'essai performantielles européennes est en cours d'élaboration, par exemple la CEN/TS 12390-9 (**écaillage**), la CEN/TS 12390-10 (**carbonatation**), la CEN/TS 12390-11 (**diffusion des chlorures**) et le CEN/TR 15177 (**gel interne**) ; les conditions cadres pour le mode opératoire de détermination de la durabilité équivalente ont été publiées en tant que **CEN/TR 16563**.

Effets du gel et des sels de déverglaçage

Carbonatation

Un peu d'histoire

Sulfates

Attaque des chlorures

Les premiers pas Européens

En 1990, les TC 51 (Ciment) et TC 104 (Béton) créent conjointement le

TC 51(TC104)/ JWG 12 : « Additional performance criteria »

Le but de ce WG est de sélectionner des critères de performance et de mettre au point des méthodes d'essais associées.

Pour cela le WG 12 crée plusieurs TG (Task Groups)

Sulfates

TG1 : Résistance aux sulfates (Ciment et béton)

TG2 : Revue documentaire des normes nationales sur les ciments résistant aux sulfates

Pour mémoire

TG3 : Chaleur d'hydratation des ciments

Effets du gel et des sels de déverglaçage

TG4 : Résistance gel dégel des bétons

Attaque des chlorures

Carbonatation

TG5 : Protection des armatures

Carbonatation

Pénétration des chlorures

Pour mémoire

TG6 : Lixiviation (Eau potable, SDR)

Le point à ce jour

Sulfates

TG1

Essais non discriminants ne permettant pas de fixer une limite normalisée

Pas d'essais béton européens représentatifs

(Délais trop long et problèmes de prise en compte des points de faiblesses)

Concentration en sulfates très élevés donnent gypse au lieu d'étringite

Les modèles de diffusion ne fonctionnent pas

Sulfates

Le point à ce jour

Décision de confier le sujet à NANOCEM
(Polytechnique Lausanne)

Les thèses soutenues à ce jour ne lèvent
pas les interrogations au niveau du
processus d'attaque sulfatique

Nouvelles thèses en cours

Travaux confiés à la RILEM (début en sept
2013)

Publication d'un CEN/TR sur l'état de l'art
des essais

Norme ciments résistants aux sulfates (SR)
sur CEM I, CEM III B / C et CEM IV

Révision programmée de la norme
NF P 15-319 pour couvrir les autres
ciments (ES) CEM II; CEM V; CNP; CAC

Norme ciment mais béton ?

TECHNICAL REPORT

CEN/TR 15697

RAPPORT TECHNIQUE

TECHNISCHER BERICHT

April 2008

ICS 91.100.10

English Version

Cement - Performance testing for sulfate resistance - State of
the art report

Ciment - Essais de performances relatifs à la résistance
aux sulfates - État de l'art

Zement - Prüfung der Leistungsfähigkeit hinsichtlich des
Sulfatwiderstands - Bericht zum Stand der Technik

This Technical Report was approved by CEN on 6 November 2007. It has been drawn up by the Technical Committee CEN/TC 51.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.



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

Management Centre: rue de Stassart, 35 B-1060 Brussels

©2008 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved
worldwide for CEN national Members.

Ref. No. CEN/TR 15697:2008: E

Effets du gel et des sels de déverglaçage

Le point à ce jour

TG4

Ecaillage: Un essai de référence « Plaque » scandinave

Délai environ 3mois

Deux critères: Masse d'écailles à 56 cycles < limite donnée et

Masse d'écailles à 56 cycles < 2 x M é à 28 cycles

Mais : pas de reproductibilité reste un TS et non une norme

Gel interne : pas de consensus européen

300 cycles mais en France 4 cycles/j, ailleurs 1/j

Ne permet pas de classer les bétons

Attaque des chlorures

Le point à ce jour

TG5

Le WG 12 TG 5 a repris le travail

Méthode de diffusion naturelle
adoptée (mais en TS)

Méthode de migration sous champ
électrique doit être confiée à la
Rilem

CEN/TC 51/WG 12
Additional Performance Criteria



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

CEN/TC 51/WG 12 DOC. N 217
May 2008

1 TO CONSIDER: X

2 SUBJECT/TITLE

"Testing Hardened concrete – Part xx: Determination of the chloride resistance of concrete, unidirectional diffusion" – draft for comments edited by CEN/TC 51(TC 104)/JWG 12/TG 5 convened by T. Harrison

3 SITUATION/BACKGROUND

This document includes the modifications of a preliminary draft circulated as CEN/TC 51(TC 104)/JWG 12 doc. N 214, agreed during the last meeting of JWG 12 -Milan, 2008-02-27

4 PROPOSAL

Is submitted to CEN/TC 51 and CEN/TC 104/SC 1 Secretariats for circulation within CEN/TC 51 and CEN/TC 104 - CEN/TC 104/SC 1. The comments if any, shall be returned to this WG 12 Secretariat within the end of July 2008.

Carbonatation

Le point à ce jour

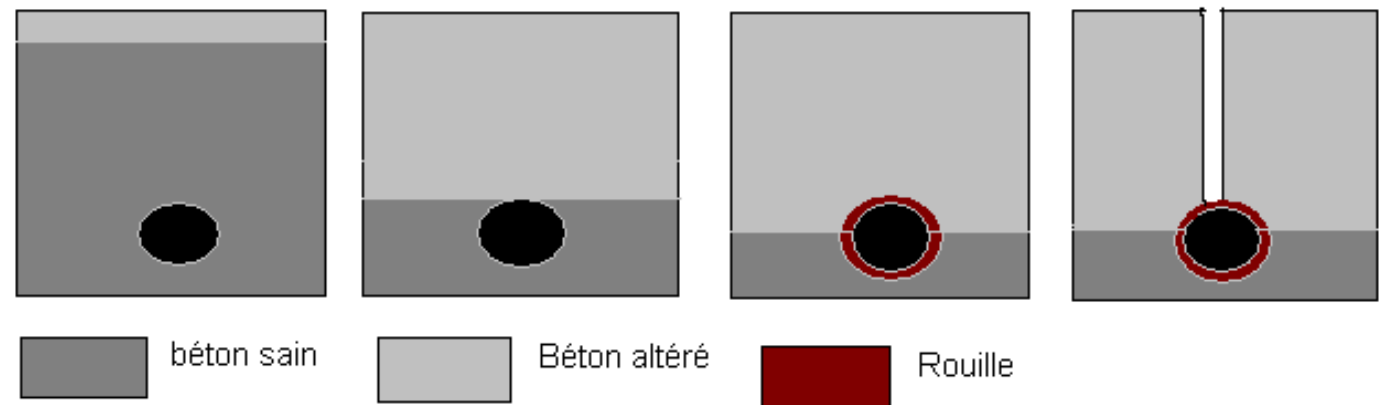
TG5

Méthode RILEM pour carbonatation (2 ans)

Cette méthode permet un classement des bétons, mais pas de valeur absolue

Le TG5 a produit un TS pour l'utilisation en comparatif par rapport à un béton de référence

Le projet de TS sur carbonatation accélérée a été abandonné (temporairement) après un vote négatif



Le CEN TR 16563

Lors de la réunion du TC 104 de Stockholm en juin 2007, il a été décidé la création d'un TG 17 : « Concept de performance équivalente des bétons », devenu depuis « Concept de durabilité équivalente des bétons »,

Le TG 17 a rédigé un CEN TR sur le sujet

Il s'agit d'un projet de concept d'approche performantielle pour des développements nationaux

CEN/TC 104

Date: 2013-02

FprCEN/TR 16563:2013

CEN/TC 104

Secrétariat: DIN

Principes de la procédure de durabilité équivalente

Principles of the equivalent durability procedure

ICS : 91.100.30

Descripteurs :

Type de document : Rapport technique
Sous-type de document :
Stade du document : Vote Formel
Langue du document : F

Le CEN TR 16563

Avant propos National (en cours de publication)

Ce rapport technique fournit des lignes directrices aux organismes nationaux de normalisation qui souhaitent établir une Procédure de durabilité équivalente (PDE) dans leurs dispositions nationales relatives à l'EN 206, en conséquence, ce rapport technique ne constitue pas une procédure de la spécification du béton et de son évaluation de conformité applicable en l'état.

En particulier, en 7.4, il est précisé que « L'application de cette procédure au niveau national nécessite un document d'application national (DAN) »

Un projet national, le projet PerfDub, dont le lancement est prévu en 2014, a pour but d'aboutir à de nouvelles dispositions normatives pour la spécification du béton qui constitueront l'ossature de ce futur DAN

Dans le domaine des ouvrages de génie civil, le fascicule 65 du CCTG (révisé en 2014 et en cours de validation et signature) propose une première approche, basée sur 2 méthodes différentes:

- L'une basée sur les indicateurs de durabilité (spécifiquement française)
- L'autre basée sur le principe de durabilité équivalente
- En l'absence de normes européennes d'essais accélérés de durabilité, ces deux approches s'appuient sur une série de méthodes d'essais mises au point en France.

Conclusions (Niveau européen)

Il y a aujourd'hui un problème de disponibilité des essais de performance

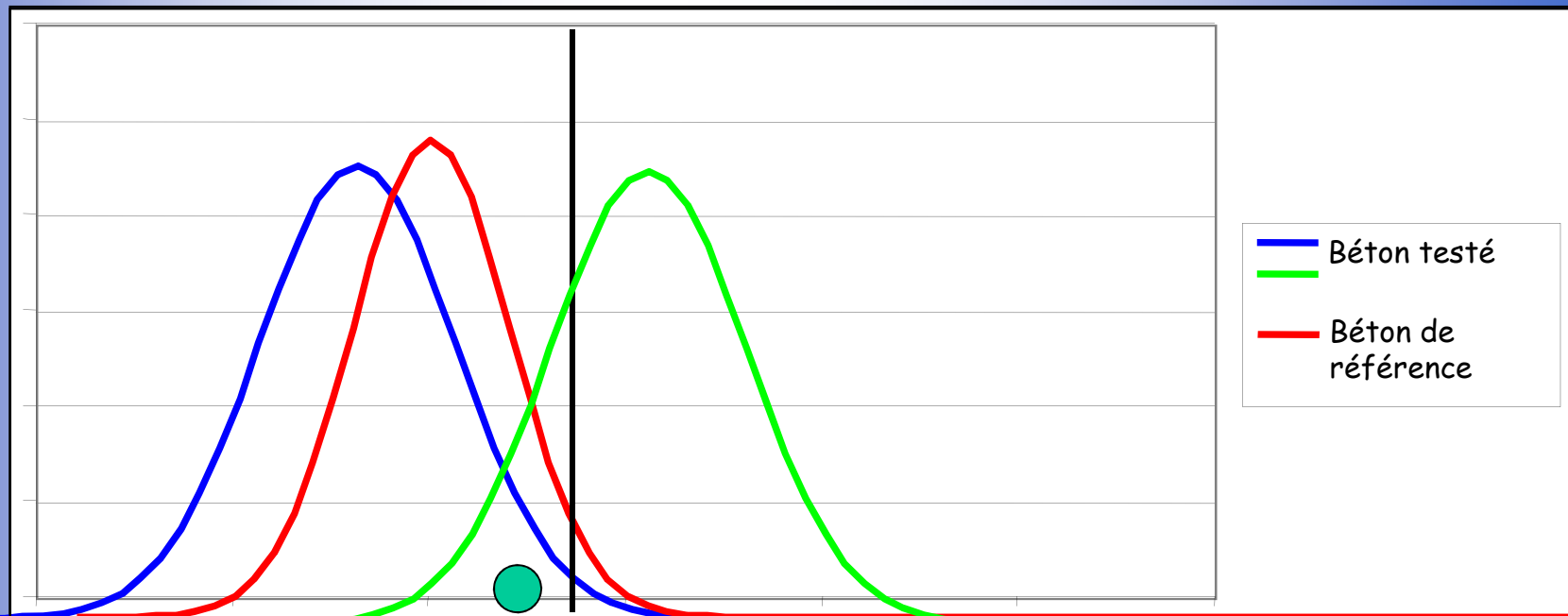
Bon espoir d'aboutir pour Carbonatation et chlorures, donc classes XC/XD/XS

Pas d'essais européens validés pour sulfates donc pour les classes XA

Essai de gel (écaillage) non classant, pas d'essai de gel interne (classes XF)

La méthodologie doit être précisée, notamment prise en compte de méthodes statistiques pour l'évaluation des populations

Le choix du béton de référence doit être précisé



Conclusions (Niveau européen)

En Europe, il y a une prise de conscience que le sujet est important et « d'avenir »

Mais l'approche Européenne est une approche « pragmatique » validée par des essais comparatifs

L'approche « indicateurs » développée en France demandera du temps pour être validée au niveau international.

Un projet national « PerfDub » est à l'étude pour aider au développement du concept au niveau Français

Evaluation de la conformité

Développement des essais

Concevoir, construire et gérer des structures durables en béton

Approche performantielle et évolutions normatives

**Merci de
votre
attention**

