Fascicule FD P 18-011 : environnements agressifs des bétons armés ou précontraints

Novembre 2020

Le Fascicule de Documentation FD P 18-011 définit les environnements agressifs pour les bétons armés et les bétons précontraints, ainsi que les classes d'agressivités correspondantes. Il recommande les mesures préventives dans la formulation des bétons résistants à ces environnements agressifs, afin d'assurer leur durabilité.

Le fascicule de documentation FD P 18-011 - Définition et classification des environnements agressifs : recommandations pour la formulation des bétons (novembre 2015) :

- décrit les modes d'actions des environnements chimiquement agressifs
- définit les **classes d'agressivité chimique** et les classes d'exposition aux attaques chimiques (XA1 / XA2 / XA3)
- définit des mesures de protection des ouvrages en fonction des conditions environnementales agressives auxquelles ils sont soumis
- fournit des recommandations pour le **choix des ciments**, des additions et pour la **formulation** et la fabrication des bétons destinés à des structures soumises à des environnements agressifs

Il est complémentaire de la norme NF EN 206/CN pour les bétons et de la norme NF EN 13669 pour les produits préfabriqués en béton.

NOTA : la définition de l'agressivité chimique, et en particulier la collecte d'informations concernant la composition chimique des milieux avec lesquels les bétons seront en contact, relève de la responsabilité du maitre d'œuvre.

Facteurs influençant l'agressivité pour un béton

Ils sont nombreux :

- humidité relative : atmosphère sèche (hr < 65 %), humide (65 % <hr< 80 %), très humide (hr > 80 %)
- température : si elle augmente, la vitesse de réaction croît ; les dégradations peuvent aussi être importantes à basse température
- cycles de température et d'humidité relative
- mobilité du milieu : gaz et solutions
- concentration de l'agent agressif
- durée d'exposition à l'agent agressif
- présence de micro-organismes

Norme NF EN 206/CN

La norme NF EN 206 /CN spécifie, dans les tableaux NAF1 à NAF4, les exigences relatives aux bétons en fonction des classes d'exposition. Pour les classes d'exposition XA1, XA2 et XA3 qui correspondent respectivement à des environnements à faible, modérée ou forte agressivité chimique, elle précise qu'il convient de se référer au fascicule FD P 18-011 pour le choix du ciment.

Article NA 4.1.7 - Attaques chimiques

En complément du tableau 2 de la norme, il convient de se reporter au fascicule de documentation FD P 18-011.

Ce fascicule sert de référence pour le choix du liant (ciment et addition) en fonction de la classe d'exposition.

NOTA : l'attention du prescripteur est attirée sur le fait que, pour les environnements agressifs dans les milieux industriels? une étude spécifique est nécessaire pour déterminer l'exposition du béton.

NOTA : pour les classes d'exposition XA1 à XA3, l'attention du prescripteur est attiré sur le fait que la seule imposition d'une classe XA ne permet pas de déterminer l'enrobage conformément à la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale. Il convient de préciser les classes d'exposition concomitantes retenues vis-à-vis des risques de corrosion des armatures (XC, XS ou XD).

Classes d'agressivité chimique

La norme NF EN 206/CN définit 3 classes d'exposition correspondant à 3 niveaux d'agressivité chimique :

- **XA1** Environnement à faible agressivité chimique
- **XA2** Environnement d'agressivité chimique modérée
- **XA3** Environnement à forte agressivité chimique

Différents types d'agressivité :

- Agressivité des eaux en fonction de leur concentration en agents agressifs : C02, SO4, Mg, NH4, …
- Agressivité des sols : SO4 , acidité…
- Agressivité des gaz : SO4, H2S

NOTA : lorsque plusieurs agents agressifs sont présents avec des concentrations conduisant à un classement XA3, la classe d'exposition demeure XA3.

Lorsqu'au moins un agent agressif présente une concentration dépassant la limite de la classe XA3, il convient de prévoir une protection externe (enduit, peinture) ou interne (imprégnation).

Environnements chimiquement agressifs

Le fascicule définit les environnements chimiquement agressifs pour les bétons non-armés, armés et précontraints. Il distingue 3 milieux agressifs :

- **milieux liquides** :
- **eaux pures** : eaux faiblement minéralisées qui peuvent lessiver les constituants les plus solubles du béton (portlandite).
- **solutions acides**: pH inférieur à 7
- Acides minéraux : HCl, HNO_3, H_2SO_4 - fort effet dissolvant sur les ciments
- Acides organiques : acide acétique, lactique, formique - attaquent les constituants calcaire du ciment
- Acides humiques
- **solutions basiques** : pH supérieur à 7
- **solutions salines** :
- Chlorures ou sulfates de magnésium
- Chlorures ou sulfates et nitrates d'ammonium
- Chlorures, sulfures, carbonates
- Eau de mer : ions chlorure (Cl^-), ions sulfate (SO_4^{2-}), ions magnésium (Mg^{2+}).
- **graisses et huiles acides**
- **milieux gazeux** : gaz, vapeur, agressivité des gaz en présence d'eau ou d'humidité
- Anhydride sulfureux : SO2
- Acide sulhydrique : H2S
- Anhydride carbonique : CO2
- **milieux solides** : sols naturels, remblais, sols contenant des sulfates, ...

L'agressivité des sols est fonction de l'eau qu'ils contiennent et des circulations d'eaux, sulfates, acides carboniques, acides organiques.

Pour chaque environnement agressif, correspondant aux classes d'exposition XA1, XA2 et XA3, le fascicule donne des recommandations sur le choix du type de ciment pour les milieux contenant des sulfates, les milieux acides et l'eau pure.

Définition des classes d'agressivité chimique

Agressivité des eaux

Agent agressif	Norme d'essai	Classe d'agressivité selon NF EN 206/CN		
		XA1	XA2	XA3
CO_2 agressif (mg/l)	NF EN 13577	≥ 15 et ≤ 40	> 40 et ≤ 100	>100 Jusqu'à saturation
SO_4^{2-} (mg/l)	NF EN 196-2	≥ 200 et ≤ 600	> 600 et ≤ 3 000	> 3 000 et ≤ 6 000

Mg^{2+} (mg/l)	NF EN ISO 7980	≥ 300 et ≤ 1 000	> 1 000 et ≤ 3 000	> 3 000 Jusqu'à saturation
NH_4^+ (mg/l)	ISO 7150-1 ou ISO 7150-2	≥ 15 et ≤ 30	> 30 et ≤ 60	> 50 et ≤ 100
pH	NF T 90-008	≤ 6,5 et ≥ 5,5	< 5,5 et ≥ 4,5	< 4,5 et ≥ 4,0
TAC (mé/l)	NF EN ISO 9963-1 et NF EN ISO 9963-2	≤ 1,0 et ≥ 0,4	< 0,4 et ≥ 0,1	< 0,1

Agressivité des sols

Agent agressif	**Norme d'essai**	**Classe d'agressivité selon NF EN 206/CN**		
		XA1	XA2	XA3
SO_4^{2-} (mg/kg de sol séché à 105 °C ± 5 °C)	NF EN 196-2	≥ 2 000 et ≤ 3 000	> 3 000 et ≤ 12 000	> 12 000 et ≤ 24 000
Degré d'acidité	Annexe A	> 200	-	-

Agressivité des gaz

Agent agressif	**Norme d'essai**	**Classe d'agressivité selon NF EN 206/CN**		
		XA1	XA2	XA3
SO_2 (mg/m^3)	NF EN 14794	≥ 0,15 et ≤ 0,5	> 0,5 et ≤ 10	> 10 et ≤ 200
H_2S (mg/m^3)	NF EN ISO 19739	< 0,10	≥ 0,1 et ≤ 10	> 10 et ≤ 200

Exemples de recommandations pour le choix du ciment

Milieu contenant des sulfates (sols)

Classe d'exposition	**Choix du Ciment**
XA1	Pas de recommandations particulières
XA2	Ciments SR conformes à la norme NF EN 197-1 Ciments conformes à la norme NF P 15-317 (PM) ou NF P 15-319 (ES)
XA3	Ciments SR conformes à la norme NF EN 197-1 Ciments conformes à la norme NF P 15-319 (ES)

Les ciments SR conformes à la norme NF EN 197-1 doivent respecter les spécifications complémentaires données au paragraphe NA.F.1. de la norme NF EN 206/CN :

- Teneur en SO3 ≤ 3,5 % pour les CEM I SR 0 et SR 3 et ≤ 2,5 % pour les CEM I SR 5
- Teneur en C3A et C4AF du clinker telle que la condition suivante : (C4AF) + 2 (C3A) ≤ 20% soit satisfaite pour les ciments CEM I et CEM II.

Milieux acides et eaux pures

Classe d'exposition	**Choix du Ciment**
XA1	CEM II/BS, CEM II/B-V, CEM II/B-P, CEM II/B-Q, CEM II/B-M(S-V) CEM III/A conformes aux norme NF EN 197-1 et NF EN 197-4 Ciments conformes aux normes NF P 15-317 ou NF P 15319 CEM IV/A et B conformes a la norme NF EN 197-1 Ciments SR conformes à la norme NF EN 197-1
XA2	CEM II/B S, CEM II/B-V, CEM II/B-P, CEM II/B-Q, CEM II/B-M(S-V) CEM III/A conformes aux norme NF EN 197-1 et NF EN 197-4 Ciments conformes aux normes NF P 15-317 ou NF P 15-319 CEM IV/ B conformes à la norme NF EN 197-1 Ciments SR conformes à la norme NF EN 197-1 CEM V conformes à la norme NF P 15-319 (ES)
XA3	CEM III/A,B,C , CEM V/A et B conformes à la norme NF P 15-319 Ciments sursulfatés conformes à la norme NF P 15-313 Ciments d'aluminates de calcium conformes à la norme NF EN 14647 CEM IV /B conformes à la norme NF EN 197-1

Sommaire du fascicule FD P 18-011

1. Domaine d'application
2. Références normatives
3. Généralités
4. Définition des environnements chimiques agressifs
5. Mode d'action des environnements chimiquement agressifs
5.1. Milieux liquides
5.2. Milieux gazeux
5.3. Milieux solides
6. Classification des environnements chimiquement agressifs et recommandations pour le choix des ciments et des additions
6.1. Classes d'agressivité chimique
6.2. Définition des classes d'exposition aux attaques chimiques
6.3. Recommandations pour le choix des ciments
6.4. Recommandations pour le choix des additions
7. Recommandations pour la formation et la fabrication des bétons, à l'exclusion des produits manufacturés en béton couverts par des normes spécifiques
7.1. Généralités
7.2. Cas particuliers des produits manufacturés relevant de la norme NF EN 13369
7.3. Cas particulier de formulations de bétons spécialement étudiées pour résister à certaines agressions chimiques
Annexe A (informative) Degré d'acidité des sols selon Baumann-Gully
Bibliographie

Auteur

Patrick Guiraud



Retrouvez toutes nos publications sur les ciments et bétons sur infociments.fr

Consultez les derniers projets publiés
Accédez à toutes nos archives
Abonnez-vous et gérez vos préférences
Soumettez votre projet

Article imprimé le 23/11/2026 © infociments.fr