

Chapitre

# 3

## Le contexte normatif des bétons

### **3.1 Introduction**

### **3.2 Norme NF EN 206-1**

### **3.3 Normes pour les produits préfabriqués en béton**

## 3.1 Introduction

La résistance du béton, aux diverses conditions environnementales auxquelles il est soumis pendant la durée de service prévue de la structure, est conditionnée notamment par le respect de spécifications sur le béton.

Ces exigences concernent en particulier les bétons structuraux de bâtiments et d'ouvrages de génie civil. Pour ces bétons, les spécifications sont définies dans la norme NF EN 206-1 ou dans les normes de produit :

- les bétons coulés en place, qu'ils soient réalisés par un producteur de béton prêt à l'emploi ou sur le chantier, destinés aux bâtiments et ouvrages de génie civil sont gouvernés par la norme NF EN 206-1, dont l'édition française est parue en avril 2004 et qui est d'application effective depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005 ;
- pour les produits préfabriqués structuraux en béton, autres que les blocs-béton, les normes européennes harmonisées s'appuient sur la norme NF EN 13369, laquelle précise et complète, pour les aspects concernant les produits préfabriqués structuraux, la norme NF EN 206-1.

Pour les autres produits préfabriqués, dont les blocs, il existe des normes qui contiennent en elles-mêmes toutes les spécifications nécessaires. Les produits en béton sont conformes à leurs normes respectives.

La commande du béton prêt à l'emploi est réalisée en se référant à la norme NF EN 206-1 que le béton de chantier doit, lui aussi, respecter. La commande d'un produit préfabriqué en béton est effectuée en se référant à la norme NF EN de produit qui s'applique.

La norme NF EN 206-1, les normes de produits en béton, la norme NF EN 13369, les normes sur les constituants et les Eurocodes, constituent un ensemble cohérent.

## 3.2 Norme NF EN 206-1

La norme NF EN 206-1 (béton partie 1 : spécifications, performances, production et conformité) définit pour les bétons de structure en plus des spécifications relatives au béton, les responsabilités du prescripteur (responsable de la spécification du béton) et du producteur (responsable de la conformité et du contrôle de la production). Elle fournit des règles précises concernant la spécification, la production, la livraison et le contrôle de la conformité des bétons. Elle s'applique lorsque le lieu d'utilisation du béton est la France.

La norme NF EN 206-1 prend en compte les expériences européennes, tout en conservant les acquis en matière de connaissance française du matériau béton au travers de son annexe nationale. Pour le béton prêt à l'emploi, elle s'inscrit dans la continuité de la norme Française XP P 18-305. Elle impose au prescripteur de définir les risques d'agressions et d'attaques auxquels le béton de l'ouvrage ou de chaque partie d'ouvrage va être exposé pendant la durée de service de la structure et donc de prescrire le béton parfaitement adapté.

La norme homologuée NF EN 206-1 publiée par l'AFNOR est d'application effective depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005. Elle est composée de la norme européenne EN 206-1 et de l'Annexe Nationale Française, indispensable pour son utilisation, qui spécifie les dispositions complémentaires à respecter en France pour tenir compte des spécificités climatiques et des techniques de construction. Ces dispositions complémentaires sont intégrées au texte de la norme européenne avec l'indice repère NA.

### 3.2.1 - Une évolution dans la continuité

---

La norme NF EN 206-1 est l'aboutissement de vingt ans de travail de normalisation européenne, réalisée par le TC 104 du Comité Européen de

Normalisation (le CEN, composé à l'époque du vote des représentants des dix-neuf pays membres). En 1990, l'adoption de la prénorme européenne ENV 206 a constitué une première étape en permettant aux pays membres du CEN de l'adopter comme norme nationale ou, comme en France avec la norme XP P 18-305 (parue en août 1996), de publier des normes nationales s'en inspirant. Pendant les dix années qui suivirent, les travaux furent poursuivis pour aboutir, en 2000, à l'adoption de la norme européenne EN 206-1.

La norme NF EN 206-1 a pour objectif de faciliter la commande et l'utilisation du béton au sein de l'Union Européenne. Elle est accompagnée d'une vingtaine de normes d'essais sur les bétons (séries de norme NF EN 12350 pour les bétons frais et NF EN 12390 pour les bétons durcis) sur les constituants (granulats pour béton NF EN 12620 et XP P 18-545, ciments courants NF EN 197-1, adjuvants pour bétons NF EN 934-2, laitier de haut fourneau NF P 18-506, cendres volantes pour béton NF EN 450, fumées de silice NF P 18-502 et eau de gâchage NF EN 1008, ciments avec caractéristiques complémentaires NF P 15-317 et XP P 15-319).

Le respect de la norme NF EN 206-1 est exigé par les textes concernant l'exécution des ouvrages et des structures en béton, en particulier le fascicule 65 A et le DTU 21 (norme NF P 18-201) mis à jour et adaptés pour en préciser les modalités d'application. Le code des assurances précise que son non-respect déchoit l'assuré de ses droits.

Elle prend en compte la notion de durabilité en s'appuyant sur la notion de classe d'exposition. Elle permet, par une combinaison de classes d'exposition, de définir avec précision l'environnement de chaque partie d'ouvrage. Elle spécifie, en termes de composition et de performance, des formules de béton adaptées pour chaque classe d'exposition, elle fournit les critères de conformité et les règles pour l'évaluation de la conformité.

Pour la conception et le dimensionnement des structures, la norme NF EN 206-1, les normes de produits en béton, les normes sur les constituants, et la norme NF EN 13369 forment un ensemble cohérent avec l'Eurocode 2 (NF EN 1992) qui remplacera lors de sa publication les règles BAEL et BPEL. L'Eurocode 2 définit en fonction de chaque classe d'exposition des dispositions constructives et des spécifications adaptées.

#### **Nota 1**

*Les principales différences entre la norme NF EN 206-1 et la norme XP P 18-305 sont indiquées en introduction de l'Annexe Nationale Française. Elles concernent essentiellement :*

- *une clarification des responsabilités techniques respectives du prescripteur, du producteur et de l'utilisateur du béton ;*
- *un vocabulaire nouveau (type de béton, classes de résistances, classes d'expositions, classes de consistance, etc.) ;*
- *une définition du contrôle de production par l'imposition de fréquences élevées des prélèvements sur les bétons ;*
- *des critères de conformité plus exigeants pour les bétons de résistance caractéristique inférieure ou égale à 30 MPa ;*
- *l'imposition d'une mesure et d'une mention de la teneur en chlorures de chaque béton.*

#### **Nota 2**

*Les aspects relatifs à l'exécution des ouvrages seront précisés dans la norme NF EN 13670 (exécution des ouvrages en béton en préparation).*

#### **Nota 3**

*Cette norme ne comporte pas de partie harmonisée et donc les bétons qu'elle couvre ne sont pas soumis aux exigences du marquage CE.*

### **3.2.2 - Bétons concernés par la norme NF EN 206-1**

Le domaine d'application de la norme NF EN 206-1 comprend tous les bétons destinés aux structures ou éléments de structures de bâtiments et d'ouvrages de génie civil coulés en place. Elle s'applique aux bétons de chantier dans les conditions définies dans la norme d'exécution des ouvrages en béton NF P 18-201 (DTU 21) ou dans le fascicule 65 A.

La norme NF EN 206-1 couvre :

- les bétons dont l'air occlus (autre que l'air entraîné) est négligeable ;
- les bétons de masse volumique normale (masse volumique comprise entre 2 000 et 2 600 kg/m<sup>3</sup>)
- les bétons lourds (masse volumique supérieure à 2 600 kg/m<sup>3</sup>)
- les bétons légers (masse volumique comprise entre 800 et 2 000 kg/m<sup>3</sup>)

Elle ne concerne pas les bétons non structuraux et les bétons particuliers tels que les bétons de tranchée, de remplissage, de calage, de propreté, caverneux réalisés avec des granulats non-minéraux, aérés...

Des exigences complémentaires peuvent être données dans d'autres normes européennes spécifiques pour les bétons de fibres, les bétons destinés aux routes et autres aires de circulation, les bétons dont le  $D_{\max}$  est inférieur 4 mm (mortier), les bétons projetés, les bétons pour stockage de déchets liquides et gazeux, les bétons pour réservoirs de stockage de produits polluants, les bétons pour des structures massives (barrages), les bétons prémélangés à sec.

**Nota**

*Pour les produits en béton, ce sont les normes de produit qui s'appliquent. La norme NF EN 13369 « Règles communes pour les produits préfabriqués en béton » précise les exigences de la norme NF EN 206-1 concernant les produits structuraux préfabriqués.*

**Nota**

*La norme NF EN 206-1 ne permet pas de prescrire et de vérifier le caractère autoplacant des BAP, elle couvre, par contre, toutes leurs autres propriétés. Il n'y a donc pas de difficulté à concevoir un BAP conforme à cette norme.*

*Les BFUP sont en dehors du domaine d'application de la norme NF EN 206-1, compte tenu en particulier de leur composition et de leur niveau de performance.*

*La norme de référence pour les bétons de chaussées est la norme NF P 98-170 « Chaussées en béton de ciment - exécution et contrôle ».*

*La norme NF EN 206-1 concerne le matériau béton. Elle ne concerne ni l'ouvrage, ni l'exécution de l'ouvrage.*

### 3.2.3 - Classes d'exposition des bétons

La norme NF EN 206-1 définit des classes d'exposition en fonction des actions dues à l'environnement auxquelles les bétons de l'ouvrage ou de la partie de l'ouvrage vont être soumis pendant leur durée de service.

**Nota**

*Actions dues à l'environnement = Actions physiques et chimiques auxquelles le béton est exposé, qui entraînent des effets sur le béton et les armatures et qui ne sont pas considérées comme des charges pour la conception de la structure.*

La norme NF EN 206-1 définit dix-huit sous-classes d'exposition regroupées en six classes par risque de corrosion, d'attaques ou d'agressions dépendant des actions et conditions environnementales auxquelles le béton de l'ouvrage, ou de la partie de l'ouvrage, est soumis. À chacune des classes correspondent des spécifications sur la composition des bétons, sous forme d'exigences minimales à respecter.

En France, la désignation de la classe d'exposition doit être suivie du sigle (F) ainsi que prévu par l'article 11 de l'Annexe Nationale qui a adapté les classes d'exposition au contexte climatique et géographique français. Se référer au tableau ci-contre : classes d'exposition des bétons selon la norme NF EN 206-1.

Classe XO : aucun risque de corrosion ou d'attaque.

Classe XC : corrosion induite par carbonatation.

Classe XD : corrosion induite par les chlorures ayant une origine autre que marine.

Classe XS : corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer.

Classe XF : attaque gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage.

Classe XA : attaques chimiques.

### Classes d'exposition des bétons selon la norme NF EN 206-1

Classe d'exposition	Description de l'environnement	Béton concerné
<b>XO</b>	Aucun risque de corrosion ou d'attaque	Béton non armé ou béton armé en environnement très sec
<b>XC</b>	Corrosion induite par carbonatation	Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées exposé à l'air et à l'humidité
<b>XC1</b>	Sec ou humide en permanence	
<b>XC2</b>	Humide, rarement sec	
<b>XC3</b>	Humidité modérée	
<b>XC4</b>	Alternance d'humidité et de séchage	
<b>XD</b>	Corrosion induite par les chlorures ayant une origine autre que marine	Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées soumis au contact d'une eau ayant une origine autre que marine contenant des chlorures, y compris des sels de déverglaçage
<b>XD1</b>	Humidité modérée	
<b>XD2</b>	Humide, rarement sec	
<b>XD3</b>	Alternance d'humidité et de séchage	
<b>XS</b>	Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer	Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées soumis au contact des chlorures présents dans l'eau de mer ou à l'action de l'air véhiculant du sel marin
<b>XS1</b>	Exposé à l'air véhiculant du sel marin, mais pas en contact direct avec l'eau de mer	
<b>XS2</b>	Immergé en permanence	
<b>XS3</b>	Zone de marnage, zone soumise à des projections ou à des embruns	
<b>XF</b>	Attaque gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage	Béton soumis à une attaque significative due à des cycles gel/dégel alors qu'il est mouillé
<b>XF1</b>	Saturation modérée en eau sans agent de déverglaçage	
<b>XF2</b>	Saturation modérée en eau avec agent de déverglaçage	
<b>XF3</b>	Forte saturation en eau sans agent de déverglaçage	
<b>XF4</b>	Forte saturation en eau avec agent de déverglaçage	
<b>XA</b>	Attaques chimiques	Béton exposé aux attaques chimiques se produisant dans les sols naturels, les eaux de surface et/ou les eaux souterraines
<b>XA1</b>	Environnement à faible agressivité chimique	
<b>XA2</b>	Environnement d'agressivité chimique modérée	
<b>XA3</b>	Environnement à forte agressivité chimique	

La combinaison des classes d'exposition permet de définir avec précision l'environnement de chaque partie d'ouvrage.

Chaque sous classe fait l'objet d'une description des conditions environnementales et est illustrée d'exemples informatifs.

À chacune des classes correspondent des spécifications sur la composition du béton et la classe de résistance, sous forme de valeurs limites.

#### **Nota**

*L'Eurocode 2 définit pour les ouvrages structurels des dispositions constructives et des spécifications pour le dimensionnement (valeur minimale des enrobages, valeur limite d'ouverture des fissures, etc.) en fonction de chaque classe d'exposition.*

#### **Nota**

*La classe « XO » concerne les bétons ne comportant aucun risque de corrosion, ni d'attaque. Cette classe ne peut concerner que les bétons non armés, ou faiblement armés avec un enrobage d'au moins 5 cm à condition qu'ils ne soient soumis ni au gel, ni à l'abrasion, ni à des attaques chimiques.*

Les quatre classes d'exposition aux attaques gel/dégel sont définies dans une carte des zones de gel en France (figure NA.2 de l'Annexe nationale française) avec

XF1 : gel faible ou modéré sans agent de déverglaçage.

XF2 : gel faible ou modéré avec agent de déverglaçage.

XF3 : gel sévère sans agent de déverglaçage.

XF4 : gel sévère avec agent de déverglaçage.

### 3.2.4 - Exigences spécifiées par la norme NF EN 206-1

---

La norme NF EN 206-1 spécifie les exigences applicables :

- aux constituants 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.

### 3.2.5 - Exigences liées aux classes d'exposition

---

La résistance du béton aux diverses conditions environnementales auxquelles il est soumis pendant la durée de service prévue de la structure impose le respect d'exigences précises. Ces exigences propres à chaque classe d'exposition doivent être spécifiées en termes de :

- type et classe de constituants permis ;
- rapport maximal eau/ciment ;
- dosage minimal en ciment (ou absorption d'eau maximale dans les cas des produits structuraux préfabriqués) ;

- résistance minimale à la compression du béton ; et, dans certains cas :

- teneur minimale en air du béton ou résistance à des essais de gel-dégel.

Les exigences de durabilité du béton doivent prendre en compte la durée de service prévue des structures d'au moins 50 ans pour les bâtiments et 100 ans pour les ouvrages d'art, dans des conditions d'entretien optimales. Un même béton peut être soumis à plusieurs types d'agression. Dans ce cas, il devra respecter toutes les exigences prévues pour chaque classe d'exposition.

#### **Nota**

*Le fascicule de documentation AFNOR ED P 18-011 fournit des recommandations complémentaires aux exigences de la norme NF EN 206-1, pour les bétons soumis aux environnements chimiques agressifs.*

**Le choix de la classe d'exposition est de la responsabilité du prescripteur.**

### 3.2.6 - Trois types de béton

---

La norme NF EN 206-1 décline trois types de béton.

#### ■ Béton à Propriétés Spécifiées (BPS)

Béton pour lequel les propriétés requises et les caractéristiques supplémentaires sont spécifiées par le prescripteur au producteur. Le producteur est responsable de fournir un béton satisfaisant à ces exigences.

#### ■ Béton à Composition Prescrite (BCP)

Béton pour lequel la composition et les constituants à utiliser sont spécifiés par le prescripteur au producteur. Le producteur est responsable de fournir un béton respectant cette composition.

La responsabilité du prescripteur est de réaliser une étude de formulation et d'établir la composition détaillée du béton qu'il doit fournir au producteur.

### ■ Béton à Composition Prescrite dans une norme

Béton dont la composition est définie dans une norme applicable là où le béton est utilisé – en France, l'un des exemples est la norme NF P 18-201 (DTU 21) qui spécifie des compositions de béton pour des applications particulières (ouvrages de catégorie A) dans l'article 4.5.3. Le prescripteur a la responsabilité dans ce cas de sélectionner, dans la norme, la composition appropriée à l'ouvrage.

### 3.2.7 - Tâches et responsabilité des acteurs

La norme NF EN 206-1 distingue les notions de prescripteur, de producteur du béton et d'utilisateur. Elle définit et donc clarifie les tâches et les responsabilités de chaque acteur.

#### Le prescripteur

Personne physique ou morale qui établit la spécification du béton frais et durci, le prescripteur est responsable de la spécification du béton et du choix de la classe d'exposition.

#### Le producteur

Personne physique ou morale qui produit le béton frais, le producteur est responsable de la conformité et du contrôle de production.

#### L'utilisateur

Personne physique ou morale qui utilise le béton frais pour l'exécution d'un ouvrage, l'utilisateur est responsable de la mise en œuvre du béton dans l'ouvrage.

Le prescripteur du béton doit prescrire toutes les exigences pertinentes nécessaires à l'obtention des propriétés du béton, à sa mise en place, à la cure ou à tout autre traitement ultérieur ou pour obtenir un aspect architectonique. Il doit prendre en compte : l'utilisation du béton frais et durci, les conditions de cure, les agressions environnementales auxquelles la structure sera exposée, toutes

les exigences sur les granulats apparents ou la finition des surfaces, toutes les exigences liées aux enrobages.

#### Nota

Pour un BPS, le producteur est responsable de fournir un béton qui satisfasse les propriétés spécifiées (résistance, consistance, etc.). Pour un BCP le producteur est responsable de fournir un béton qui respecte la composition prescrite. Les contrôles sur les performances atteintes ne sont pas de sa responsabilité.

#### Nota

Pour un BCP, le prescripteur (qui, selon la norme, doit être expérimenté et disposer d'une réelle compétence dans la formulation du béton) a la responsabilité de s'assurer que la composition complète prescrite est capable d'atteindre les performances attendues aussi bien à l'état frais que durci, en fonction de la classe d'exposition choisie et qu'elle respecte les exigences spécifiques associées.

### 3.2.8 - Classification des bétons

La norme NF EN 206-1 définit des spécifications sur les bétons à l'état frais et à l'état durci.

#### ■ Classes de consistance du béton frais

La norme NF EN 206-1 définit pour les bétons à teneur en eau courante, cinq classes de consistance des bétons.

Classes de consistance des bétons					
Classe	S1	S2	S3	S4	S5
Affaissement (en mm)	10 à 40	50 à 90	100 à 150	160 à 210	≥ 220

La mesure de l'affaissement est réalisée à l'aide du cône d'Abrams.

La consistance peut aussi être spécifiée par :

- le temps VEBE (en secondes) : 5 classes VEBE ;
- l'indice de serrage : 4 classes de serrage ;
- le diamètre d'étalement (en mm) : 6 classes d'étalement.

**■ Classes de résistance à la compression des bétons durcis**

La résistance des bétons durcis à 28 jours peut être mesurée sur des éprouvettes cylindriques ou cubiques, elle peut donc être définie par les deux valeurs suivantes.

- **fck-cyl**: résistance caractéristique (fractile 5 %) en compression du béton déterminée par essais sur éprouvettes cylindriques (trois dimensions sont retenues: Ø = 150 mm – H = 300 mm, Ø = 160 mm – H = 320 mm, Ø = 110 mm – H = 220 mm);
- **fck-cube**: résistance caractéristique (fractile 5 %) en compression du béton déterminée par essais sur éprouvettes cubiques (côté: 100 ou 150 mm).

**Nota**

La norme d'essai tolère une variation de ± 10 % sur les dimensions des éprouvettes. Les cylindres de 160 mm de diamètre et de 320 mm de hauteur répondent à ces critères et peuvent être utilisés pour mesurer la résistance mécanique.

La norme NF EN 206-1 propose deux familles de classes de résistance en fonction de la masse volumique du béton, qui correspondent à la résistance caractéristique que doit atteindre le béton à 28 jours :

- la classe de résistance à la compression des bétons de masse volumique normale et des bétons lourds est désignée par la lettre C suivie des valeurs fck-cyl et fck-cube;
- la classe de résistance des bétons légers est désignée par les lettres LC suivies des valeurs fck-cyl et fck-cube.

Elle définit respectivement seize classes de résistance pour les bétons de masse volumique normale et les bétons lourds de C 8/10 à C 100/115 et quatorze classes pour les bétons légers de LC 8/9 à LC 80/88. Les bétons légers sont classés selon 6 plages de masse volumique. Par exemple, la classe de résistance C 30/37 correspond à une résistance caractéristique de 30 MPa sur cylindre et 37 MPa sur cube.

<b>Classes de résistance à la compression pour les bétons de masse volumique normale et les bétons lourds</b>		
<b>Classe</b>	<b>fck-cyl (en N/mm²)</b>	<b>fck-cube (en N/mm²)</b>
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

<b>Classes de résistance à la compression pour les bétons légers</b>		
<b>Classe</b>	<b>fck-cyl (en N/mm²)</b>	<b>fck-cube (en N/mm²)</b>
LC 8/9	8	9
LC 12/13	12	13
LC 16/18	16	18
LC 20/22	20	22
LC 25/28	25	28
LC 30/33	30	33
LC 35/38	35	38
LC 40/44	40	44
LC 45/50	45	50
LC 50/55	50	55
LC 55/60	55	60
LC 60/66	60	66
LC 70/77	70	77
LC 80/88	80	88

## ■ Classes de masse volumique

La norme NF EN 206-1 couvre les bétons de masse volumique normale (2 000 à 2 600 kg/m<sup>3</sup>), les bétons lourds (masse volumique supérieure à 2 600 kg/m<sup>3</sup>) et les bétons légers (masse volumique comprise entre 800 et 2 000 kg/m<sup>3</sup>). Les bétons légers sont classés selon six plages de masse volumique.

<b>Type de béton en fonction de sa masse volumique</b>	
	<b>Masse volumique (en kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Béton léger</b>	de 800 à 2000
<b>Béton de masse volumique normale</b>	de 2000 à 2 600
<b>Béton lourd</b>	supérieure à 2 600

## ■ Classes de teneurs en chlorures

La norme NF EN 206-1 définit les teneurs maximales en ions chlorure du béton à respecter en fonction de son type d'utilisation. Elle définit quatre classes de teneur : Cl 1,0 / Cl 0,4 / Cl 0,2 / Cl 0,1. Une cinquième classe a été introduite dans l'Annexe Nationale de la norme NF EN 206-1 : la classe Cl 0,65. Les classes de chlorures permettent d'adapter la composition du béton en fonction des risques de corrosion des armatures.



<b>Classes de chlorures</b>					
<b>Classe de Chlorures</b>	Cl 1,0	Cl 0,65	Cl 0,40	Cl 0,20	Cl 0,10
<b>Teneur maximale (en Cl<sup>-</sup>)</b>	1 %	0,65 %	0,4 %	0,2 %	0,1 %

La teneur maximale en ions chlorure est définie en pourcentage de la masse du ciment, elle concerne la somme des chlorures de tous les constituants.

<b>classe de chlorures à respecter en fonction de l'utilisation du béton</b>	
<b>Utilisation du béton</b>	<b>Classe de chlorure</b>
Béton ne contenant ni armatures en acier ni pièces métalliques noyées	Cl 1,0
Béton contenant des armatures en acier ou des pièces métalliques noyées et formulés avec un ciment de type CEM III	Cl 0,65
Béton contenant des armatures en acier ou des pièces métalliques noyées	Cl 0,40
Béton contenant des armatures de précontrainte en acier	Cl 0,20

■ **Dimension maximale des granulats**

La classification du béton est fonction de la dimension maximale des granulats: dimension nominale supérieure du plus gros granulat présent dans le béton ( $D_{max}$ ).

**3.2.9 - Valeurs limites pour le classement des attaques chimiques**

La norme NF EN 206-1 définit les valeurs limites des paramètres correspondants aux attaques chimiques. Ces seuils correspondent à des caractéristiques chimiques des eaux de surfaces et souterraines ou des sols.



<b>Valeurs limites pour les attaques chimiques des eaux de surfaces et souterraines</b>			
<b>Caractéristiques Chimiques</b>	<b>sous classe d'exposition</b>		
	<b>XA1</b>	<b>XA2</b>	<b>XA3</b>
$SO_4^{2-}$ en mg/l	200 à 600	600 à 3000	3000 à 6000
pH	5,5 à 6,5	4,5 à 5,5	4 à 4,5
$CO_2$ en mg/l	15 à 40	40 à 100	de 100 jusqu'à saturation
$NH_4^+$ en mg/l	15 à 30	30 à 60	60 à 100
$Mg^{2+}$ en mg/l	300 à 1000	1000 à 3000	de 3000 jusqu'à saturation

Pour ce type d'environnement, l'Annexe Nationale de la norme NF EN 206-1 renvoie au fascicule de documentation P 18-011 « Bétons - classification des environnements agressifs », notamment pour le choix de ciments.

**Nota**

Le choix de la classe se fait par rapport à la caractéristique chimique conduisant à l'agression la plus élevée.

<b>Valeurs limites par les attaques chimiques des sols naturels</b>			
<b>Caractéristiques Chimiques</b>	<b>sous classe d'exposition</b>		
	<b>XA1</b>	<b>XA2</b>	<b>XA3</b>
$SO_4^{2-}$ en mg/l	2000 à 3000	3000 à 12000	12000 à 24000
Acidité ml/kg	Supérieur à 200 Baumann Gully	n'est pas rencontré dans la pratique	

### 3.2.10 - Exigences sur les constituants

#### ■ Choix du ciment

Le choix du ciment doit prendre en considération :

- les contraintes d'exécution de l'ouvrage ;
- l'utilisation finale du béton ;
- les conditions de cure ;
- les dimensions de la structure (développement de chaleur) ;
- les agressions environnementales auxquelles la structure est exposée ;
- la réactivité potentielle des granulats aux alcalins des constituants.

#### ■ Choix des granulats

Le type, la dimension et les catégories de granulats doivent être sélectionnés en tenant compte :

- des contraintes d'exécution de l'ouvrage ;
- de l'utilisation finale du béton ;
- des conditions environnementales auxquelles sera soumis le béton ;
- de toutes les exigences liées aux traitements de surface appliqués au béton frais ou durci ;
- le maximum de la dimension nominale supérieure des granulats ( $D_{max}$ ) est sélectionné en prenant en compte l'épaisseur d'enrobage et la dimension minimale des sections.

### 3.2.11 - Valeurs limites spécifiées applicables à la composition et aux propriétés des bétons

La norme NF EN 206-1 définit des valeurs limites spécifiées relatives à la composition et aux propriétés du béton en fonction de chaque classe d'exposition dans deux tableaux (NA.F.1 et NA.F.2).

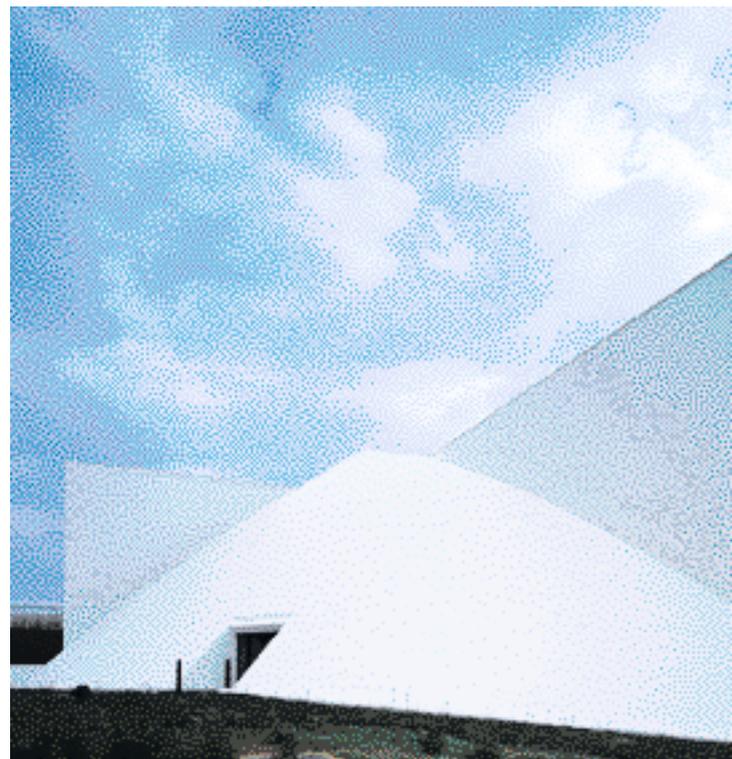
#### Nota

Les exigences minimales en fonction des classes d'exposition ne sont pas les mêmes dans l'ensemble des pays couverts par l'EN 206-1 compte tenu des particularités climatiques, géologiques et des techniques de construction spécifiques à chaque pays.

Les tableaux NA.F.1 et NA.F.2 précisent en fonction de chaque classe d'exposition :

- le rapport Eau<sub>efficace</sub>/liant équivalent maximal ;
- la classe de résistance minimale du béton ;
- la teneur minimale en air (le cas échéant).

Ils comportent d'autres exigences, en particulier sur les additions et la nature des ciments à utiliser. Le tableau NA.F.1 précise aussi la teneur minimale en liant équivalent. Le tableau NA.F.2, relatif aux produits préfabriqués en béton en usine introduit l'absorption d'eau maximale du béton en tant qu'indicateur de la compacité du béton. L'industriel a la possibilité d'utiliser au choix les exigences de l'un ou l'autre des deux tableaux. Pour chaque type d'élément préfabriqué, une procédure documentée doit mentionner le tableau auquel il est fait référence. Ces tableaux précisent aussi les quantités maximales pour chaque addition autorisée (cendres volantes, fumées de silice, laitier moulu, addition calcaire et siliceuse).





**Valeurs limites spécifiées applicables en France à la composition et aux propriétés du béton** (extrait du tableau NA.F.1 de la norme NF EN 206-1)

Classes d'exposition		Rapport $E_{eff}$ / Liant éq maximal	Classe de résistance minimale	Teneur minimale en Liant éq. (kg/m³)	Teneur minimale en air (%)
Aucun risque de corrosion ou d'attaque		X0	-	150	-
Carbonatation		XC 1	0,65	C20/25	-
		XC 2	0,65	C20/25	-
		XC 3	0,60	C25/30	-
		XC 4	0,60	C25/30	-
Corrosion induite par les chlorures	Eau de mer	XS 1	0,55	C30/37	-
		XS 2	0,55	C30/37	-
		XS 3	0,50	C35/45	-
	Chlorures autres que l'eau de mer	XD 1	0,60	C25/30	-
		XD 2	0,55	C30/37	-
		XD 3	0,50	C35/45	-
Attaque gel/dégel		XF 1	0,60	C25/30	-
		XF 2	0,55	C25/30	4,0
		XF 3	0,55	C30/37	4,0
		XF 4	0,45	C30/37	4,0
Environnement contenant des substances chimiques agressives		XA 1	0,55	C30/37	-
		XA 2	0,50	C35/45	-
		XA 3	0,45	C40/50	-

**Nota**

Les tableaux NA.F.1 et NA.F.2 comportent également d'autres exigences, en particulier sur les additions et la nature des ciments à utiliser.

**Valeurs limites spécifiées applicables en France pour la composition et les propriétés des produits en béton fabriqués en usine**

(extrait du tableau NA.E.2 de la norme NF EN 206-1)

Classes d'exposition		Rapport $E_{eff}$ /liant éq maximal	Classe de résistance minimale	Absorption d'eau maximale (%)	Teneur minimale en air (%)
Aucun risque de corrosion ou d'attaque		X0	C 20/25	-	-
Carbonatation		XC 1	C 25/30	7	-
		XC 2	C 30/37	6	-
		XC 3	C 35/45	6	-
		XC 4	C 35/45	5	-
Corrosion induite par les chlorures	Eau de mer	XS 1	C 35/45	6	-
		XS 2	C 40/50	6	-
		XS 3	C 40/50	4	-
	Chlorures autres que l'eau de mer	XD 1	C 35/45	6	-
		XD 2	C 35/45	5	-
		XD 3	C 40/50	5	-
Attaque gel/dégel		XF 1	C 35/45	6	-
		XF 2	C 35/45	5	4,0
		XF 3	C 35/45	5	4,0
		XF 4	C 35/45	4	4,0
Environnement contenant des substances chimiques agressives		XA 1	C 35/45	6	-
		XA 2	C 35/45	5	-
		XA 3	C 40/50	4	-



### 3.2.12 - Méthode de conception performancielle

---

La norme NF EN 206-1 prévoit que les spécifications relatives aux classes d'exposition puissent être définies en utilisant des méthodes de conception performancielle. En France, ces concepts sont appliqués pour différentes agressions.

- L'alcali-réaction : recommandations pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction (LCPC juin 1994).
- Le gel : recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel (LCPC décembre 2003).
- Carbonatation et pénétration des chlorures (Guide AFGC 2003).

### 3.2.13 - Contrôle de conformité

---

La norme NF EN 206-1 décrit les bases d'un système qualité du producteur, elle fournit des critères statistiques de conformité et les règles d'évaluation. Le contrôle de conformité du béton vise à vérifier la conformité du béton avec les spécifications. Il est défini par :

- un plan d'échantillonnage précisant le nombre et la fréquence minimale des prélèvements nécessaires aux essais de contrôle ;
- un plan d'essais de contrôle définissant les essais à effectuer ;
- des critères de conformité permettant d'exploiter les résultats des essais pour attester de la conformité.

L'échantillonnage et les essais de conformité doivent être effectués, soit sur chaque composition de béton prise individuellement, soit sur des familles de bétons dont la représentativité est établie. Une famille de béton est un groupe de compositions de béton pour lesquelles une relation fiable entre des propriétés pertinentes a été établie (règles de formulation et règles de passages entre les bétons composant la même famille). La notion de famille peut être élargie dans le cas de centrale faisant l'objet d'une certification du contrôle de production.

#### **Nota**

*La fréquence minimale d'échantillonnage est modulée en fonction du système de certification de contrôle de production du béton.*

Les contrôles de conformité concernent en particulier la résistance en compression, la masse volumique, le rapport Eau/Liant, la teneur en ciment, la consistance. La conformité des bétons est évaluée sur la base de la conformité des résultats d'essais par rapport, aux limites de la classe, ou aux valeurs limites spécifiées, ou aux valeurs cibles, en tenant compte des tolérances et de l'écart admissibles par rapport à ces valeurs spécifiées.

### 3.2.14 - Contrôle de production

La norme NF EN 206-1 décrit très précisément la nature, le type d'essai à réaliser, la fréquence minimale et l'objectif de ces contrôles et les critères de conformité, selon que la production fasse l'objet ou non d'une certification de production. Elle implique la mise en œuvre par le producteur d'un système qualité comprenant la réalisation d'essais aux fréquences prescrites.

Tous les bétons doivent être soumis au contrôle de production sous la responsabilité du producteur. Le contrôle de production comprend toutes les mesures nécessaires pour maintenir le béton conforme aux exigences spécifiées. Il inclut :

- la sélection des matériaux ;
- la formulation du béton ;
- la production du béton ;
- les inspections et les essais ;
- l'utilisation des résultats des essais sur les constituants, sur le béton frais et durci, et sur les équipements ;
- le cas échéant, il porte également sur l'inspection du matériel de transport du béton frais ;
- le contrôle de conformité.

Toutes les données se rapportant au contrôle de production doivent être enregistrées afin d'assurer une parfaite traçabilité de la production.

Les points de contrôles de production concernent :

- les constituants: ciment, granulats, adjuvants, additions, eau. Des tolérances précises sur le dosage des constituants doivent être respectées.

- le matériel de production: dispositif de stockage, matériel de pesage, distributeurs d'adjuvant, doseur d'eau, système de mesure en continu de la teneur en eau des sables, système de dosage, appareillage d'essai.

- les procédures de production et les propriétés des bétons: propriétés des Bétons à Propriétés Spécifiées, teneur en eau des sables et des gravillons, teneur en eau du béton frais, teneur en chlorures, consistance, masse volumique du béton frais, teneur en ciment, addition et adjuvant du béton frais, rapport Eau/Ciment, teneur en air et température du béton frais et résistance en compression.

### 3.2.15 - Exemple de désignation des bétons

La commande d'un béton coulé *in situ*, BPS ou BCP, doit impérativement comprendre les informations spécifiées dans l'article 6 de la norme.

#### ■ Bétons à Propriétés Spécifiées (BPS)

BPS	NF EN 206-1	C 30/37	XC1 (F)
D <sub>max</sub> 22,4	S2	Cl 0,65	

Cette désignation reprend dans l'ordre :

- le type de béton : BPS ;
- la conformité à la norme : NF EN 206-1 ;
- la classe de résistance à la compression : C 30/37 ;
- la classe d'exposition : XC1 (F) ;
- la dimension maximale des granulats : D<sub>max</sub> 22,4 ;
- la classe de consistance : S 2 ;
- la classe de teneur en chlorure : Cl 0,65.

#### Nota

La désignation peut aussi comprendre le type et la classe de ciment si celle-ci est spécifiée, conformément à la norme NF EN 197-1, soit par exemple :  
CEM III/B 32,5 CE PM ES NF.

Des caractéristiques complémentaires peuvent le cas échéant être demandées en plus des spécifications de base, avec des niveaux de performances contrôlées suivant des méthodes d'essais définies.

#### ■ Bétons à Composition Prescrite (BCP)

Les informations minimales pour définir les BCP sont :

- la référence à la norme NF EN 206-1 ;
- le dosage en ciment ;
- le type et la classe de résistance du ciment ;
- le rapport E/C ou la consistance du béton ;
- la dimension maximale nominale des granulats ainsi que leur type, leur catégorie et leur teneur maximale en chlorures ;
- le cas échéant, le type, la quantité et l'origine des adjuvants et additions.



### 3.2.16 - Livraison du béton frais

---

La norme NF EN 206-1 fournit des indications sur la livraison du béton frais sous forme d'exigences pour les bons de livraison du BPE et de conseils pour les autres filières de production. Elle précise les informations nécessaires à la livraison du béton en distinguant les informations à fournir par l'utilisateur de béton au producteur et celles à fournir par le producteur du béton à l'utilisateur.

Les quantités d'ajouts, d'eau ou d'adjuvants ajoutés à la livraison sous la responsabilité du producteur, dans les cas spéciaux, doivent avoir été prévues dans la formulation du béton. Elles doivent respecter les limites autorisées par la spécification. Toute addition complémentaire d'eau, d'adjuvants ou d'ajouts, non prévue dans la formulation, dans le camion malaxeur doit être enregistrée sur le bon de livraison et fait perdre au béton son caractère normalisé. La partie qui requiert cette addition est responsable des conséquences qui pourraient en découler.

#### **Bon de livraison**

La norme NF EN 206-1 détaille l'ensemble des informations devant être mentionnées sur le bon de livraison remis à l'utilisateur.

### 3.2.17 - Conclusion

---

La norme NF EN 206-1 constitue une évolution importante dans la manière de prescrire, formuler, fabriquer et contrôler les bétons au service de la qualité et de la performance des bétons. Elle s'intègre dans un ensemble cohérent de normes.

Elle définit des exigences (de moyens) pour la durabilité des structures, prend en compte avec précision la notion de classes d'exposition, introduit les classes de résistance pour les bétons légers et de nouvelles classes de résistance du béton (jusqu'à 100 MPa), impose des exigences sévères sur les contrôles de fabrication, (volume de contrôle augmenté et critères de conformité renforcés) prend en compte des additions dans la détermination du rapport eau/ciment, précise la répartition des responsabilités entre le prescripteur, le producteur et l'utilisateur et le rôle de chaque intervenant, définit des dispositions relatives aux essais de conformité, à l'évaluation de la conformité, aux critères de conformité et aux essais d'identification.

Elle permet d'augmenter les performances du béton, de renforcer la régularité de ses caractéristiques, sa qualité et donc d'améliorer la durabilité des ouvrages.

## 3.3 Normes pour les produits préfabriqués en béton

### 3.3.1 - Nouvelles normes de produits européennes

Les normes de référence pour les produits préfabriqués en usine sont les normes de produit. Les normes de produit définissent complètement les caractéristiques des produits et leurs constituants. La plupart des normes de produit disposent d'une partie harmonisée qui ouvre au marquage CE. De nombreuses normes sont dites « autoportantes » car elles contiennent en elles-mêmes toutes les spécifications nécessaires (tableau A). C'est le cas pour les blocs par exemple.

En ce qui concerne les produits préfabriqués structuraux en béton, autres que les blocs, les normes européennes harmonisées s'appuient sur la norme NF EN 13369\* (tableau B). La norme NF EN 13369 précise et complète, pour les aspects concernant les produits préfabriqués structuraux, la norme NF EN 206-1. Les normes des produits structuraux renvoient, directement ou via la norme NF EN 13369, à l'édition nationale de l'Eurocode 2. Les normes de produit complètent s'il y a lieu ces textes, leur avant-propos national précise certaines pratiques nationales.

Les normes de produits, les normes sur les bétons et les constituants ainsi que les Eurocodes, constituent pour les éléments préfabriqués de structure, un cadre cohérent au niveau européen.

Avec la mise en place de la normalisation européenne dans le domaine des produits structuraux en béton, les référentiels techniques concernant les produits et ouvrages associés vont subir une

\* NF EN 13369: « Règles Communes pour les produits préfabriqués en béton ».

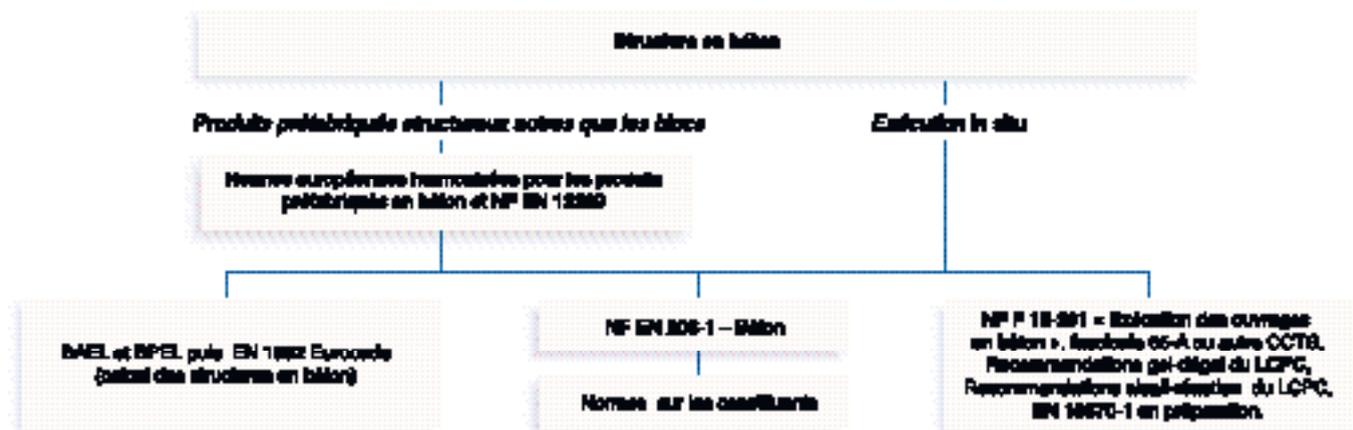
1. Parues ou en cours.  
2. Des compléments nationaux d'application existent.  
3. Non harmonisée.

**Tableau A : les principales normes de produits harmonisées « autoportantes »<sup>(1)</sup>**

- Blocs en béton NF EN 771-3/4/5<sup>(2)</sup>
- Caniveaux hydrauliques NF EN 1433
- Carreaux de mosaïque NF EN 13748-1/2
- Conduits de fumée NF EN 1857/58 et 12446
- Éléments pour clôtures NF EN 12839
- Éléments de béton de granulats légers à structure ouverte NF EN 1520
- Éléments préfabriqués en béton cellulaire autoclavé armé prEN 12602
- Fosses septiques NF EN 12566-1
- Linteaux NF EN 845-2
- Produits de voirie NF EN 1338/39/40<sup>(2)</sup>
- Séparateurs de liquides légers NF EN 858-1
- Séparateurs à graisse NF EN 1825-1
- Traverses de chemin de fer NF EN 13230-1/5
- Tuiles en béton NF EN 490
- Tuyaux, regards, boîtes NF EN 1916/17<sup>(2)</sup>

**Tableau B : les principales normes<sup>(1,2)</sup> de produits harmonisées se référant aux Règles Communes (NF EN 13369)**

- Cadre sous chaussées prEN 14844
- Caillebotis pour bétail NF EN 12737<sup>(3)</sup>
- Candélabre en béton prEN 40-4
- Mobilier urbain et de jardin NF EN 13198<sup>(3)</sup>
- Dalles alvéolées NF EN 1168
- Éléments de fondation prEN 14991
- Éléments de mur et façade prEN 14992
- Éléments linéaires de structure NF EN 13225
- Éléments spéciaux de toiture prEN 13693
- Escaliers prEN 14843
- Pieux de fondation prEN 12794
- Éléments de ponts prEN 15050
- Éléments de planchers nervurés NF EN 13224
- Poutrelles et entrevous pour systèmes de planchers prEN 15037-1/2
- Prédalles pour systèmes de planchers prEN 13747
- Poteaux et mâts NF EN 12843



évolution importante: les codes de calcul BAEL et BPEL vont être progressivement remplacés par les Eurocodes et leurs Annexes Nationales. Les Avis Techniques disparaîtront, pour être remplacés, en ce qui concerne les produits traditionnels, par les normes européennes harmonisées correspondantes, accompagnées d'une certification volontaire, facultative, de type marque NF (ou équivalent). L'application de la norme harmonisée, avec marquage CE des produits, devient obligatoire entre douze et quinze mois après publication d'un avis au Journal Officiel de l'Union Européenne (JOUE). À cette date, l'Avis Technique correspondant ne sera plus applicable et disparaîtra.

En ce qui concerne l'ouvrage, lorsque le couple produit-ouvrage sera considéré comme traditionnel (cas général), la conception et la mise en œuvre seront traitées par une norme NF DTU pour les bâtiments ou par le Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) pour les ouvrages de génie civil, qui se référeront aux Eurocodes. En cas de constat de non-traditionnalité pour l'utilisation du produit, l'ouvrage pourra être conçu et réalisé dans le cadre d'un Document Technique d'Application.

Durant la période transitoire entre le contexte actuel et les référentiels techniques européens, les différents codes de calcul pourront coexister. La norme NF DTU indiquera la marche à suivre pendant cette période.

Pour la satisfaction des exigences essentielles telles que la résistance mécanique, la résistance au feu et la durabilité, les normes de produits font généralement référence à la norme NF EN 13369 ainsi qu'aux Eurocodes et à leurs Annexes Nationales. Le cas échéant, l'avant propos national de la norme de produit stipule le texte à appliquer.



Les éventuelles dispositions informatives relatives à l'ouvrage réalisé avec les produits peuvent être reprises dans la norme complémentaire NF DTU qui traitera de la conception de l'ouvrage et de la mise en œuvre des produits.

\* Une norme harmonisée (avec la Directive Produits de Construction) est une norme dont le respect des spécifications relatives aux exigences essentielles est imposé par la réglementation.

### 3.3.2 - Marquage CE

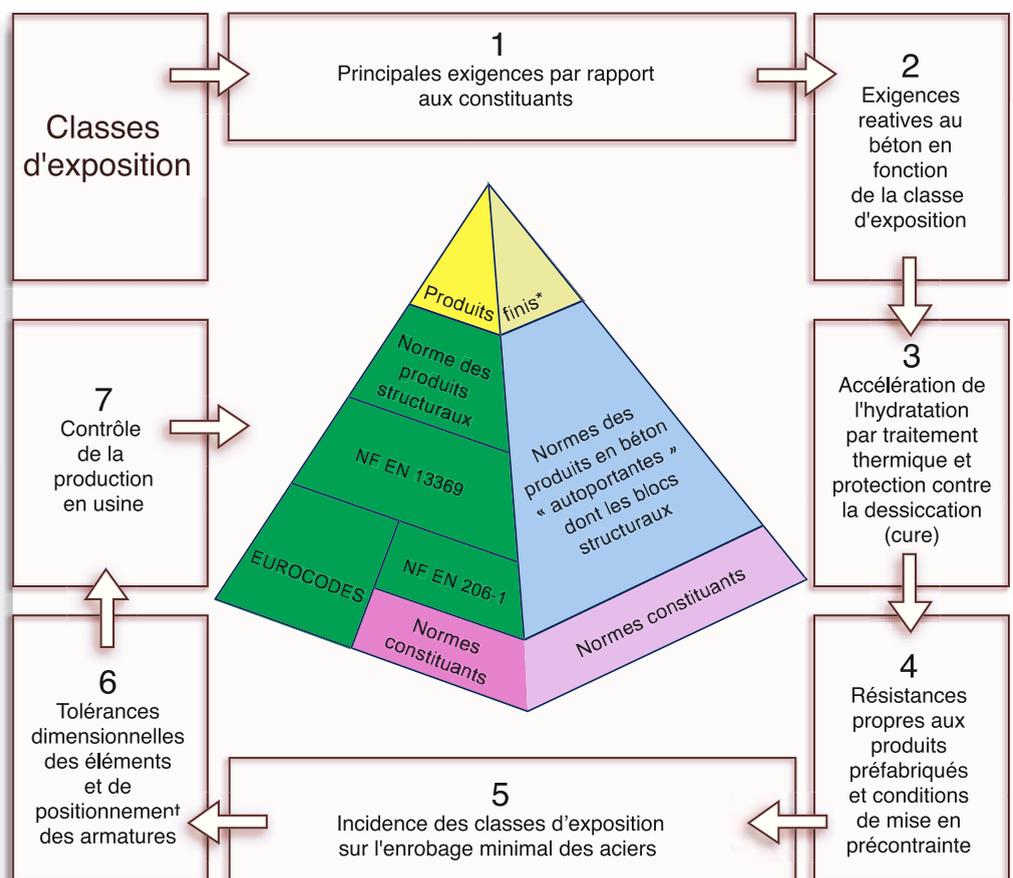
Les normes de produits comportent une partie harmonisée dont le respect, attesté par le marquage obligatoire CE, permet la libre circulation du produit au sein de l'Union européenne (l'Annexe ZA de la norme définit les clauses harmonisées et les modalités du marquage CE). Des annexes informatives fournissent des informations complémentaires destinées généralement à la conception de l'ouvrage. Cette conformité des produits est attestée par le marquage réglementaire CE, le cas échéant complété par une certification volontaire. La certification volontaire complémentaire (NF par exemple) attestera que le produit est conforme à la norme produit et apte à être mis en œuvre selon la norme NF DTU ou le Document d'Application.

### 3.3.3 - Norme NF EN 13369

La norme NF EN 13369 : « Règles Communes pour les produits préfabriqués en béton » est la norme de base pour toutes les normes de produits structuraux. Elle précise les exigences relatives aux constituants et au béton, ainsi que les conditions générales d'application des Eurocodes pour le dimensionnement des produits préfabriqués en béton. Les Règles Communes servent également de texte de référence pour les produits non couverts par des normes ou des Agréments Techniques Européens (ATE).

La norme NF EN 13369 spécifie la terminologie, les prescriptions, les critères relatifs aux performances de base, les méthodes de vérification et d'évaluation de la conformité pour la fabrication de produits préfabriqués en béton en usine. Elle précise certaines spécifications de fabrication des produits.

SCHÉMA SYNTHÉTIQUE DES PRESCRIPTIONS DE LA NORME NF EN 13369 : 2004



\* Conformés à la commande qui en a été faite selon la norme harmonisée desdits produits, marqués CE (réglementaire) et le cas échéant NF (volontaire).

## ■ Principales exigences par rapport aux constituants

La norme NF EN 13369 spécifie que le béton est réalisé à partir de constituants dont l'aptitude à l'emploi est établie. Cette aptitude est établie dès lors que le constituant respecte l'un des textes ci-après définissant son utilisation dans le béton ou les produits en béton :

- une norme européenne ou internationale (ISO) spécifique au constituant ;
- ou une norme ou des prescriptions nationales en vigueur sur le lieu d'utilisation du produit en béton ;
- ou un agrément technique européen (ATE).

## ■ Classes d'exposition

La nouvelle définition des classes d'exposition donnée dans la norme NF EN 206-1, et utilisée tant par la norme NF EN 13369 que par l'Eurocode 2, constitue un progrès important, car elle va faciliter la passation des marchés et permettre de prescrire des produits structuraux parfaitement adaptés aux agressions auxquelles ils seront soumis pendant la durée d'utilisation prévue de l'ouvrage.

La résistance du béton aux diverses conditions environnementales auxquelles il est soumis pendant la durée de service prévue de la structure est conditionnée, notamment par le respect de spécifications sur le béton. Ces spécifications concernant le béton doivent être adaptées aux conditions susceptibles d'être rencontrées dans chaque pays européen. Il est donc nécessaire de se référer aux éditions nationales des normes EN 206-1 et EN 13369 en vigueur dans le pays concerné.

L'identification des caractéristiques de l'environnement permet de préciser le type d'agression auquel sera soumis le béton. Les principaux types d'agressions correspondent aux classes relatives à la carbonatation (classes XC), à la présence de chlorures (classes XD), aux environnements marins (classes XS), aux cycles de gel/dégel avec ou sans sels de déverglaçage (classes XF) et aux agressions chimiques (classes XA). Des sous-classes sont également définies. Elles prennent notamment en compte l'humidité relative du milieu et les éventuels cycles d'humidification/séchage.

Les produits en béton peuvent être soumis, selon leur face, à plusieurs types d'actions environne-

mentales simultanément. Dans ce cas, il faut en tenir compte lors de la conception.

Comme les normes spécifient complètement les exigences relatives au produit fini prêt à être mis en œuvre, la seule référence à la norme du produit suffit pour la passation des marchés. Si le marché fait référence à la norme NF EN 206-1, la conformité des produits en béton aux normes européennes correspondantes (norme de produits ou en l'absence norme NF EN 13369) vaut donc satisfaction à la norme NF EN 206-1.

Lorsque les produits en béton préfabriqués structuraux sont couverts par une norme de produit fixant des exigences de durabilité spécifiques alors seules celles-ci s'appliquent. Dans les autres cas, il est possible d'utiliser les spécifications relatives à la composition et aux performances du béton définies dans la norme NF EN 13369. Celles-ci concernent notamment :

- le type et les classes de constituants ;
- le rapport maximal Eau efficace/liant équivalent ;
- le dosage minimal en liant équivalent ou l'absorption d'eau maximale ;
- la résistance minimale à la compression du béton.

Ces spécifications sont définies dans deux tableaux (NA.F.1 et NA.F.2) communs aux normes NF EN 206-1 et NF EN 13369. L'industriel a la possibilité d'utiliser au choix les exigences de l'un ou l'autre des deux tableaux. Pour chaque type d'élément préfabriqué, une procédure documentée doit mentionner quel est le tableau auquel il est fait référence. Les spécifications du tableau NA.F.2 reposent sur une approche performancielle de la durabilité qui permet de prendre en compte l'ensemble des facteurs liés aux formules de béton et aux procédés de fabrication.

Les principales différences du tableau NA.F.2 par rapport au tableau NA.F.1 concernent :

- la prescription de valeurs d'absorption d'eau maximales en remplacement des dosages minimaux en liant équivalent ;
- des limites sur les rapports  $\text{Eau}_{\text{efficace}}/\text{Liant}$  équivalent plus contraignantes ;
- la possibilité pour les classes XF d'utiliser des essais de performance : XP P18-420, XP P18-424 et XP P18-425 ;
- des classes de résistances minimales plus élevées pour les classes d'exposition XC, XS, XD et XF.



### ■ Prescriptions de la norme NF EN 13369

#### > Accélération de l'hydratation par traitement thermique et protection contre la dessiccation (cure)

Les prescriptions relatives au traitement thermique, procédé largement employé pour la fabrication des produits structuraux en béton, visent à garantir une bonne durabilité des produits en assurant en particulier :

- l'obtention de la résistance mécanique requise ;
- la mise en œuvre de cycles de traitement (préchauffage, vitesse de montée en température, température maximale, refroidissement) limitant les risques de microfissures ou de porosité excessive ;
- que les conditions limites conduisant à des risques de fissuration par formation différée d'ettringite soient évitées.

Les prescriptions relatives à la cure, permettent d'éviter que les surfaces des produits ne soient soumises à une dessiccation pouvant conduire à

une fissuration du béton ou à une altération de l'hydratation du liant. Des mesures de protection appropriées pour limiter la dessiccation (précisées dans le tableau 2 de la norme NF EN 13369) doivent être prises jusqu'à obtention d'une résistance minimale (spécifiée dans le tableau 1 de la norme NF EN 13369) du béton. Cette résistance minimale est adaptée aux futures conditions environnementales du produit dans l'ouvrage.

#### > Résistances propres aux produits préfabriqués et conditions de mise en précontrainte

Des classes de résistance minimales sont définies pour les bétons des produits préfabriqués : C 20/25 pour les produits en béton armé et C 30/37 pour les produits en béton précontraint.

Les classes de résistance conventionnelles des bétons sont souvent déterminées à partir des résistances potentielles, c'est-à-dire celles mesurées sur des éprouvettes confectionnées et conservées dans des conditions de laboratoire. Le fabricant peut également utiliser la résistance structurale

directe déterminée à l'aide d'éprouvettes prélevées dans l'élément fini ou la résistance structurale indirecte déterminée sur des éprouvettes fabriquées et conservées dans les conditions de l'usine.

La norme NF EN 13369 fixe, pour la mise en tension et en précontrainte, les contraintes de tension initiale, la précision, la rentrée des fils de précontrainte et la résistance minimale du béton. Ces exigences visent à garantir les niveaux de précontrainte définis et à éviter les fissures incontrôlées, l'éclatement du béton ou les déformations excessives des produits.

### > **Incidence des classes d'exposition sur l'enrobage minimal des aciers**

La norme NF EN 13369 indique les valeurs minimales d'enrobage des armatures en référence à la norme EN 1992-1-1 (Eurocode 2). Pour chaque classe d'exposition (XO, XC, XD ou XS), l'enrobage minimal est spécifié en tenant compte de la résistance du béton et du type d'armatures (précontraintes ou passives). Pour les classes d'exposition XA et XF, l'exigence sur l'enrobage résulte de la classe d'exposition retenue vis-à-vis de la corrosion des armatures (XC ou XD). D'autres conditions peuvent être données dans les normes de produits.

### > **Contrôle de la production en usine**

Les exigences relatives au contrôle de la production en usine sont définies dans l'article 6.3 de la norme NF EN 13369. Les plans de contrôles pour le matériel (annexe D1), les matériaux (annexe D2), le procédé (annexe D3) et les produits finis (annexe D4) sont adaptés aux particularités des éléments préfabriqués. Ils se substituent à ceux de la norme NF EN 206-1.

Des règles sont fixées pour le passage du contrôle normal à un contrôle réduit (lorsque par exemple 10 résultats successifs sont bons) ou à un contrôle renforcé (lorsque deux résultats parmi au plus cinq résultats consécutifs n'ont pas été acceptés).

### > **Concept de performance équivalent du béton**

L'industriel a la possibilité de définir les spécifications relatives aux classes d'exposition en utilisant les méthodes de conception performancielles pour la durabilité. Elles sont établies en termes de paramètres performancielles par les normes de produits.

Le concept de performance équivalente du béton (tel que décrit dans la norme NF EN 206-1) permet par exemple de modifier les exigences en ce qui concerne le dosage minimal en ciment et le rapport maximal eau/ciment dans le cas où une addition spécifique est utilisée. Le programme d'essai doit contenir tous les essais permettant de démontrer que les performances du béton étudié sont équivalentes à celles du béton de référence, en particulier vis-à-vis de l'action environnementale spécifique définissant la classe d'exposition.

### ■ **Commande des produits en béton**

La prescription précise et complète des caractéristiques d'un produit en béton (quelle que soit sa destination) est simple. Comme il s'agit de produits finis, il suffit de faire référence à l'édition nationale de la norme de produit et, lorsqu'il n'y a pas de norme de produit, à la norme NF EN 13369.

Cette référence, accompagnée de la prescription de la Marque NF (ou équivalent) implique automatiquement le respect de l'ensemble des règles de l'art. En effet, selon le cas, la norme de produit ou la norme NF EN 13369 spécifie systématiquement les normes support concernées, qu'il s'agisse, par exemple, des normes relatives aux constituants et au béton, ou bien des exigences relatives à la fabrication du produit (pour assurer sa durabilité) ou enfin des prescriptions adéquates des Eurocodes ou autres textes s'appliquant à la réalisation de l'ouvrage. De plus les aspects réglementaires relatifs au Marquage CE sont automatiquement couverts.

Pour ce qui est des produits structuraux, ils relèvent en France actuellement souvent de procédures d'Avis Techniques ou de procédures QUALIF-IB qui incluent toutes les précisions nécessaires (procédures auxquelles se substitueront en grande partie et progressivement des normes européennes de produits).

Enfin, si le marché fait référence à la norme NF EN 206-1, la conformité du produit aux normes ou textes cités ci-dessus assure la satisfaction des besoins du client dès que le domaine d'utilisation du produit est couvert par l'un de ces textes.

**La liste des normes de référence pour les produits en béton est disponible sur [www.cerib.com](http://www.cerib.com).**