

PRESCRIPTION DES BETONS SELON LES NORMES NBN EN 206-1:2001 & NBN B 15-001:2004

Avec exemples de spécifications de bétons et cahier des charges-type



**DOSSIER
CIMENT**

34
avril 2005

béton
norme

q4 (Ajp)
BBSfB

Avant-propos

La deuxième édition de la norme NBN B 15-001:1992 a été récemment remplacée par deux normes, à savoir, les normes NBN EN 206-1:2001 et NBN B 15-001:2004.

Ces deux normes sont liées de façon indissociable et sont intitulées de la même manière : 'BETON -Spécification, performances, production et conformité'.

La norme NBN B 15-001:2004 est constituée de compléments d'informations et de commentaires explicatifs concernant la NBN EN 206-1:2001.

Pour de plus amples détails à ce sujet, veuillez consulter l'encadré à la page suivante.

Le béton peut être prescrit (spécifié) de différentes façons selon les deux normes. La manière la plus courante est celle par laquelle l'utilisateur (architecte, bureau d'études, entrepreneur, maître d'ouvrage) prescrit les exigences souhaitées du béton ou, comme le formule la norme, prescrit un béton '**à propriétés spécifiées**'.

En ce qui concerne la description des performances souhaitées, les deux normes prévoient des '**données de base**' et des '**exigences complémentaires**'.

A chaque prescription de béton, l'utilisateur doit obligatoirement préciser les données de base dans tous les cas de figure.

Les exigences complémentaires doivent uniquement être mentionnées si le béton, à l'état frais ou à l'état durci, doit accomplir des performances spécifiques, ou si la mise en œuvre l'exige.

Il y a cinq données de base. La première est d'ordre général et stipule que le béton doit être conforme aux normes NBN EN 206-1:2001 et NBN B 15-001:2004.

Les quatre autres données sont indiquées ci-dessous par les lettres A, B, C et D. La lettre E est utilisée pour indiquer des exigences complémentaires. En voici la signification :

- A-** la résistance caractéristique à la compression, indiquée par la **classe de résistance**;
- B-** la durabilité souhaitée en fonction du **domaine d'utilisation** (B1) et de la **classe d'environnement** (B2)
- C-** la consistance voulue, mentionnée par une **classe de consistance**;
- D-** la **dimension nominale maximale** des granulats;
- E-** les exigences **complémentaires** souhaitées.

Cette méthode est non seulement très pratique mais elle garantit à l'utilisateur une sérieuse garantie de qualité.

En outre, elle seule permet de prescrire un béton porteur de la marque de qualité BENOR.

La marque BENOR  implique que le contrôle de la fabrication du producteur soit vérifiée par une tierce partie. La marque est donc synonyme de garantie que le béton produit répond aux données de base spécifiées.

Cela implique également que le béton réponde aux exigences complémentaires prescrites, pour autant que le contrôle externe par une tierce partie soit possible. Mise à part cette restriction, l'utilisateur ne doit plus contrôler lui-même la conformité du béton avec les exigences. La marque BENOR constitue donc un gain de temps et d'argent. L'utilisateur n'a donc plus qu'à contrôler le bon de livraison et l'exécution du travail.

La norme mentionne également une autre façon de prescrire du béton. Cette méthode repose sur la spécification de sa composition, ce qui exige une connaissance approfondie en technologie du béton. D'autre part, elle exige la connaissance des caractéristiques des matériaux disponibles.

En outre, la technologie du béton évolue rapidement et la gamme des composants utilisables pour fabriquer un béton ne fait que croître. La probabilité pour que l'utilisateur formule une composition de béton correcte, répondant aux prestations techniques et aux critères économiques, est évidemment très faible. C'est pourquoi, cette seconde méthode ne sera pas traitée dans le présent bulletin.

Dans les chapitres suivants, les données nécessaires à la prescription d'un 'béton à propriétés spécifiées' sont approfondies. Le lecteur y trouvera non seulement des directives pratiques, mais également des exemples de 'spécifications de béton' et un texte-type pour cahier des charges.

Ce document a été établi par la Fédération de l'Industrie Cimentière Belge (FEBELCEM) et la Fédération du Béton Prêt-à-l'Emploi (FSBP). Il a été soumis au Comité de Direction Béton de l'Organisme de Certification CRIC.

NBN EN 206-1:2001 et la norme complémentaire NBN B 15-001:2004 : 'Béton - Spécification, performances, production et conformité.'

La norme européenne EN 206-1 a été élaborée par le Comité Technique 'Concrete and related products' de l'institut européen de normalisation (CEN). Cette norme est d'application dans tous les pays membres de CEN, dont la Belgique.

L'institut belge de normalisation a publié cette norme en tant que norme nationale répertoriée comme la NBN EN 206-1:2001.

La NBN B 15-001:2004 complète et fournit des commentaires explicatifs relatifs à la norme NBN EN 206-1:2001.

Les additions sont normatives. Elles règlent les aspects de la norme NBN EN 206-1:2001 qui doivent être fixés au niveau national. Elles traitent aussi des sujets qui ne sont pas discutés dans la norme européenne, et pour lesquels il existe une expérience au niveau belge.

Les notes explicatives sont informatives. Elles complètent les prescriptions normatives.

Les deux normes forment un ensemble indissociable. Toute référence à la première implique nécessairement référence à la seconde, et réciproquement.

Elles contiennent des spécifications claires relatives aux constituants, à la composition, à la durabilité, au béton à l'état frais et à l'état durci. Elles stipulent des directives concernant la prescription et la livraison d'un béton. Elles contiennent des prescriptions pour le contrôle de la production ainsi que le contrôle, les critères et l'évaluation de la conformité.

Les deux normes sont valables pour les bétons non armés, armés et précontraints, destinés aux bâtiments et ouvrages d'art. Elles sont d'application pour le béton normal, le béton lourd et léger, le béton prêt-à-l'emploi et le béton fabriqué sur chantier. Elles sont également valables pour les produits préfabriqués en béton (produits en usine), bien qu'il est possible que des dérogations soient exigées ou permises dans d'autres normes européennes.

En ce qui concerne des applications spécifiques, comme le béton routier, le béton avec un diamètre maximal du granulats de 4 mm (mortier), le béton projeté, le béton de masse, etc., des spécifications complémentaires ou différentes sont décrites dans d'autres normes européennes ou, à défaut, dans des normes et prescriptions nationales.

Les aspects relatifs au calcul et au dimensionnement des constructions se trouvent dans la norme NBN B 15-002:1999, qui sera bientôt remplacée par la norme EN 1992-1-1.

En ce qui concerne l'exécution des structures en béton, il est utile de consulter la norme NBN ENV 13670-1:2000.



DONNÉES NÉCESSAIRES À LA PRESCRIPTION D'UN BÉTON :

La règle de base générale est que le béton doit satisfaire aux normes NBN B 15-001:2004 et NBN EN 206-1:2001.

Donnée de base A: CLASSE DE RÉSISTANCE

La résistance à la compression est la caractéristique la plus importante d'un béton durci. C'est sur elle que se basent le calcul et le dimensionnement d'une structure en béton. La norme définit 16 classes de résistance (voir le tableau à la page 10). Chaque classe est désignée par la lettre C suivie de la résistance caractéristique sur cylindre et sur cube :

$$C_{f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}}$$

(ex. C25/30, C30/37, etc.)

Les deux nombres sont importants : $f_{ck,cyl}$ est utilisé pour le calcul de la structure en béton; $f_{ck,cube}$ est utilisé pour le contrôle de la qualité (les cubes sont d'un emploi plus pratique).

La prescription d'un béton à performances spécifiées exige toujours la fixation d'une classe de résistance à choisir parmi les 16 classes de la norme. C'est la seule manière de définir sans ambiguïté la résistance caractéristique à la compression exigée.

Remarques:

- Ces classes de résistance sont valables pour les bétons normaux et lourds. Pour le béton léger, d'autres classes de résistance sont utilisées et indiquées par les lettres LC à la place de C.
- La résistance à la compression d'un béton est définie par sa valeur caractéristique, laquelle résulte de l'analyse statistique d'une série de résultats d'essais. Pour un béton donné, cette valeur représente la résistance qui doit être dépassée par au moins 95 % des résultats d'essais.
- La valeur $f_{ck,cube}$ de la classe de résistance représente la résistance caractéristique déterminée sur des éprouvettes cubiques de 150 mm de côté. Ces éprouvettes sont confectionnées et conservées selon les indications de la norme NBN EN 12390-1:2001 (Essai pour béton durci -Partie 1 : Forme, dimensions et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules) et la norme NBN EN 12390-2:2001 (Essai pour béton durci - Partie 2 : Confection et conservation des éprouvettes pour essais de résistance). Les éprouvettes sont conservées sous eau pendant 28 jours à une température de $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ou dans une enceinte où l'humidité relative est supérieure ou égale à 95 %. La résistance à la compression est déterminée selon la norme NBN EN 12390-3:2002 (Essai pour béton durci - Partie 3 : Résistance en compression des éprouvettes).
- La valeur $f_{ck,cyl}$ de la classe de résistance représente la résistance caractéristique déterminée sur des éprouvettes cylindriques de 300 mm de hauteur et 150 mm de diamètre, confectionnées et conservées de la même manière que les cubes.
- La forme et les dimensions de l'éprouvette influencent le résultat des essais. C'est la raison pour laquelle $f_{ck,cyl}$ diffère de $f_{ck,cube}$ et que chaque classe de résistance est définie par deux nombres.
- La classe de résistance de la donnée de base A est totalement indépendante de la classe de résistance mentionnée comme exigence complémentaire de durabilité, donnée implicitement à la prescription de la classe d'environnement (voir donnée de base B). Avant de choisir une classe de résistance pour le calcul du dimensionnement, il est souhaitable de vérifier la correspondance avec les exigences en matière de durabilité. Sinon, il est fort possible que la classe de résistance finale du béton livré soit plus élevée que celle prescrite comme donnée de base A pour pouvoir satisfaire les critères en matière de durabilité (donnée de base B).

**Donnée de base B (B1 et B2):
DURABILITÉ : DOMAINE D'UTILISATION (B1) et CLASSE D'ENVIRONNEMENT (B2)**



Les **exigences de durabilité** qu'il convient de formuler pour un béton, dépendent entre autres, du **domaine d'utilisation** (B1) et de la **classe d'environnement** (B2). Le domaine d'utilisation indique si le béton est **non armé, armé** ou **précontraint**. Cette distinction est essentielle puisque le béton non armé est soumis à des mécanismes d'attaque moins sévères que le béton armé ou précontraint. En indiquant le domaine d'utilisation, la teneur maximum autorisée en ions chlore est donnée implicitement (voir la première remarque ci-dessous pour de plus amples informations).

La classe d'environnement fait référence à l'**environnement** dans lequel le béton sera exposé. Un élément en béton qui fait partie d'une structure intérieure doit répondre à des exigences moins sévères de durabilité qu'un élément extérieur. Les exigences concernant un élément extérieur dépendent de la présence éventuelle d'humidité, de gel, de sels de déverglaçage, d'eau de mer ou de substances agressives dans l'environnement.

La norme NBN B 15-001:2004 identifie différents 'environnements'. Ces 'environnements' sont très présents en Belgique et sont d'application courante en pratique belge du béton. Ils sont appelés '**classes d'environnement**' et indiqués par la lettre **E** dérivé de l'anglais 'Environment', suivie par la lettre **I, E, S** ou **A** (dérivés de l'anglais 'Interior', 'Exterior', 'Sea' ou 'Agressive') et éventuellement d'un chiffre décrivant l'environnement de manière plus précise. La norme prévoit 13 classes d'environnement. Voir le tableau à la page 7.

La plupart du temps, une seule classe d'environnement suffit à caractériser l'environnement dans lequel le béton est exposé. Lorsque le béton se trouve dans un environnement agressif, il faut souvent avoir recours à deux classes d'environnement : par exemple, un environnement extérieur légèrement agressif avec un risque de gel sans contact avec la pluie : EA1 et EE2.

A chaque classe, des **exigences de durabilité** sont formulées pour les 3 domaines d'utilisation. Ces exigences imposent d'importantes contraintes sur la composition du béton (par exemple : une teneur en ciment minimale, un rapport eau/ciment maximal, etc.).

La prescription d'un béton à performances spécifiées exige toujours de préciser le domaine d'utilisation (béton non armé, armé ou précontraint) (B1) et une des 13 classes d'environnement (B2) . Les exigences en matière de durabilité sont ainsi définies sans ambiguïté.

Remarques:

- *En indiquant le domaine d'utilisation, la teneur maximale autorisée en ions chlore est définie implicitement. La norme détermine que la limite maximale autorisée dans le contexte belge est égale à 1,0 % Cl^- dans le béton non armé, à 0,40% Cl^- dans le béton armé et à 0,20 % Cl^- dans le béton précontraint. Ceci est calculé par rapport au poids du ciment dans le béton.*

Les chlorures dans le béton armé ou précontraint peuvent provoquer la 'corrosion initiée par les chlorures'. Ils peuvent être présents dans le ciment, les adjuvants, les granulats, etc.

Il est donc primordial de limiter la teneur totale en ions chlore. Il est interdit d'ajouter du chlorure de calcium ou des adjuvants à base chlorée à du béton armé ou précontraint.

- Pour chaque classe d'environnement, les exigences de durabilité imposées sont indiquées au tableau 1. Les exigences de durabilité (dans la norme NBN B 15-001:2004) sont traduites par un type de béton, éventuellement complété par 'd'autres exigences' (notes en bas de page).

Un type de béton est une combinaison spécifique des exigences de durabilité suivantes :

- (1) rapport eau/ciment maximal. Ce rapport donne la proportion entre la quantité d'eau efficace, présente dans le béton à l'état frais et la teneur en ciment. La quantité d'eau efficace est égale à la quantité d'eau totale diminuée de la quantité d'eau absorbable par les granulats. La teneur en ciment tient compte de la présence éventuelle d'ajouts de type II selon les définitions des articles 5.2.5.2.1 jusque 5.2.5.2.4 inclus des normes NBN B 15-001:2004 et NBN EN 206-1:2001.
- (2) dosage minimal en ciment. Cette teneur tient compte de la présence éventuelle d'ajouts de type II selon les définitions des articles 5.2.5.2.1 jusque 5.2.5.2.4 inclus des normes NBN B 15-001:2004 et NBN EN 206-1:2001.
- (3) classe de résistance à la compression minimale. Cette exigence est complémentaire aux deux précédentes. Le fait que le béton y réponde est un signe qu'il n'est pas en contradiction avec les autres exigences. Donc, le béton qui répond à l'exigence de la résistance à la compression minimale satisfera probablement aussi au critère de la teneur en ciment minimale et à celui du rapport eau/ciment maximal. Un béton avec une résistance à la compression plus faible que la résistance à la compression minimale ne répondra vraisemblablement pas aux deux autres exigences. Au niveau de la durabilité, la résistance à la compression minimale exerce donc une fonction informative et de contrôle.
- (4) teneur en air minimale (le cas échéant).

Un type de béton est indiqué par le symbole T, suivi par un chiffre se rapportant au rapport eau/ciment maximal autorisé et éventuellement par la lettre A (de l'anglais 'Air') en présence d'une teneur en air minimale imposée. La norme prévoit 10 types de béton. Voir le tableau 2.

- Pour EE4 et ES4, deux types de béton sont possibles, notamment un avec et un sans une 'exigence pour la teneur en air minimale'. Si le prescripteur souhaite un béton de type A, donc avec une 'exigence de teneur en air minimale', il doit le mentionner comme une exigence complémentaire (voir la rubrique 'exigences complémentaires E').
- EA1, EA2 et EA3 sont définis selon le tableau 2 de la norme NBN EN 206-1:2001. Pour chaque classe, ce tableau contient des valeurs limites en rapport avec le degré d'acidité et la teneur en ions de substances agressives vis-à-vis du béton. Par exemple, les valeurs limites pour la teneur en ions sulfates dans l'eau du sol sont les suivantes :

Faiblement agressif : $200 \leq \text{SO}_4^{2-} \leq 600$ mg/l
Modérément agressif : $600 < \text{SO}_4^{2-} \leq 3000$ mg/l
Fortement agressif : $3000 < \text{SO}_4^{2-} \leq 6000$ mg/l

A partir d'une concentration en ions sulfates supérieure à 500 mg/l, il faut impérativement recourir à l'utilisation d'un ciment à haute résistance aux sulfates (ciment HSR selon la norme NBN B 12-108). Ceci doit être indiqué comme exigence complémentaire (E).

- Les normes NBN EN 206-1:2001 et NBN B 15-001:2004 permettent également de prescrire un béton à l'aide des classes d'exposition. Les classes d'exposition sont définies dans la norme NBN EN 206-1:2001. Leur définition dépend des éventuels mécanismes d'attaque auxquels le béton peut être

soumis, comme les cycles de gel/dégel avec ou sans sels de déverglaçage, l'attaque chimique et, en présence d'armatures, la corrosion initiée soit par carbonatation soit par les chlorures. La norme prévoit 18 classes d'exposition.

La prescription judicieuse des classes d'exposition requiert une plus grande connaissance en technologie du béton que la prescription des classes d'environnement. Il est plus pratique et plus rapide de sélectionner des classes d'environnement que des classes d'exposition. C'est pourquoi dans la norme NBN B 15-001:2004, il est recommandé de définir les exigences de durabilité en fonction des classes d'environnement.

Il faut être bien conscient que ces deux sortes de classes sont intimement liées. A la prescription d'une classe d'environnement, il est en fait également utile d'écrire implicitement les classes d'exposition pour celles qui sont d'application dans l'environnement concerné. Les exigences de durabilité des classes d'environnement sont également dérivées de celles des classes d'exposition.

Pour de plus amples informations sur les classes d'exposition, les exigences de durabilité qui en découlent, comment les sélectionner et leur relation avec les classes d'environnement, il faut se référer aux normes citées plus haut et au nouveau manuel de 'Technologie du Béton' du Groupement belge du Béton (GBB).

Tableau 1: Exigences de durabilité pour les bétons non armés (BNA), armés (BA) et précontraints (BP)

Classe d'environnement		Exigences de durabilité			
symb.	Description	BNA		BA ou BP	
		Type de béton	Autres exigences	Type de béton	Autres exigences
E0	Environnement non agressif	T(1,00)	(6)		
E1	Application intérieure	T(1,00)		T(0,65)	
EE	Application extérieure				
EE1	Pas de gel	T(1,00)		T(0,60)	
EE2	Gel, mais pas de contact avec la pluie	T(0,55)	(1) (3) (4)	T(0,55)	(1) (2) (3) (4)
EE3	Gel et contact avec la pluie	T(0,55)	(1) (3) (4)	T(0,50)	(1) (2) (3) (4)
EE4	Gel et agents de déverglaçage (présence d'eau contenant des agents de déverglaçage provenant soit de sa fonte sur place, soit de projections, soit de ruissellement)	T(0,45) of T(0,50)A	(1) (3) (4) (7)	T(0,45) ou T(0,45)A	(1) (2) (3) (4) (7)
ES	Environnement marin				
	Pas de contact avec de l'eau de mer, mais bien avec de l'air marin (jusqu'à 3 km de la côte) et/ou avec de l'eau saumâtre				
ES1	Pas de gel	T(0,60)		T(0,50)	
ES2	Gel	T(0,55)	(1) (3) (4)	T(0,50)	(1) (2) (3) (4)
	Contact avec de l'eau de mer				
ES3	Éléments immergés	T(0,55)		T(0,45)	
ES4	Éléments exposés aux marées et aux éclaboussures	T(0,45) ou T(0,50)A	(1) (3) (4) (7)	T(0,45) ou T(0,45)A	(1) (2) (3) (4) (7)
EA	Environnement agressif				
EA1	Environnement à faible agressivité chimique suivant le tableau 2 du NBN EN 206-1:2001	T(0,55)	(5) (8)	T(0,55)	(5) (8)
EA2	Environnement d'agressivité chimique modérée suivant le tableau 2 du NBN EN 206-1:2001	T(0,50)	(5) (8)	T(0,50)	(5) (8)
EA3	Environnement à forte agressivité chimique suivant le tableau 2 du NBN EN 206-1:2001	T(0,45)	(5) (8)	T(0,45)	(5) (8)

(1) La résistance au gel des granulats doit être mesurée suivant la norme NBN EN 1367-1:2000 ou NBN EN 1367-2:1998.
(2) En cas d'utilisation de ciment CEM I et ajout de plus de 33 % de cendres volantes par rapport à la teneur en ciment, la valeur du coefficient k est 0.
En cas d'utilisation de ciment CEM III/A et ajout de plus de 25 % de cendres volantes par rapport à la teneur en ciment, la valeur du coefficient k est 0.
(3) Lors d'ajout au béton de cendres volantes avec une perte au feu comprise entre 5 et 7 %, il y a lieu (outre les exigences formulées à l'article 5.2.5.2.2) de ne pas excéder une quantité de cendres volantes en masse de 25 % par rapport au dosage de ciment en masse. On peut toutefois s'écarter de cette exigence pour autant que l'on ait exécuté des essais d'aptitude à l'emploi selon le prescrit de l'annexe J de la NBN EN 206-1:2001.
(4) Dans le cas de ciments CEM II/B-V, CEM II/B-M (V-...) et CEM V/A sur le sac et/ou le bon de livraison desquels il est mentionné que les cendres volantes utilisées ont une perte au feu de 7 %, ces ciments ne peuvent être utilisés que dans la mesure où la teneur en cendres volantes de ces ciments n'excède pas 25 % de la somme des constituants principaux et secondaires (selon la NBN EN 197-1:2000). On peut toutefois s'écarter de cette exigence pour autant que l'on ait exécuté des essais d'aptitude à l'emploi selon le prescrit de l'annexe J de la NBN EN 206-1:2001.
(5) Un ciment à haute résistance aux sulfates (conforme à la NBN B12-108:2002) doit être utilisé si la teneur en sulfate est > 500 mg/kg dans l'eau ou > 3000 mg/kg dans le sol.
(6) Le béton de type T(1,50) n'est autorisé que dans des cas exceptionnels de bétons non armés tels que, par exemple, les bétons de propreté de fondation.
(7) Béton sans air entraîné sauf si imposé par le prescripteur en fonction du risque de dégâts dus au gel.
(8) Voir paragraphe 6 du tableau 1 et tableau 2 de la norme NBN EN 206-1:2001.

Table 2 : Types de béton

Désignation	T(1,50)	T(1,00)	T(0,65)	T(0,60)	T(0,55)	T(0,55)A	T(0,50)	T(0,50)A	T(0,45)	T(0,45)A
Rapport maximal eau/ciment (1)	1,50	1,00	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45
Dosage minimal en ciment (2)	-	-	260	280	300	300	320	320	340	340
Classe de résistance min. (3)(5)	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C20/25	C30/37	C25/30	C35/45	C30/37
Teneur en air min. du béton frais (4) en % pour un diamètre max. nominal des granulats:										
20 mm ≤ D _{max} ≤ 31,5 mm						4		4		4
11,2 mm ≤ D _{max} ≤ 16 mm						5		5		5
5,6 mm ≤ D _{max} ≤ 10 mm						6		6		6

(1) Teneur en eau efficace; pour la teneur en ciment, voir les spécifications des articles 5.2.5.2.1, 5.2.5.2.2, 5.2.5.2.3 et 5.2.5.2.4.
(2) Voir les spécifications des articles 5.2.5.2.1, 5.2.5.2.2, 5.2.5.2.3 et 5.2.5.2.4.
(3) Sur base d'essais d'aptitude préalables, réalisés conformément à l'annexe J de la NBN EN 206-1:2001, on peut déroger à cette exigence, pour autant que la composition du béton réponde effectivement aux deux conditions de base, à savoir le rapport maximal eau/ciment et le dosage minimal en ciment.
(4) Avec un facteur d'espacement des bulles d'air entraîné < 0,200 mm mesuré sur béton durci (selon NBN EN 480-11:1999).
(5) Pas d'application pour les bétons légers.

Donnée de base C: CLASSE DE CONSISTANCE

Pour obtenir un béton durci possédant la résistance à la compression et la durabilité souhaitées, il faut qu'il soit convenablement **mis en œuvre**, compacté et **protégé**. Pour ce faire, le béton frais doit présenter une ouvrabilité compatible avec la complexité et les dimensions de l'élément à couler, de même qu'avec la densité des armatures, le mode de mise en place et la technique de serrage.

La norme définit différentes **classes de consistance**. Leur définition dépend de la méthode utilisée pour mesurer la consistance. La norme décrit quatre méthodes. Les deux suivantes sont les plus couramment utilisées :

- détermination de l'affaissement (*slump*) mesuré par le cône d'Abrams (5 classes définies pour l'affaissement : de S1 à S5) ;
- détermination du diamètre de l'étalement (*flow*) sur la table à secousses (6 classes indiquées par la mesure des chocs : de F1 à F6).

Cinq classes de consistance caractérisent l'affaissement et six autres concernent l'étalement; elles sont reprises dans le tableau à la page 10.

La prescription d'un béton à performances spécifiées exige toujours de préciser une classe de consistance (indiquées par l'affaissement ou l'étalement).

Remarques:

- La consistance est mesurée selon la norme NBN EN 12350-2:1999 'Essai pour béton frais- Partie 2 : Essai d'affaissement' ou la norme NBN EN 12350 5:1999 'Essai pour béton frais- Partie 5 : Essai d'étalement à la table à choc'.
- La méthode pour mesurer l'étalement (*flow*) diffère de celle décrite dans la norme précédente. Il n'existe aucun lien entre les anciennes et les nouvelles classes F.
- Au-delà de certaines limites de consistance, les méthodes d'essais sont très imprécises. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser les méthodes dans les intervalles suivants :

Slump	≥ 10 mm en ≤ 210 mm
Diamètre d'étalement	≥ 340 mm en ≤ 620 mm
- La préférence sera donnée à la classe S3 (*slump*/affaissement) parce que cette classe permet une mise en place aisée et un bon compactage. Pour les sols, les classes S3 ou S4 sont utilisées selon la méthode de mise en œuvre. Une autre classe de consistance peut se justifier selon le type d'application, la densité du ferrailage, les méthodes de mise en place et de compactage.
- La quantité d'eau autorisée est souvent trop faible pour assurer une ouvrabilité suffisante du mélange. Dans ce cas, pour pouvoir satisfaire simultanément les critères de durabilité et de consistance, l'emploi d'un superplastifiant (plastifiant hautement réducteur d'eau) est souvent requis.
- Si, lors de la livraison, de l'eau ou tout autre produit sont ajoutés au béton à la demande de l'utilisateur, **ce béton n'est plus couvert par la marque BENOR**. Ceci doit être mentionné sur le bon de livraison. La conformité du béton aux performances spécifiées doit alors être à nouveau prouvée par des essais effectués par un laboratoire agréé : détermination de la résistance à la compression, rapport eau/ciment, etc. L'ajout d'eau exerce une influence négative sur la qualité du béton, notamment en diminuant sa résistance à la compression et sa durabilité.



Détermination de l'affaissement (*slump*)



Détermination de l'étalement (*flow*)

CRIC

Donnée de base D: DIMENSION NOMINALE MAXIMALE DU GRANULAT

Un béton armé durable exige entre autres que l'armature soit complètement et parfaitement enrobée de béton et que le **recouvrement soit suffisamment épais**. Ceci évite la corrosion des armatures et assure une bonne adhérence entre celles-ci et le béton. Les granulats ne doivent pas être trop volumineux car ils pourraient faire obstacle à l'enrobage complet de l'armature.

Dans la norme NBN EN 206-1:2001, il est mentionné que pour le choix de la dimension nominale du granulat (D_{max}), il faut tenir compte de l'épaisseur de recouvrement et de la plus petite dimension de l'élément à bétonner. La norme NBN B 15-001:2004 contient des recommandations plus détaillées quant au choix du D_{max} . Voir plus loin les remarques.

La **dimension maximale nominale du granulat** (D_{max}) est la valeur supérieure (D) d'une classe granulaire normalisée (d/D). Les classes granulaires sont définies dans la norme européenne NBN EN 12620:2002 – 'Granulats pour béton'.

Un choix doit être effectué dans une série de 13 valeurs.

Voir le tableau à la page 10.

La prescription d'un béton à performances spécifiées exige toujours de préciser une des 13 dimensions maximales du granulat (D_{max}).

Remarques:

- Il est recommandé de choisir un D_{max} de granulat le plus grand possible et compatible avec le mélange, le transport et la mise en œuvre.
La dimension du granulat doit donc être choisie de cette manière et l'armature doit être en adéquation de telle sorte que :
 - (1) lors de la mise en place, le béton puisse entourer complètement les armatures;
 - (2) le béton puisse être compacté de manière correcte sans entraîner de ségrégation.

Il est d'usage de ne pas choisir un D_{max} supérieur à :

- (1) $1/5$ de la plus petite distance entre les parois du coffrage;
 - (2) $1/5$ de l'épaisseur de la dalle;
 - (3) $3/4$ du plus petit écartement entre les barres d'armature, (en cas d'armatures soudées : 1,5 fois la plus petite distance);
 - (4) $1/4$ de l'espace libre entre les armatures longitudinales utilisées pour la fabrication de pieux moulés dans le sol;
 - (5) $2/5$ de l'épaisseur de la couche de compression d'un plancher;
 - (6) l'épaisseur d'enrobage.
- Selon la norme NBN EN 12620:2002, la granularité des gravillons peut s'étaler jusqu'à un diamètre maximal de $2D$.
 - Compte tenu des méthodes de mise en place ou de finition, il peut être opportun de prescrire une dimension nominale maximale du granulat adaptée à ces dernières.

Exigences complémentaires E:

Pour des applications particulières, il peut être utile de définir des exigences complémentaires. Celles-ci peuvent concerner :

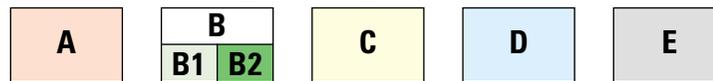
- la **composition** (par exemple le type de ciment, la teneur minimum en ciment, éventuellement le type de béton avec de l'air pour les classes d'environnement EE4 et ES4) ;
- le **béton frais** (par exemple l'ajout d'adjuvants améliorant l'ouvrabilité, accélérant ou ralentissant la prise du béton, augmentant sa teneur en air, améliorant son étanchéité...) ;
- la **mise en oeuvre** (par exemple béton pompé) ;
- le **béton durci** (par exemple étanchéité améliorée, résistance à l'usure, résistance accrue contre l'absorption d'eau selon l'annexe informative O de la norme NBN B 15-001:2004).

Remarques:

- Comme exigence de durabilité, la norme mentionne deux types de béton possibles pour les classes d'environnement EE4 et ES4, notamment un avec et un sans air. Si le prescripteur souhaite le type de béton avec air, il doit l'indiquer comme exigence complémentaire. A défaut d'avoir mentionné cette exigence complémentaire, le producteur de béton supposera que le prescripteur préfère le type de béton sans air.
- Les exigences complémentaires doivent être compatibles avec les exigences de base, en matière de technologie du béton. En cas de doute, il est préférable de contacter le producteur de béton au préalable.
- La marque BENOR garantit que le béton répond aux exigences complémentaires spécifiées à condition que son contrôle soit possible par une tierce partie (indépendante). En cas de doute, il est préférable de contacter le producteur de béton au préalable.

EN PRATIQUE: COMMENT PRESCRIRE UN BÉTON À PERFORMANCES SPÉCIFIÉES?

En exigeant que le béton soit conforme aux normes NBN B 15-001:2004 et NBN EN 206-1:2001, en remplissant **obligatoirement** les cases de A à D (exigences de base) et en remplissant de **manière facultative** la case E (exigences complémentaires) avec les caractéristiques voulues de ce béton :



Donnée de base A: choisir la classe de résistance

CLASSE	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
$f_{ck,cyl}$	8	12	16	20	25	30	35	40	45
$f_{ck,cube}$	10	15	20	25	30	37	45	50	55
CLASSE	C50/60	C55/67	C60/75	C70/85	C80/95	C90/105	C100/115		
$f_{ck,cyl}$	50	55	60	70	80	90	100		
$f_{ck,cube}$	60	67	75	85	95	105	115		
$f_{ck,cyl}$: résistance sur cylindre (N/mm ² ; cyl. de 300 mm de hauteur x 150 mm de diam.)						Les éprouvettes sont conservées pendant 28 jours à (20±2)°C sous eau ou dans une chambre où l'humidité relative est ≥ 95 %			
$f_{ck,cube}$: résistance sur cube (N/mm ² ; cube de 150 mm de côté)									

Donnée de base B1: choisir le domaine d'utilisation

BNA	Béton non armé (teneur en ions chlore ≤ 1,0 % Cl ⁻)
BA	Béton armé (teneur en ions chlore ≤ 0,40 % Cl ⁻)
BP	Béton précontraint (teneur en ions chlore ≤ 0,20 % Cl ⁻)

Donnée de base B2: choisir la classe d'environnement

CLASSE	DESCRIPTION
E0	Environnement non agressif (uniquement valable pour béton non armé)
EI	Application intérieure (parois intérieures des habitations ou de bureaux)
<i>EE</i>	<i>Application extérieure</i>
EE1	Pas de gel (fondation sous le niveau de gel,...)
EE2	Gel, mais pas de contact avec la pluie (garage ouvert couvert, vide sanit., passage ouvert dans un bâtiment,...)
EE3	Gel et contact avec la pluie (murs extérieurs exposés à la pluie,...)
EE4	Gels et agents de déverglaçage (éléments d'infrastructure routière,...)
<i>ES</i>	<i>Environnement marin</i>
	<i>Pas de contact avec l'eau de mer, mais bien avec de l'air marin (jusqu'à 3 km de la côte) et/ou avec de l'eau saumâtre</i>
ES1	Pas de gel (fondations sous le niveau de gel exposées à de l'eau saumâtre,...)
ES2	Gel (murs extérieurs de bâtiments en zone côtière,...)
	<i>Contact avec de l'eau de mer</i>
ES3	Eléments immergés
ES4	Eléments exposés aux marées et aux éclaboussures (murs de quai,...)
<i>EA</i>	<i>Environnement agressif (toujours en combinaison avec une des classes d'environnement ci-dessus)</i>
EA1	Environnement à faible agressivité chimique
EA2	Environnement d'agressivité chimique modérée
EA3	Environnement à forte agressivité chimique

Donnée de base C: choisir la classe de consistance

CLASSE	AFFAISSEMENT (<i>Slump</i>) en mm	CLASSE	ETALEMENT (<i>Flow</i>) en mm
S1	10 - 40	F1	≤ 340
S2	50 - 90	F2	350 - 410
S3	100 - 150	F3	420 - 480
S4	160 - 210	F4	490 - 550
S5	≥ 220	F5	560 - 620
		F6	≥ 630

Donnée de base D: choisir la dimension nominale maximale du granulat (D_{max})

Choisir D_{max} dans cette série:	6	8	10	11	12	14	16	20	22	32	40	45	63
-------------------------------------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Données complémentaires E

En rapport avec la composition
En rapport avec le béton frais
En rapport avec la mise en œuvre
En rapport avec le béton durci

EXEMPLES DE SPÉCIFICATIONS DE BÉTON DANS LES CAS LES PLUS COURANTS

Les applications du béton les plus répandues sont répertoriées dans le tableau ci-dessous. Elles ont été complétées par les données courantes permettant de prescrire le béton voulu. Ces informations sont données à titre exemplatif et n'engagent aucunement la responsabilité de l'éditeur.

L' AUTEUR de projet (architecte, bureau d'études...) est responsable des indications concernant les exigences suivantes :

Données de base générales : le béton doit satisfaire aux normes NBN EN 206:2001 et NBN B 15-001:2004,

donnée de base A : la classe de résistance à la compression,

donnée de base B : le domaine d'utilisation (B1) et la classe d'environnement (B2),

donnée de base C : la classe de consistance,

donnée de base D : la dimension maximale du granulats, et les données complémentaires (éventuelles) (E)

Moyennant l'accord de l'auteur de projet, l'entrepreneur peut modifier la classe de consistance (C) et la dimension maximale du granulats (D) ainsi que formuler des données complémentaires (E).

TYPE D'APPLICATION:	DONNÉES À COMPLÉTER :					
	A	B		C	D	E ⁽⁴⁾
		B1 ⁽¹⁾	B2 ⁽²⁾⁽³⁾			

1. FONDATIONS

Fondations non armées pour constructions légères (terrasse, box de garage...)	C25/30	BNA	EE3	S3	20, 22 ou 32	(10), (11)
Fondations non ou légèrement armées (poutres de ceinture, semelles...)						
non exposés au gel	C20/25	BNA	EE1	S3	20, 22 ou 32	(10), (11)
exposés au gel	C25/30	BNA	EE3	S3	20, 22 ou 32	(10), (11)
Béton pour pieux, puits.....	C25/30	BA	EE1	S1-S3	20, 22 ou 32	(10), (11)

2. CAVES, SILOS, RESERVOIRS

Béton armé pour murs de cave, constructions étanches...						
non exposés au gel						
a) épaisseurs de paroi \geq 20 cm	C25/30	BA	EE1	S3	20, 22 ou 32	(10), (11)
b) épaisseurs de paroi de 10 à 20 cm	C25/30	BA	EE1	S3	14, 16 ou 20	(10), (11)
exposés au gel						
a) épaisseurs de paroi \geq 20 cm	C30/37	BA	EE3	S3	20, 22 ou 32	(10), (11)
b) épaisseurs de paroi de 10 à 20 cm	C30/37	BA	EE3	S3	14, 16 ou 20	(10), (11)
Silos couloirs	C35/45	BA	EA3 et EE3	S3	20, 22 ou 32	(10), (11)
Fosses à fumier						
au-dessus du niveau du sol	C30/37	BA	EA2 et EE3	S3	20, 22 ou 32	(9), (11)
au-dessous du niveau du sol (cave dans une étable).....	C30/37	BA	EA2 et EE1 ⁽¹²⁾	S3	20, 22 ou 32	(9), (11)

3. CONSTRUCTIONS

Béton pour structures portantes en béton armé						
climat intérieur sec	C25/30	BA	EI	S3	20, 22 ou 32	
extérieur (gel, pas de contact avec la pluie).....	C25/30	BA	EE2	S3	20, 22 ou 32	(10), (11)
extérieur (gel, contact avec la pluie).....	C30/37	BA	EE3	S3	20, 22 ou 32	(10), (11)

4. SOLS, PARKINGS, ROUTES ...

Béton pour allées, trottoirs, terrasses, ...⁽⁵⁾	C25/30	BNA	EE3	⁽⁸⁾	20, 22 ou 32	(10), (11)
Béton pour parkings, voies d'accès (véhicules légers),	C35/45	BA	EE4	⁽⁸⁾	20, 22 ou 32	(10), (11)
Béton pour sols industriels (intérieur) ^{(6) (7)}	C25/30	BA	EI	⁽⁸⁾	20, 22 ou 32	
Béton pour sols industriels (extérieur) ⁽⁶⁾	C35/45	BA	EE4	⁽⁸⁾	20, 22 ou 32	(10), (11)

(1) BNA = béton non armé; BA= béton armé; BP = béton précontraint.

(2) Les applications ne sont PAS sensées se situer en environnement marin.

(3) Hormis les silos couloirs et les fosses à lisier, le béton est supposé ne pas être exposé à un environnement d'agressivité chimique faible, modérée ou forte. En pratique, il faut chaque fois vérifier si l'environnement ne contient pas de substances chimiquement nocives pour le béton (comme par exemple les sulfates dans le sol ou l'eau souterraine).

(4) Ces exigences complémentaires peuvent concerner les composants, le béton frais, la mise en œuvre et/ou le béton durci.

(5) Dans l'hypothèse où le béton non armé n'est pas en contact avec des sels de déverglaçage. Si c'est le cas, il faut prescrire un C35/45 (donnée de base A) et EE4 (donnée de base B2).

(6) Aucun traitement de surface éventuel n'est pris en compte.

(7) Dans l'hypothèse où le sol n'est pas en contact avec de l'eau chargée en sels de déverglaçage ou de l'eau ruisselante provenant de véhicules ou de machines rentrant à l'intérieur.

(8) Dépend de la méthode de mise en œuvre.

(9) Ciment à haute résistance aux sulfates (ciment HSR).

(10) Il faut vérifier que l'eau ou le sol en contact avec le béton ne contiennent aucun sulfate. A partir d'une teneur en sulfates $>$ 500 mg/l dans l'eau et 3000 mg/kg dans le sol, il faut recourir à l'emploi d'un ciment à haute résistance aux sulfates (ciment HSR selon la norme NBN B12-108). Ceci doit être spécifié comme exigence complémentaire.

(11) Au contact de l'eau, il existe un danger d'une réaction alcalis-silice. L'article 5.2.3.4 de la norme NBN B15-001:2004 contient des règles de prévention de cette réaction, comme l'utilisation d'un ciment avec une teneur en alcalis limitée (ciment LA selon la norme NBN B12-109). L'utilisation d'un ciment LA doit être spécifiée comme exigence complémentaire.

(12) EE3 pour des murs de cave exposés au gel.

TEXTE DESCRIPTIF "BÉTON" À INSÉRER DANS LES CAHIERS DE CHARGES

(NB : Cet article ne s'applique pas aux éléments en béton préfabriqué en usine)

BETON

1. Spécifications générales et exigences

La préparation, la spécification et les caractéristiques du béton ainsi que le contrôle de la production doivent satisfaire aux exigences et aux directives des normes NBN EN 206-1:2001 et NBN B 15-001:2004 «Béton – Spécification, performances, production et conformité». Les deux normes s'appliquent dans leur intégralité. Ce cahier des charges complète les deux normes dans lesquelles un choix doit être effectué.

Tous les bétons sont du type «à performances spécifiées», ce qui implique que l'entrepreneur a la responsabilité de livrer un béton qui répond aux exigences de base et aux éventuelles exigences complémentaires requises par le présent Cahier des Charges et par les deux normes précitées.

2. Spécifications particulières

La terminologie utilisée est celle des normes NBN EN 206-1:2001 et NBN B 15-001:2004

2.1 Exigences

	Exigences (1)					
	A	B		C	D	E
		B1	B2			
2.1.1						
2.1.2						
2.1.3						

(1) **A** classe de résistance; **B**: exigences de durabilité avec **B1** (domaine d'utilisation) et **B2** (domaine d'environnement); **C**: classe de consistance; **D**: dimension nominale maximale des granulats (D_{max}); **E**: exigences complémentaires

2.2 Contrôle sur chantier de la conformité aux exigences.

2.2.1 Avant le début des travaux de bétonnage, l'entrepreneur doit mentionner la provenance du béton au maître d'œuvre en précisant : soit fabrication sur chantier, soit provenant d'une centrale non BENOR, soit d'une centrale BENOR.

2.2.2 Le béton provenant d'une centrale disposant d'une licence BENOR a été fabriqué sous contrôle d'un organisme tiers. Il ne doit donc plus être contrôlé sur le chantier. La provenance d'une centrale BENOR est prouvée par les bons de livraison qui portent le label BENOR et le numéro d'identification attribué par l'organisme de certification BENOR. Sur le bon, toutes les exigences reprises en 2.1. et toutes les données de l'article 7.3 des deux normes précitées doivent être mentionnées. Les bons de livraison sont conservés sur le chantier et restent à la disposition du maître d'œuvre.

2.2.3 Le béton qui n'est pas livré ou fabriqué sous la marque BENOR relève de la seule responsabilité de l'entrepreneur, même s'il en confie la fabrication à une centrale tierce (non BENOR). L'entrepreneur doit conserver la trace chronologique des opérations de bétonnage (composition, quantités et contrôles effectués) en les mentionnant au journal des travaux. En outre, il doit s'assurer de la conformité aux exigences par des contrôles réguliers. Ce contrôle porte sur tous les facteurs pouvant affecter la qualité du béton, comme mentionné dans le chapitre 9 de la norme NBN EN 206-1:2001. Les rapports écrits des contrôles effectués et des résultats obtenus doivent pouvoir être transmis au maître d'œuvre sur simple demande.

2.2.3.1 Contrôle de la classe de résistance

En ce qui concerne la classe de résistance d'un béton, les modalités de contrôle sont les suivantes :

- L'entrepreneur confiera à ses frais, l'ensemble des opérations de contrôle de résistance du béton à un laboratoire agréé, et ce, depuis le prélèvement du béton sur le chantier jusqu'à l'écrasement des éprouvettes.
- Quel que soit le lieu de fabrication du béton, les prélèvements se feront toujours sur chantier. La fréquence de ces prélèvements est d'au moins 1 prélèvement par jour de production ou de livraison de béton pour chaque classe de résistance produite ou livrée. Si la quantité produite ou livrée d'un jour dépasse les 75 m³ par classe de résistance, la fréquence est portée à un prélèvement par tranche de 75 m³. Toute tranche entamée donne lieu à un prélèvement.
- Chaque prélèvement doit provenir d'une gâchée ou d'un camion-mixer différent. Il donnera lieu à la confection de 3 éprouvettes cubiques de 150 mm de côté. A 28 jours, les éprouvettes sont soumises à un essai d'écrasement. Le RESULTAT qualifiant le prélèvement est la moyenne de 3 éprouvettes. Le contrôle porte sur chaque groupe de 3 résultats consécutifs, chaque résultat ne faisant partie que d'un seul groupe (la classe de résistance).

La moyenne de 3 résultats consécutifs doit être supérieure ou égale à : $f_{ck,cube} + 8$ (en N/mm²)

Chaque résultat doit être supérieur ou égal à : $f_{ck,cube} - 1$ (en N/mm²).

$f_{ck,cube}$ est le second nombre figurant dans la désignation normalisée C . . . / . . . de la classe de résistance (cfr. 2.1).

Les résultats qui ne font pas partie d'un groupe de 3 résultats consécutifs (comme les derniers résultats d'une série qui n'est pas un multiple de 3) doivent être tous supérieurs ou égaux à $f_{ck,cube} + 5$ (en N/mm²). Le laboratoire agréé désigné pour exécuter les essais transmet une copie des procès-verbaux directement au maître d'œuvre.

2.2.3.2 Contrôle de la consistance

L'entrepreneur exécute les contrôles de consistance du béton fabriqué ou livré, aux mêmes fréquences que celles de la classe de résistance. Pour ce faire, il doit disposer du matériel nécessaire.

2.2.3.3 Autres contrôles

Le maître d'œuvre se réserve le droit de procéder ou de faire procéder à ses frais, à tout contrôle relatif aux exigences autres que celles de résistance et de consistance. L'entrepreneur est tenu de lui apporter, sans frais, l'assistance voulue à cet effet.

2.3 Transport, mise en oeuvre et cure du béton frais

L'entrepreneur est tenu de prendre les mesures nécessaires pour garantir la qualité du béton pendant le transport sur chantier, la mise en œuvre et la durée de durcissement. Ces mesures sont détaillées dans la norme NBN ENV 13670-1:2000 'Exécution des structures en béton – Partie 1 : Généralités'.

A chaque passage sur chantier du maître d'œuvre ou de son représentant, il observera l'application rigoureuse et stricte de ces mesures, ceci faisant partie de sa mission de surveillance générale des travaux.

2.4 Manquement (usurpation, infraction) et non-conformité

Si le maître d'œuvre constate que les impositions techniques et administratives relatives à la qualité du béton ne sont pas du tout ou pas suffisamment respectées, il dresse alors un procès-verbal et prévient l'entrepreneur. Lorsque ce dernier ne peut pas fournir de justification acceptable, une amende forfaitaire de ... EUR par manquement constaté, lui sera appliqué d'office. Une non-conformité de la résistance du béton entraînera un refus et la démolition du béton concerné. Cependant, à la demande de l'entrepreneur, et à ses frais, des investigations complémentaires peuvent être entreprises pour examiner la qualité réelle du béton sur chantier. Selon les résultats obtenus, le maître d'œuvre peut décider de ne pas procéder à la démolition mais accorder une ristourne proportionnelle à la gravité du manque de résistance et à la quantité de béton suspect.



ce bulletin est publié par:
FEBELCEM - Fédération de
l'Industrie Cimentière Belge
rue Volta 8
1050 Bruxelles
tél. 02 645 52 11
fax: 02 640 06 70
www.febelcem.be
info@felbelcem.be

en collaboration avec:
FSBP - Fédération du Béton Prêt
à l'Emploi
rue Volta 8
1050 Bruxelles
tél. 02 735 01 93
fax: 02 735 14 67
www.fsbp.be
info@fsbp.be

éditeuse responsable:
J.P. Jacobs

photo couverture:
André Nullens

dépôt légal:
D/2005/0280/02