

PRESCRIPTION DES BÉTONS

SELON LES NORMES

NBN EN 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018

TECHNOLOGIE | JANVIER 2020



		q4	(Ajp)
--	--	----	-------

BB/SfB

- DONNÉES DE BASE & DONNÉES COMPLÉMENTAIRES
- COMMENT PRESCRIRE UN BÉTON
- EXEMPLES
- TEXTE POUR CAHIER DES CHARGES 





AVANT-PROPOS

La norme NBN B 15-001:2012 document d'application belge de la norme NBN EN 206-1:2004 a été récemment remplacée par la norme NBN B 15-001:2018 document d'application belge de la norme NBN EN 206:2013+A1:2016.

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

La norme NBN B 15-001:2018 complète et remplace certaines parties de la NBN EN 206:2013+A1:2016.

Le présent bulletin traite de la spécification des bétons « courants », pas de celle de tous les bétons ! La spécification d'autres bétons sera traitée dans un autre bulletin. Voir plus loin à ce propos.

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 performances souhaitées du béton ou, selon les termes de la norme, un béton 'à propriétés spécifiées'.

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

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

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

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 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018.

Les quatre autres données sont indiquées ci-dessous par les lettres A, B, C et D. La lettre E est utilisée pour indiquer des données 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** D_{max} des granulats,
- E- les **données complémentaires** souhaitées.

PRESCRIPTION DU BÉTON 'À PROPRIÉTÉS SPÉCIFIÉES'

Cette méthode est non seulement très pratique mais elle offre à l'utilisateur une véritable garantie de performances. En outre, elle seule permet de prescrire un béton porteur de la marque de qualité BENOR.

La détention de la marque BENOR signifie que le contrôle de la fabrication du producteur est vérifié par une tierce partie. La marque est donc synonyme de garantie que le béton produit répond aux données de base spécifiées ainsi qu'aux données complémentaires prescrites (sauf cas exceptionnels où le contrôle externe n'est pas possible).

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.

LA NORME NBN EN 206:2013+A1:2016 ET LA NORME COMPLÉMENTAIRE NBN B 15-001:2018 : 'BÉTON - SPÉCIFICATION, PERFORMANCES, PRODUCTION ET CONFORMITÉ'

La norme européenne EN 206:2013+A1:2016 a été élaborée par le Comité technique Européen de Normalisation CEN/TC 104 'Concrete and related products'. Cette norme est d'application dans tous les pays membres du CEN, dont la Belgique.

Le bureau de normalisation belge, le NBN, a publié cette norme en tant que NBN EN 206:2013+A1:2016. La NBN B 15 001:2018 complète cette norme européenne : elle contient des additions, des remplacements et des notes sur la norme NBN EN 206:2013+A1:2016.

Les additions et les remplacements du texte de la NBN EN 206:2013+A1:2016 sont normatifs sauf avis contraire explicitement renseigné. Ils règlent les aspects de la norme NBN EN 206:2013+A1:2016 qui doivent être fixés au niveau national. Ils 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.

FEBELCEM a édité et publié la version consolidée de ces deux normes pour en faciliter la lecture et permettre un plus large accès à ces documents. Voir Bibliographie [3].

Les deux normes 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 (masse volumique de 2000 à 2600 kg/m³), le béton lourd (masse volumique > 2600 kg/m³) et léger (masse volumique comprise entre 800 et 2000 kg/m³), 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 que des règles spécifiques soient souvent données dans les normes « produit » européennes harmonisées.

1. DONNÉES NÉCESSAIRES À LA PRESCRIPTION D'UN BÉTON

1.1 EXIGENCE GÉNÉRALE : LE BÉTON DOIT SATISFAIRE AUX NORMES NBN EN 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018

1.2 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 7), de C8/10 à C100/115. Chaque classe est désignée par la lettre C suivie de la résistance caractéristique à 28 jours sur cylindre et sur cube et exprimée en MPa.

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).

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

(Exemples : C25/30, C30/37, etc.)

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 caractéristique à la compression f_{ck} 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 12390-1:2012 « Essai pour béton durci -Partie 1 : Forme, dimensions et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules » et la norme NBN EN 12390-2:2019 « 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 ± 2) °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 12390-3:2019 « Essai pour béton durci - Partie 3 : Résistance à la 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, donnée de base A, est totalement indépendante de la classe de résistance mentionnée comme exigence complémentaire de durabilité, donnée implicitement par la prescription de la classe d'environnement (voir donnée de base B). La classe de résistance pour le calcul du dimensionnement doit être supérieure ou égale à la classe de résistance minimale qui résulte de la spécification de la durabilité afin de ne pas sous-estimer le pourcentage minimal d'armature ainsi que la largeur des fissures. Ces deux paramètres sont fonction de la résistance caractéristique à la compression du béton.

1.3 DONNÉE DE BASE B (B1 ET B2) : DURABILITÉ : DOMAINE D'UTILISATION ET CLASSE D'ENVIRONNEMENT

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 un nombre moins élevé de mécanismes d'attaques que le béton armé ou précontraint. En indiquant le domaine d'utilisation, la teneur maximale autorisée en ions chlore est donnée implicitement (voir la première remarque ci-après pour de plus

amples informations). Il existe toutefois une exception. La norme recommande une classe de teneur en ions chlore plus stricte (Cl 0,20) pour le béton armé situé dans un environnement dans lequel un apport d'ions chlore est possible. Ceci peut être mentionné le cas échéant comme une exigence complémentaire. (Voir plus loin donnée E)

La classe d'environnement fait référence à l'environnement dans lequel le béton sera exposé. Un élément en béton situé à l'intérieur d'un bâtiment doit répondre à des exigences

moins sévères de durabilité qu'un élément situé à l'extérieur du bâtiment. 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.

L'approche de la durabilité des bétons est basée dans la norme NBN B 15-001:2018 sur l'usage des classes d'environnement courantes en Belgique. Ces classes d'environnement sont indiquées 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 7.

Cette approche belge simplifie grandement l'approche de la durabilité des bétons de la norme NBN EN 206:2013+A1:2016 basée elle sur l'usage des classes d'exposition. Une seule classe d'environnement suffit à caractériser l'environnement dans lequel le béton est exposé sauf lorsque le béton se trouve dans un environnement agressif. Il faut alors toujours spécifier deux classes d'environnement : par exemple, un environnement extérieur légèrement agressif avec un risque de gel sans contact avec la pluie : EA1 et EE2.

Pour chacune des classes, des exigences de durabilité sont formulées en fonction du domaine 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 la classe (ou les classes si EA1, EA2 ou EA3) d'environnement (B2). Les exigences de durabilité sont ainsi clairement définies.

REMARQUES :

- En indiquant le domaine d'utilisation, la teneur maximale autorisée en ions chlore est définie implicitement. La norme mentionne que la teneur maximale autorisée dans le contexte belge est égale à 1,00 % dans le béton non armé, à 0,40 % dans le béton armé et à 0,20 % dans le béton précontraint. Ceci est calculé par rapport au poids du ciment dans le béton, prenant en compte d'éventuelles additions de type II, voir plus loin en (1).

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, en fonction du domaine d'utilisation. Les exigences de durabilité dans la norme NBN B 15-001:2018 sont traduites par un type de béton, éventuellement complété par 'd'autres exigences'. La norme prévoit 10 types de béton. Voir le tableau 2.

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'additions de type II (cendres volantes, fumées de silice, laitier granulé de haut-fourneau moulu) selon les définitions des articles 5.2.5.2.1 jusque 5.2.5.2.4 inclus des normes NBN EN 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018.

- (2) dosage minimal en ciment. Cette teneur tient compte de la présence éventuelle d'additions de type II mentionnées au paragraphe ci-dessus.

ATTENTION :

Le type de ciment utilisable, la combinaison éventuelle de ce ciment avec des additions de type II et l'augmentation éventuelle du dosage minimal sont donnés dans les Tableaux 3-ANB, 4-ANB et 5-ANB de la NBN B 15-001:2018. Ces tableaux sont des tableaux d'aptitude spécifique à l'emploi des liants en fonction des classes d'exposition et des classes d'environnement des bétons non-armés ou armés et précontraints.

- (3) classe de résistance à la compression minimale. 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 (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 imposée.

Pour EE3, EE4, ES2 et ES4, deux types de béton sont possibles, notamment un type avec une exigence pour la teneur en air et un autre sans cette exigence. Si le prescripteur souhaite un béton de type A, donc avec une exigence de teneur en air, il doit le mentionner comme une exigence complémentaire (voir la rubrique 'données complémentaires E'). Sans cet ajout, le producteur de béton partira du principe que le prescripteur choisit le type de béton sans air entraîné.

- XA1, XA2 et XA3, correspondant respectivement à EA1, EA2 et EA3, sont définis selon le tableau 2 de la norme NBN EN 206:2013+A1:2016. 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 les eaux souterraines ou en contact avec les ouvrages en béton sont les suivantes :
 - Environnement faiblement agressif EA1 : $200 \leq \text{SO}_4^{2-} \leq 600 \text{ mg/l}$
 - Environnement modérément agressif EA2 : $600 < \text{SO}_4^{2-} \leq 3000 \text{ mg/l}$
 - Environnement fortement agressif EA3 : $3000 < \text{SO}_4^{2-} \leq 6000 \text{ mg/l}$
- A partir d'une concentration en ions sulfates supérieure à 600 mg/l dans l'eau ou 3000 mg/kg dans le sol en contact avec le béton, il est nécessaire de recourir à un ciment à haute résistance aux sulfates selon la norme NBN B 12-108:2015. Il est également possible d'utiliser une combinaison de ciment et de laitier granulé de haut-fourneau moulu conforme à la note (a) du tableau 1

(= tableau F.3-ANB de la NBN B 15-001:2018). Si ces ciments SR/HSR ou (ciment + addition) sont nécessaires, ils doivent être indiqués comme exigence complémentaire (E).

- Les « ciments à haute résistance aux sulfates » selon la NBN B 12-108 sont :
 - les ciments Portland CEM I-SR 0 et CEM I-SR 3,
 - les ciments de haut fourneau CEM III/B-SR et CEM III/C-SR,
 - le ciment composé CEM V/A (S-V) HSR,
 - le ciment sursulfaté SSC HSR (NBN EN 15743+A1:2015 « Ciment sursulfaté - Composition, spécifications et critères de conformité »).
- Comme mentionné plus haut, les normes NBN EN 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018 permettent également de prescrire un béton à l'aide des classes d'exposition. Les classes d'exposition sont définies dans la norme NBN EN 206:2013+A1:2016. Leur définition dépend des 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 simple et plus rapide de sélectionner des classes d'environnement que des classes d'exposition. C'est pourquoi dans la norme NBN B 15-001:2018, 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. Les exigences de durabilité des classes d'environnement sont 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 manuel de 'Technologie du Béton' du Groupement belge du Béton (GBB, 2018). Voir Bibliographie [2].



Classe d'environnement		Exigences de durabilité			
Symbole	Description	BNA		BA ou BP	
		Type de béton	Exigences complémentaires	Type de béton	Exigences complémentaires
E0	Environnement non agressif	T(1,00)	(b)	Pas d'application	
E1	Environnement intérieur sec	T(1,00)		T(0,65)	
EE	Environnement intérieur humide ou extérieur				
EE1	Pas de gel	T(1,00)		T(0,60)	
EE2	Gel, pas de contact avec eau de pluie ou eau projetée	T(0,55)		T(0,55)	
EE3	Gel, contact avec eau de pluie et/ou eau projetée	T(0,50) ou T(0,55)A	(c)	T(0,50) ou T(0,50)A	(c)
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) ou T(0,50)A	(c)	T(0,45) ou T(0,45)A	(c)
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(0,50) ou T(0,55)A	(c)	T(0,50) ou T(0,50)A	(c)
	Contact avec de l'eau de mer				
ES3	Immergé	T(0,55)		T(0,45)	
ES4	Zone de marnage et d'éclaboussures	T(0,45) ou T(0,50)A	(c)	T(0,45) ou T(0,45)A	(c)
EA	Environnement chimiquement agressif				
EA1	Environnement chimiquement peu agressif suivant la NBN EN 206:2013+A1:2016, tableau 2	T(0,55)		T(0,55)	
EA2	Environnement chimiquement moyennement agressif suivant la NBN EN 206:2013+A1:2016, tableau 2	T(0,50)	(a)	T(0,50)	(a)
EA3	Environnement chimiquement très agressif suivant la NBN EN 206:2013+A1:2016, tableau 2	T(0,45)	(a)	T(0,45)	(a)

(a) Un ciment à haute résistance aux sulfates (conforme à la NBN B 12-108) ou une combinaison de ciment et de laitier granulé de haut-fourneau moulu conforme à l'ATG "Laitier de haut-fourneau moulu – LMA" comprenant au moins 66 % m/m de LMA au regard de la quantité totale de ciment + LMA doit être utilisé si la teneur en sulfate > 600 mg/kg dans l'eau et > 3000 mg/kg ou 2000 mg/kg (voir note c du tableau 2 de la NBN EN 206:2013+A1:2016) dans le sol. Dans le cas du LMA, la haute résistance aux sulfates doit être démontrée suivant les règles définies dans l'Agrément Technique (ATG) pour les laitiers moulus, couverte par un ATG certifié et référant à la présente norme.

(b) Un type de béton T(1,50) peut être utilisé exceptionnellement dans des applications de béton non armé telles par exemple les bétons de propreté pour fondations.

(c) Béton sans air entraîné sauf si imposé par le prescripteur.

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

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	1,50	1,00	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45
Teneur minimale en ciment (c)	-	-	260	280	300	300	320	320	340	340
Classe de résistance à la compression minimale (a) (b)	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C20/25	C30/37	C25/30	C35/45	C30/37
Teneur minimale/maximale en air du béton frais en % pour D_{max}										
$20 \text{ mm} \leq D_{max} \leq 31,5 \text{ mm}$						4,0/8,0		4,0/8,0		4,0/8,0
$14 \text{ mm} \leq D_{max} \leq 6 \text{ mm}$						5,0/9,0		5,0/9,0		5,0/9,0
$5,6 \text{ mm} \leq D_{max} \leq 12 \text{ mm}$						6,0/10,0		6,0/10,0		6,0/10,0
<p>(a) Cette exigence s'applique à 28 jours sauf pour les compositions de béton avec un développement de la résistance très lent pour lesquelles un âge plus élevé peut être fixé en accord avec le prescripteur.</p> <p>(b) Pas d'application pour les bétons légers.</p> <p>(c) Voir la remarque 1.3 (2)</p>										

Tableau 2 – Types de béton

1.4 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). Voir tableau 7 ;

- détermination du diamètre de l'étalement (*flow*) sur la table à secousses (6 classes indiquées par la mesure de l'étalement : de F1 à F6). Voir tableau 7.

Si la densité de ferrailage, la complexité ou la hauteur du coffrage, les exigences sur le bullage ou autres paramètres rendent le serrage, la vibration du béton difficile voire impossible, le recours à un béton auto-plaçant (BAP) est probablement indiqué. Un BAP ne se vibre pas !

La norme permet aussi de spécifier une valeur cible de consistance au lieu d'une classe de consistance (p.ex. un slump de $200 \pm 30 \text{ mm}$).

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

REMARQUES :

- La consistance est mesurée selon la norme NBN EN 12350-2:2019 « Essai pour béton frais- Partie 2 : Essai d'affaissement » ou la norme NBN EN 12350-5:2019 « Essai pour béton frais- Partie 5 : Essai d'étalement à la table à choc ». Les résultats des mesures sont exprimés à 10 mm près.
- 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 : $10 \text{ mm} \leq \text{slump} \leq 210 \text{ mm}$ et $340 \text{ mm} \leq \text{flow} \leq 620 \text{ mm}$
- En pratique, la préférence est souvent donnée à la classe S4 (slump/affaissement) parce que cette classe permet une mise en place très aisée. Pour les sols intérieurs, les classes S4 voire S5 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 associée au type de béton 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 (fibres ou adjuvant) sont ajoutés au béton sur chantier à la demande de l'utilisateur, ce béton n'est plus couvert par la marque BENOR : le logo doit être biffé sur le bon de livraison. La nature et les quantités des ajouts doivent être mentionnées sur le bon de livraison. La conformité du béton aux performances spécifiées doit alors être à nouveau prouvée par des essais: 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.



Mesure de l'affaissement
© CRIC



Mesure du diamètre de l'étalement
© CRIC

1.5 DONNÉE DE BASE D : D_{\max} DIMENSION NOMINALE MAXIMALE DU GRANULAT

Un béton armé durable exige entre autres que l'armature soit complètement et parfaitement enrobée de béton et que l'enrobage de l'armature soit suffisamment grand. Ceci évite la corrosion des armatures et assure une bonne adhérence entre celles-ci et le béton. Les granulats ne doivent pas être trop gros car ils pourraient nuire à l'enrobage complet de l'armature. Dans la norme NBN EN 206:2013+A1:2016, il est mentionné que pour le choix de la dimension nominale du granulat D_{\max} , il faut tenir compte de l'épaisseur d'enrobage et de la plus petite dimension de l'élément à bétonner. La norme NBN B 15-001:2018 contient des recommandations plus détaillées quant au choix du D_{\max} .

La dimension maximale nominale du granulat D_{\max} est la valeur supérieure D d'une classe granulaire normalisée exprimée en (d/D) . Les classes granulaires définies dans la norme européenne NBN EN 12620+A1:2008 'Granulats pour béton' admettent la présence d'un refus au tamis à D et d'un passant au tamis à d . Un choix doit être effectué dans une série de 13 valeurs. Voir le tableau 7.

A noter que la NBN EN 206:2013+A1:2016 introduit le concept des valeurs D_{\inf} et D_{\sup} qui peut sans problème ne pas être pris en compte pour prescrire correctement le béton.

La prescription d'un béton à performances spécifiées impose de préciser le D_{\max} choisi parmi les 13 valeurs données au tableau 7.

REMARQUES :

- Conformément à l'annexe informative P de la NBN B 15-001:2018, 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. L'armature et le D_{\max} doivent être sélectionnés 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 ségrégation.

Il est d'usage de choisir un D_{\max} inférieur 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) 2/5 de l'épaisseur de la couche de compression d'un plancher,
- (5) l'épaisseur d'enrobage.

- Selon la norme NBN EN 12620+A1:2008, 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.

1.6 DONNÉES COMPLÉMENTAIRES E

En fonction de l'exposition du béton et/ou des techniques de mise en œuvre, il peut être utile de définir des exigences complémentaires ou des méthodes d'essai. Les données complémentaires doivent être compatibles avec les données de base, en matière de technologie du béton. En cas de doute, il est préférable de contacter le producteur de béton au préalable.

Nous attirons particulièrement l'attention sur deux aspects qui concernent la durabilité du béton, à savoir les mesures contre la réaction alcali-silice (RAS) et l'absorption d'eau par immersion (WAI).

Les données complémentaires peuvent concerner :

1) la composition

- ciment :
 - type de ciment (p.ex. CEM III/B),
 - la classe de résistance du ciment (p.ex. 42,5 N),
 - la couleur du ciment (ciment gris ou blanc),
 - usage d'un ciment SR/HSR si teneur en sulfates élevée,
 - pour une prise rapide (p.ex. pour l'hiver), les ciments Portland CEM I, rapides (R) et/ou à haute résistance au jeune âge (HES) seront privilégiés. Pour une prise plus lente (p.ex. pour des éléments massifs), les ciments de haut-fourneau CEM III/A ou CEM III/B et/ou à faible chaleur d'hydratation (LH) sont plus indiqués.
- type de granulats : p.ex. granulats calcaires (ils présentent un coefficient de dilatation thermique plus faible – retrait thermique réduit –, les éléments en béton de granulats calcaires présentent une résistance au feu supérieure à celle des éléments en béton de granulats siliceux), cas des bétons lavés, teneur minimale en fines...
- type de béton avec air entrainé. Comme indiqué dans le tableau 1 (c), pour EE3, EE4, ES2 et ES4, deux types de béton sont possibles, notamment un type avec une 'exigence pour la teneur en air' et un autre sans cette exigence. Si le prescripteur souhaite un béton de type A, donc avec une 'exigence de teneur en air', il doit le mentionner comme une exigence complémentaire. Sans cet ajout, le producteur de béton partira du principe que le prescripteur choisit le type de béton sans entraîneur d'air.
- mesures contre la réaction alcali-silice : le niveau de prévention RAS (PREV) et la catégorie d'exposition RAS (AR) (voir annexe I de la NBN B 15-001:2018) peuvent être définis par le prescripteur. Si l'ouvrage est classé dans les « ouvrages importants », il est important que le prescripteur précise le niveau de prévention requis (PREV3). Voir remarques ci-après.
- classe de teneur en ions chlore plus stricte (Cl 0,20) pour le béton armé situé dans un environnement dans lequel un apport d'ions chlore est possible.

2) **le béton frais** : exigence d'un délai de mise en œuvre garanti supérieur à la valeur par défaut et/ou durée du maintien de la consistance supérieure à la valeur par défaut.

3) **la mise en œuvre** : type de mise en œuvre (par exemple béton pompé : préciser hauteur + longueur), la cadence des livraisons.

4) le béton durci

- l'absorption d'eau par immersion WAI (Water Absorption by Immersion)

Absorption d'eau par immersion	Applicable au type de béton	Valeurs moyennes	Valeurs individuelles
WAI(0,50)	T(0,50)	6,0 %	6,5 %
WAI(0,50)A	T(0,50)A	6,3 %	6,8 %
WAI(0,45)	T(0,45)	5,5 %	6,0 %
WAI(0,45)A	T(0,45)A	5,8 %	6,3 %
WAI(0,40)	T(0,45)	5,0 %	5,5 %

Tableau 3– Absorption d'eau par immersion (selon Annexe O de la NBN B 15-001:2018)

NB : Moyennant accord préalable entre toutes les parties impliquées, une augmentation des valeurs limites peut être appliquée si $D_{\max} \leq 16$ mm (voir tableau O.1-ANB de la NBN B 15-001).

- évolution de la résistance du béton pour mieux appréhender les durées de cure et d'étalement. Pratiquement, cette évolution est fixée par le type de ciment utilisé comme repris dans la NBN B 15-400:2015/AC:2016 au tableau 9-ANB.
Par exemple, elle sera :
 - 'rapide' pour les CEM I 52,5 N ou R
 - 'moyenne' pour les CEM I 42,5 N ou R, les CEM III/A 42,5 N ou 52,5 N
 - 'lente' pour les CEM III/A 32,5 N, les CEM III/B 32,5 N ou 42,5 N et CEM V/A 32,5 N
 - 'lente' ou 'très lente' pour les combinaisons de ciments et d'additions de type II

Pour des exigences complémentaires relatives aux produits préfabriqués en béton, il convient de se référer aux normes pertinentes ou aux prescriptions techniques afférentes.

REMARQUES :

- Pour se prémunir de la réaction alcali-silice qui nécessite au moins un environnement humide pour se déclencher, l'annexe I informative de la NBN B 15-001:2018 définit quatre mesures possibles qui sont synthétisées dans le tableau 5 ci-contre.

	AR1 (EO et EI par défaut)	AR2 (EE, ES et EA de 1 à 3 par défaut)	AR3 (EE4 et ES4 par défaut)
PREV1 (RAS acceptable) Ex. : Eléments non armés, éléments remplaçables tels que caillebotis, bétons revêtus d'un coating, structures temporaires...	Aucune	Aucune	Aucune
PREV2 (par défaut) (RAS peu acceptable) Ex. : Bétons de structure, infrastructures routières (éléments linéaires, bordures, filets d'eau ...) Revêtements de routes avec trafic faible ou moyen	Aucune	1 ou 2 ou 3 ou 4	1 ou 2 ou 3 ou 4
PREV3 (RAS non acceptable) Ex. : Bétons de structure pour de grands et/ou d'importants ouvrages, (grands immeubles, stades de football...) et de travaux d'infrastructures (ponts, tunnels, quais, ...) Revêtements de routes avec trafic important	Aucune	1 ou 3 ou 4	1 ou 3 (a) ou 4 (a)
(a) avec des valeurs spécifiées plus sévères			
Mesure 1 : utilisation de granulats avec déclaration attestée de non-réactivité			
Mesure 2 : utilisation d'un seul ciment LA (pas de mélange de ciments) conforme à la norme NBN B 12-109 avec maximum une addition de type II avec les teneurs maximales indiquées dans le tableau ci-dessous			
Mesure 3 : limitation de la teneur en alcalis du béton à une valeur spécifiée (bilan alcalis $\leq 3,5$ à $10,0$ kg/m ³ de béton en fonction du liant utilisé)			
Mesure 4 : réalisation d'un essai de gonflement afin de confirmer la durabilité de la composition d'un béton en matière de RAS			

Tableau 5 – Listes des mesures préventives à prendre contre la réaction alcali-silice en fonction du niveau de prévention réaction alcali-silice (PREV) et catégorie d'exposition réaction alcali-silice (AR)

TYPE DE CIMENT	SANS ADDITIONS (kg/m ³)	AVEC ADDITION DE TYPE II (quantité d'additions ≤ 50 kg/m ³) (kg/m ³)
CEM I LA	420	350
CEM III/A LA	450	380
CEM III/B LA	450	380
CEM III/C LA	450	-
CEM V/A LA	450	-

Tableau 6 – Teneur maximale autorisée en ciment du béton pour application de la mesure 2 (Tableau I.4-ANB de la NBN B 15-001:2018)

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.

2. EN PRATIQUE: COMMENT PRESCRIRE UN BÉTON À PERFORMANCES SPÉCIFIÉES ?

- En exigeant que le béton soit **conforme aux normes NBN EN 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018**, et ...
- ... en remplissant **obligatoirement** les cases de A à D (données de base) et en remplissant **de manière facultative la case E** (données complémentaires) avec les caractéristiques voulues de ce béton :

A	B1	B2	C	D	E
---	----	----	---	---	---

Béton conforme aux normes NBN EN 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018

DONNÉE DE BASE A : choisir la classe de résistance du béton C $f_{ck,cyl} / f_{ck,cube}$ (1)

Il s'agit de la classe de résistance la plus élevée qui résulte du dimensionnement structural et du choix de la classe d'environnement

CLASSE	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C25/30	C30/37	C40/50
		C45/55	C50/60	C55/67	C60/75	C70/85	C80/95	C90/105

(1) $f_{ck,cyl}$: résistance caractéristique (N/mm²) sur cylindre de 300 mm de hauteur x 150 mm de diamètre
 $f_{ck,cube}$: résistance caractéristique (N/mm²) sur cube de 150 mm de côté

DONNÉE DE BASE B1 : choisir le domaine d'utilisation

BNA	Béton non armé (classe de teneur en chlorures Cl 1,00)
BA	Béton armé (classe de teneur en chlorures Cl 0,40)
BP	Béton précontraint (classe de teneur en chlorures Cl 0,20)

DONNÉE DE BASE B2 : choisir la classe d'environnement

CLASSE	DESCRIPTION	Classe de résistance minimale	
		BNA	BA/BP
EO	Environnement non agressif (uniquement valable pour béton non armé)	C12/15	NA
EI	Environnement intérieur sec (intérieur des habitations ou bureaux avec un climat intérieur normal)	C12/15	C16/20
EE	<i>Environnement intérieur humide ou extérieur</i>		
EE1	Pas de gel (p. ex. fondations sous le niveau de gel, bétons immergés en permanence ...)	C12/15	C20/25
EE2	Gel, mais pas de contact avec eau de pluie et/ou eau projetée (p. ex. vide sanitaire, passage ouvert dans un bâtiment,...)	C25/30	C25/30
EE3	Gel, contact avec eau de pluie et/ou eau projetée (p. ex. mur extérieur ou surfaces extérieures horizontales en contact avec la pluie et/ou eau projetée)	C30/37 C20/25 ⁽²⁾	C30/37 C25/30 ⁽²⁾
EE4	Gel et sels de déverglaçage (p. ex. éléments d'infrastructures routières, sol des parkings soumis au gel (couvert ou non) ou surfaces extérieures en contact avec des sels de déverglaçage)	C35/45 C25/30 ⁽²⁾	C35/45 C30/37 ⁽²⁾

(2) Béton avec entraîneur d'air

DONNÉE DE BASE B2 : choisir la classe d'environnement (suite)			
CLASSE	DESCRIPTION	Classe de résistance minimale	
		BNA	BA/BP
ES	<i>Environnement marin</i>		
	<i>Pas de contact avec l'eau de mer, mais bien avec l'air marin (jusqu'à 3 km de la côte) et/ou avec de l'eau saumâtre ⁽³⁾</i>		
ES1	Pas de gel (p. ex. fondations sous la limite de gel en contact avec de l'eau saumâtre ...)	C25/30	C30/37
ES2	Gel (p. ex. murs extérieurs ou surfaces extérieures horizontales en contact avec de l'eau de pluie en zone côtière ...)	C30/37 C20/25 ⁽²⁾	C30/37 C25/30 ⁽²⁾
	<i>Contact avec l'eau de mer</i>		
ES3	Sous eau	C25/30	C35/45
ES4	Zones de marnage et d'éclaboussures (p. ex. murs de quai ...)	C35/45 C25/30 ⁽²⁾	C35/45 C30/37 ⁽²⁾
EA	<i>Environnement chimiquement agressif (toujours en combinaison avec une des classes d'environnement ci-dessus)</i>		
EA1	Environnement chimiquement peu agressif	C25/30	C25/30
EA2	Environnement chimiquement moyennement agressif	C30/37	C30/37
EA3	Environnement chimiquement très agressif	C35/45	C35/45
⁽²⁾ Béton avec entraîneur d'air ⁽³⁾ L'eau saumâtre est de l'eau souterraine à laquelle de l'eau de mer est venue se mélanger. Elle peut être trouvée à faible profondeur en particulier dans la région côtière, dans les polders de la région de Diksmude, dans certains polders de la Flandre orientale et aux alentours du port d'Anvers. L'altitude de 6 m est généralement considérée comme la limite de ces zones.			

DONNÉE DE BASE C : choisir la classe de consistance			
CLASSE	AFFAISSEMENT (Slump) en mm	CLASSE	ÉTALEMENT (Flow) 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 : entre autres niveau de prévention PREv1, 2 (par défaut) ou 3
En rapport avec le béton frais
En rapport avec la mise en œuvre : entre autres béton pompé ou non
En rapport avec le béton durci : entre autres béton avec entraîneur d'air

Tableau 7 – Comment prescrire un béton à performances spécifiées

3. EXEMPLES DE SPÉCIFICATIONS DE BÉTON DANS LES CAS LES PLUS COURANTS

Quelques exemples de spécification pour des applications courantes de béton sont donnés au tableau 8. La spécification d'un béton doit être adaptée en pratique à chaque situation spécifique (en fonction de l'application exacte, de l'expérience, d'exigences éventuelles spécifiques, etc.).

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 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018 ;
- 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 ;
- Données complémentaires (E) éventuelles.

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).

Au niveau des responsabilités, la norme NBN EN 206:2013+A1:2016 mentionne explicitement dans son introduction :

« En pratique, il est possible que plusieurs entités différentes spécifient des exigences à différents stades de la conception et de la construction, par exemple le client, le concepteur, l'entrepreneur et le sous-traitant responsable du bétonnage. Chacun est responsable de la transmission des exigences spécifiées et des éventuelles exigences complémentaires au maillon suivant de la chaîne, jusqu'au producteur. Au sens de cette norme européenne, la compilation finale est désignée par le terme « spécification du béton ». Inversement, le prescripteur, le producteur et l'utilisateur peuvent être la même entité (par exemple, un producteur de béton préfabriqué ou un entrepreneur réalisant la conception et la construction). Dans le cas du béton prêt à l'emploi, l'acheteur du béton frais est le prescripteur qui fournit la spécification du béton au producteur. »



	A	B1	B2	C	D	E
n° 1	Semelle de fondation armée de fibres métalliques de type AAA. Le béton n'est pas en contact avec des agents agressifs ...					
	Béton conforme aux normes NBN EN 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018					
	C25/30	BA	EE1	S4	20 mm	<ul style="list-style-type: none"> • 30 kg/m³ de fibres métalliques de type AAA • pompe 32 m
n° 2	Dalle de sol en BA d'un local intérieur soumis à des produits très agressifs (EA3)					
	Béton conforme aux normes NBN EN 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018					
	C35/45	BA	EI+ EA3	S4	16 mm	<ul style="list-style-type: none"> • ciment CEM III/B 42,5 N - SR LA • maintien de l'ouvrabilité durant 60 min • pompe 42 m
n° 3	Ouvrage massif en BA contenant des agents agressifs (teneur en sulfates de l'ordre de 2500 mg/l dans l'eau en contact avec le béton). Une absorption d'eau par immersion limitée est nécessaire. De plus, il s'agit d'éléments de construction pour lesquels les effets de la RAS ne sont pas acceptables. En effet, la réparation ou le remplacement d'éléments détériorés a un impact économique substantiel.					
	Béton conforme aux normes NBN EN 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018					
	C30/37	BA	EE3 + EA2	S4	20 mm	<ul style="list-style-type: none"> • ciment CEM III/B 42,5 N-LH/SR LA • granulats calcaires • WAI(0,50) • PREV3/AR2 • pompe 24 m
n° 4	Pile d'un ouvrage d'art routier en BA. Pas de contact avec des agents agressifs mais bien avec des sels de déverglaçage. Une absorption d'eau par immersion limitée est nécessaire. Il s'agit d'éléments de construction pour lesquels les effets de la RAS ne sont pas acceptables. En effet, la réparation ou le remplacement d'éléments détériorés a un impact économique substantiel.					
	Béton conforme aux normes NBN EN 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018					
	C35/45	BA	EE4	S4	20 mm	<ul style="list-style-type: none"> • ciment CEM III/A 42,5 N LA • granulats calcaires • WAI(0,45) • PREV3/AR3
n° 5	Couche de compression armée d'un mélange de fibres métalliques et de fibres polypropylène de type BBB.					
	Béton conforme aux normes NBN EN 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018					
	C25/30	BA	EI	S5	8 mm	<ul style="list-style-type: none"> • 10,6 kg/m³ de fibres métalliques et de fibres polypropylène de type BBB • pompe 30 m

Tableau 8 – Exemples de spécifications de béton

4. TEXTE DESCRIPTIF 'BÉTON' À INSÉRER DANS LES CAHIERS DES CHARGES



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

BÉTON

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 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018 « 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 données de base et aux éventuelles données 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 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018.

2.1 Exigences pour les différents bétons

	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** (classe d'environnement) ;
C : classe de consistance ;
D : dimension nominale maximale des granulats (D_{max}) ;
E : données complémentaires

2.2 Contrôle sur chantier de la conformité aux exigences.

2.2.1 Provenance du béton

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 Béton BENOR

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 informations 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 Béton non BENOR

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 206:2013+A1:2016. Les rapports écrits des contrôles effectués et des résultats

obtenus doivent pouvoir être transmis au maître d'ouvrage 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 150 m³ par classe de résistance, la fréquence est portée à un prélèvement par tranche de 150 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 résultat 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 f_{cm} de 3 résultats consécutifs doit être supérieure ou égale à $f_{ck,cube} + 4$ (en N/mm²)

Chaque résultat f_{ci} doit être supérieur ou égal à $f_{ck,cube} - 4$ (en N/mm²).

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

Le laboratoire agréé désigné pour exécuter les essais transmet une copie des procès-verbaux directement au maître d'ouvrage.

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'ouvrage 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 œuvre et cure du béton frais

L'entrepreneur est tenu de prendre les mesures nécessaires pour garantir la qualité des bétons pendant le transport sur chantier, la mise en œuvre et la durée de durcissement. Ces mesures sont détaillées dans la norme NBN EN 13670:2010 « Exécution des structures en béton » complétée par son annexe nationale, la NBN B 15-400:2015+AC:2016.

A chaque passage sur chantier, le maître d'ouvrage ou son représentant 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'ouvrage constate que les impositions techniques et administratives relatives à la qualité des bétons 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 appliquée 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'ouvrage peut décider de ne pas procéder à la démolition mais d'appliquer une ristourne proportionnelle à la gravité du manque de résistance et à la quantité de béton suspect.

BENOR

La nouvelle édition du règlement d'application pour le béton prêt à l'emploi, TRA 550 v.4.0, a été lancée en août 2018. Celui-ci rend immédiatement possible la certification du béton prêt à l'emploi conforme à la norme NBN B 15-001:2018.

Afin d'améliorer la lisibilité des documents, chaque Règlement d'Application se subdivise en trois parties distinctes qui, ensemble, forment un tout :



Ces documents sont téléchargeables à l'adresse
<http://www.be-cert.be/fr/documents/reglement-benor.html>

Partie C : Règlement de certification de produits

Partie P : Dispositions pour le producteur

Partie E : Dispositions pour le contrôle externe

Les points principaux dans cette nouvelle édition sont :

- Mesures en prévention de la réaction alcali-silice
- Utilisation plus étendue de granulats recyclés (catégories RS=recyclage standard et RD=recyclage durable)
- Béton auto-plaçant : certification des caractéristiques auto-plaçants
- Béton fibré
- Béton pour les travaux géotechniques spéciaux

Le délai de mise en œuvre garanti est défini dans la norme NBN B 15-001:2018 et le règlement BENOR TRA 550 comme le laps de temps après le premier contact entre le ciment et l'eau durant lequel la prise du béton n'a en aucun cas commencé.

La centrale garantit à l'utilisateur que le béton peut être mis en œuvre (coulé, compacté et un produit de cure peut être appliqué) durant ce laps de temps, sans conséquence négative sur la résistance à la compression et la durabilité du béton.

Le délai de mise en œuvre garanti ne permet pas de se prononcer sur l'évolution de la consistance du béton dans le temps.

Le producteur mentionne le délai de mise en œuvre garanti, exprimé en minutes, sur le bon de livraison. Celui-ci est par défaut de 100 min pour des bétons à base de CEM I et CEM II et à 120 min. pour des bétons à base de CEM III et CEM V.

Un temps de mise en œuvre supérieur peut toutefois être déclaré pour autant que le producteur ait apporté les preuves nécessaires aux organismes chargés des contrôles externes liés à la marque BENOR.

Le maintien de la classe de consistance mentionnée sur le bon de livraison : La classe de consistance mentionnée sur le bon de livraison d'un béton BENOR conformément au règlement BENOR TRA 550 doit être maintenue au moins 30 minutes après l'arrivée sur le chantier (ou, le cas échéant, après le mélange avec le superplastifiant dans le camion malaxeur).

Un maintien de la classe de consistance prolongé peut toutefois être déclaré pour autant que le producteur ait apporté les preuves nécessaires aux organismes chargés des contrôles externes liés à la marque BENOR.

La NBN B 15-400:2015 au §3.26 recommande ce maintien de la consistance durant au moins 30 minutes pour tout béton.

(Suite de la page 3)

Les aspects relatifs au calcul et au dimensionnement des constructions se trouvent dans la norme NBN EN 1992-1-1:2005+A1:2015 et son annexe nationale la NBN EN 1992-1-1 ANB:2010 (Eurocode 2). Pour l'exécution des structures en béton, il y a lieu de se référer à la norme NBN EN 13670:2010 et son annexe nationale la NBN B 15-400:2015 avec son corrigendum NBN B 15-400:2015/AC:2016.

La classe de résistance est spécifiée par le concepteur sur la base des hypothèses admises dans le projet. Il est à noter que les règles de calcul de l'Eurocode 2 actuel s'appliquent aux bétons de classes de résistance inférieures ou égales à la classe C90/105. Etant donné que la classe de résistance la plus élevée est la classe C100/115, les NBN EN 206:2013+A1:2016 & NBN B 15 001:2018 ne couvrent pas les bétons à ultra haute performance (BUHP) qui sont caractérisés par des résistances en compression moyennes de plus de 120 MPa à 28 jours.

BÉTONS SPÉCIAUX ET APPLICATIONS PARTICULIÈRES

En sus du béton et applications courants, se présentent d'autres bétons et applications couverts par la NBN B 15-001:2018 tels

- le béton auto-plaçant (BAP),
- le béton destiné aux travaux géotechniques,
- le béton avec des granulats recyclés,
- le béton apparent et architectonique,
- le béton intérieur lissé pour sols,
- le béton fibré,
- le béton à hautes performances,
- le béton projeté,
- le béton léger,
- le béton lourd,
- le béton à résistance spécifiée à un autre âge que 28 jours,
- le béton colloïdal.

Pour ces bétons, les prescriptions particulières seront données dans le bulletin intitulé « PRESCRIPTION DES BÉTONS SELON LES NORMES NBN EN 206:2013+A1:2016 & NBN B 15-001:2018 - BÉTONS SPÉCIAUX ET APPLICATIONS SPÉCIFIQUES »

En sus de ces bétons spéciaux ou applications particulières, se présentent d'autres bétons et applications pour lesquels la **NBN B 15-001:2018 n'est pas d'application** tels

- le béton mousse,
- le béton de masse volumique inférieure à 800 kg/m³,
- le béton à ultra-hautes performances,
- le béton drainant ou poreux,
- le béton cellulaire,
- le béton réfractaire,
- le béton modifié aux polymères.

Pour ces bétons et applications, des spécifications complémentaires ou différentes sont décrites dans d'autres normes européennes ou, à défaut, dans des normes belges ou cahiers des charges type régionaux.

Le béton de route et ses fondations sont décrits dans les cahiers des charges type régionaux et peuvent être prescrits dans certains cas selon la NBN B 15-001:2018.



T-7

Ce bulletin est publié par
FEBELCEM
Fédération de l'Industrie Cimentière Belge
Boulevard du Souverain, 68 bte 11 - 1170 Bruxelles
tél. 02 645 52 11
www.febelcem.be
info@febelcem.be

Auteur :
Ir J.-F. Denoël, FEBELCEM

Photos :
FEBELCEM sauf mention contraire

Dépôt légal :
D/2020/0280/03

Ed. resp.:
H. Camerlynck

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Prescription des bétons selon les normes / NBN EN 206-1:2001 & NBN B 15-001:2004, Dossier Ciment 34, FEBELCEM, avril 2005
- [2] Technologie du béton : Groupement Belge du Béton, Bruxelles, 5ème édition, 2018
- [3] Les normes de spécifications du béton en Belgique
NBN EN 206-1:2001 & NBN B 15-001:2004,
Version consolidée, FEBELCEM, 2018
- [4] NBN B 15 400:2015 Exécution des structures en béton -
Supplément national à la NBN EN 13670:2010 et corrigendum NBN
B 15-400:2015/AC:2016
- [5] NBN EN 1992-1-1:2005 Eurocode 2: Calcul des structures en béton -
Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments (+AC:2010)
et addendum A1:2015 et annexe nationale NBN EN 1992-1-1 ANB:2010

infobeton.be