FEDBETON
THINK CONCRETE

Claude Ployaert
Concrete Technology Engineer
Inter-Beton

Steven Schaerlaekens
Technical Support Manager
Holcim Belgique s.a.

Membres de la Commission E104
pour FedBeton

Les nouvelles normes
NBN EN 206 et NBN B 15-001

Norme belge

EN 206:2013+A1:2016

NBN EN 206:2013+A1:2016

NBN

Béton - Spécification, performances,

Valable à partir de 23-11-2016

Remplace NBN EN 206:2014

Norme belge

NBN B 15-001:2018

NBN

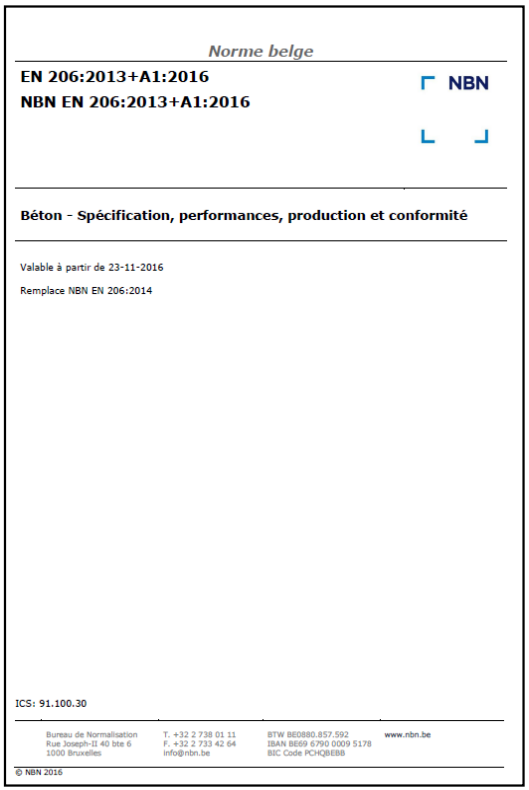
Béton - Spécification, performances, production et conformité - Complément national à la NBN EN 206 :2013+A1:2016

Valable à partir de 04-07-2018

Remplace NBN B 15-001:2012

La présente norme est l'annexe nationale définissant les conditions d'application en Belgique de la norme NBN EN 206:2013+A1:2016. La norme NBN EN 206:2013+A1:2016 ne peut être utilisée en Belgique qu'en combinaison avec son annexe nationale.

FEDBETON
THINK CONCRETE



Norme belge

EN 206:2013+A1:2016

NBN EN 206:2013+A1:2016

NBN

Béton - Spécification, performances, production et conformité

Valable à partir de 23-11-2016

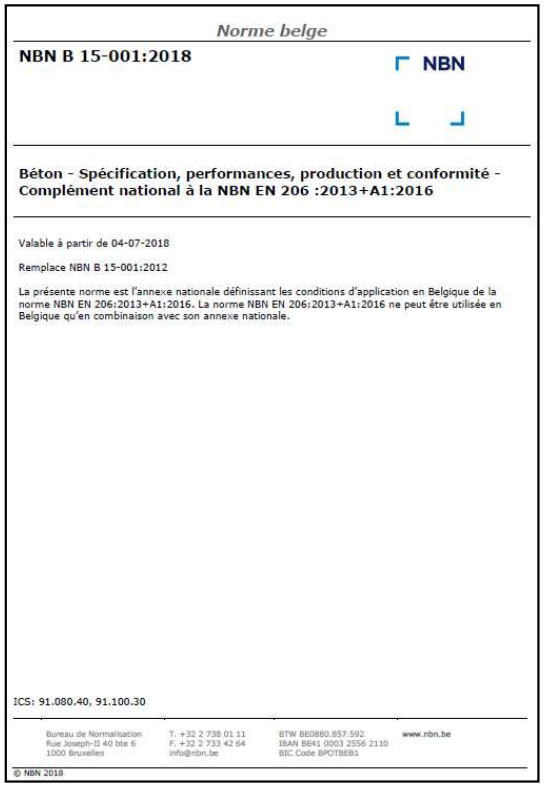
Remplace NBN EN 206:2014

ICS: 91.100.30

Bureau de Normalisation
Rue Joseph-II 40 bte 6
1000 Bruxelles
T. +32 2 738 01 11
F. +32 2 733 42 64
info@nbn.be
BTW BE0880.857.592
IBAN BE69 6790 0009 5178
BIC Code PCHQBEBB
www.nbn.be

© NBN 2016

+



Norme belge

NBN B 15-001:2018

NBN

Béton - Spécification, performances, production et conformité - Complément national à la NBN EN 206 :2013+A1:2016

Valable à partir de 04-07-2018

Remplace NBN B 15-001:2012

La présente norme est l'annexe nationale définissant les conditions d'application en Belgique de la norme NBN EN 206:2013+A1:2016. La norme NBN EN 206:2013+A1:2016 ne peut être utilisée en Belgique qu'en combinaison avec son annexe nationale.

ICS: 91.080.40, 91.100.30

Bureau de Normalisation
Rue Joseph-II 40 bte 6
1000 Bruxelles
T. +32 2 738 01 11
F. +32 2 733 42 64
info@nbn.be
BTW BE0880.857.592
IBAN BE41 0003 2556 2110
BIC Code BPOTBEB1
www.nbn.be

© NBN 2018

=

Agenda

1 – Les classes d'environnement et d'exposition

2 – Spécification de la classe de résistance à la compression

3 – Exigences relatives aux constituants

4 – Spécification du béton

5 – Livraison du béton

6 – Contrôle de conformité du béton

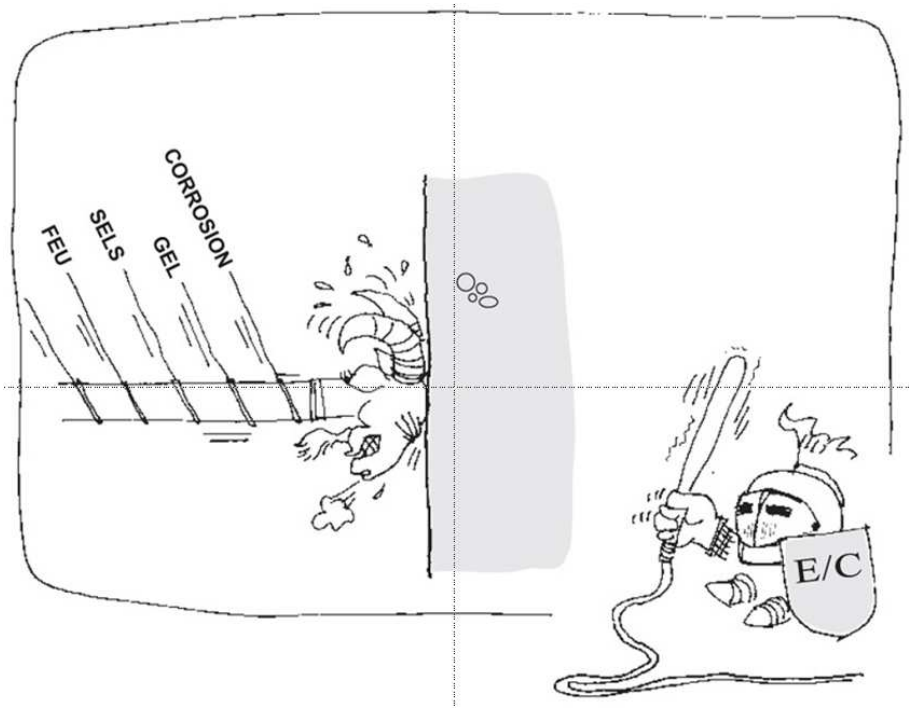
7 – Bétons pour ouvrages géotechniques spéciaux

8 – Mesures de prévention en matière de réaction alcali-silice (RAS)

9 – Absorption d'eau par immersion

10 – Nouvelle version TRA 550

1 – Les CLASSES D'ENVIRONNEMENT et D'EXPOSITION



Les classes d'environnement et d'exposition

Tableau 1-ANB — Classes d'environnement avec classes d'exposition associées

Classes d'environnement			Classes d'exposition	
Classe	Description	Exemples informatifs où la classe d'environnement peut se produire	BNA[a]	BA[b] ou BP[c]
E0	**Environnement non agressif**		X0	Pas d'application
EI	**Environnement intérieur sec**	Intérieur des habitations et bureaux avec un climat intérieur normal	X0	XC1
EE	**Environnement intérieur humide ou extérieur**			
EE1	Pas de gel	Fondations sous la limite du gel, bétons immergés en permanence	X0	XC2
EE2	Gel, pas de contact avec eau de pluie et eau projetée	Vide sanitaire, passage ouvert dans le bâtiment	XF1	XC3, XF1
EE3	Gel, contact avec eau de pluie et/ou eau projetée	Mur extérieur ou surfaces extérieures horizontales en contact avec la pluie et/ou eau projetée	XF3	XC4, XF3
EE4	Gel et agents sels de déverglaçage (présence d'eau contenant des agents de déverglaçage provenant soit de sa fonte sur place, soit de projections, soit de ruissellement)	Éléments d'infrastructures routières, sol des parkings soumis au gel (couvert ou non) ou surfaces extérieures en contact avec des sels de déverglaçage	XF4	XC4, XD3, XF4
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	Fondations sous la limite du gel en contact avec de l'eau saumâtre	XA1	XC2, XS2, XA1
ES2	Gel	Mur extérieur ou surfaces extérieures horizontales en contact avec la pluie en zone côtière	XF3	XC4, XS1, XF3
	Contact avec l'eau de mer			
ES3	Immergé		XA1	XC1, XS2, XA1
ES4	Zone de marées et d'éclaboussures	Murs de quai	XF4, XA1	XC4, XS3, XF4, XA1
EA	**Environnement chimiquement agressif**			

E0	Environnement non agressif
EI	~~Application intérieure~~
EE	~~Application extérieure~~

XF3 au lieu de XF1

Surfaces horizontales **verticales**

4.1 et Annexe F

Les classes d'environnement et d'exposition

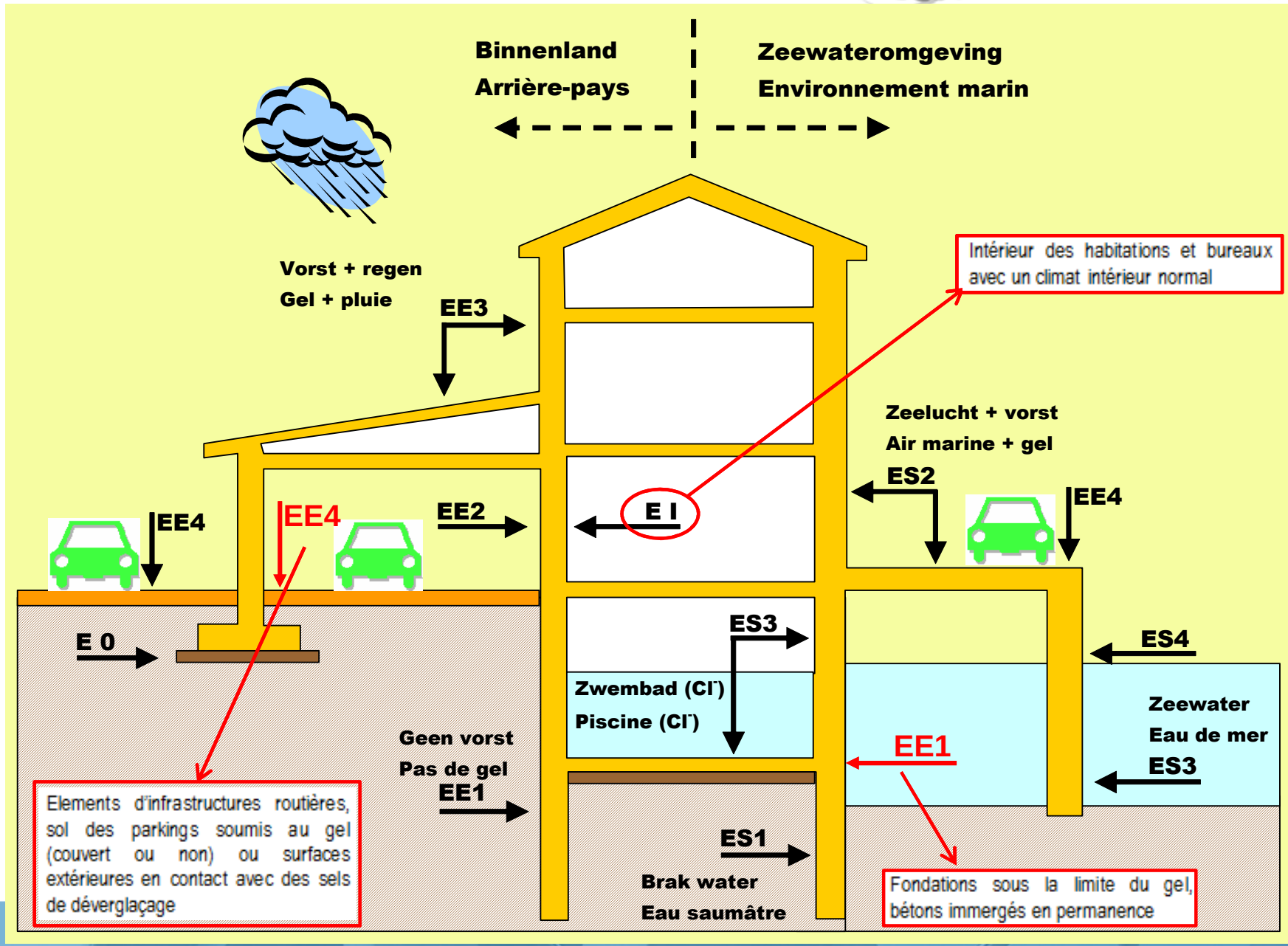
EXIGENCES DE DURABILITÉ

			"TYPES DE BÉTON" (*) BNA	"TYPES DE BÉTON" (*) BA ou BP	+ AUTRES EXIGENCES (par exemple:)
environnement non agressif		E0	T(1,00)		
environnement intérieur		E I	T(1,00)	T(0,65)	
env. extérieur	pas de gel	EE1	T(1,00)	T(0,60)	
	gel, pas de pluie	EE2	T(0,55) ou T(0,50) ou T(0,55)A	T(0,55) ou T(0,50) ou T(0,50)A	Le cas échéant, il y a lieu de spécifier le type de béton avec air entraîné
	gel + pluie	EE3	T(0,45) ou T(0,50)A	T(0,45) ou T(0,45)A	
	gel + sels	EE4			
env. marin (air)	pas de gel	ES1	T(0,60)	T(0,50)	
	gel	ES2	T(0,50) ou T(0,55)A	T(0,50) ou T(0,50)A	
env. marin (eau)	immergé	ES3	T(0,55)	T(0,45)	
	marées/éclaboussures	ES4	T(0,45) ou T(0,50)A	T(0,45) ou T(0,45)A	
env. agressif	faible	EA1	T(0,55)	T(0,55)	ciment SR (à haute résistance aux sulfates)
	modéré	EA2	T(0,50)	T(0,50)	
	fort	EA3	T(0,45)	T(0,45)	

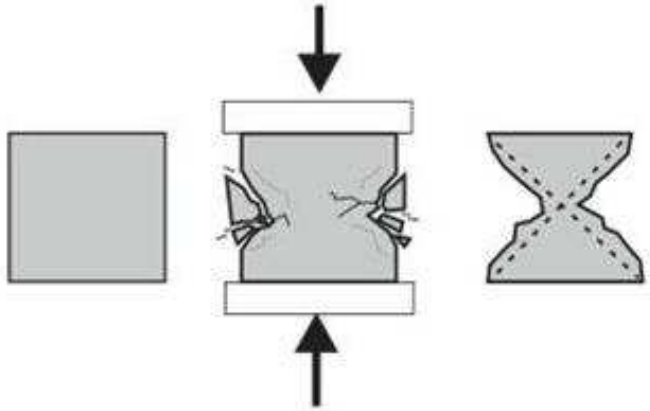
(*)	T(1,50)	T(1,00)	T(0,65)	T(0,60)	T(0,55)	T(0,55)A	T(0,50)	T(0,50)A	T(0,45)	T(0,45)A
E/C max.	1,50	1,00	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45
teneur en ciment min.(kg/m³)	-	-	260	280	300	300	320	320	340	340
classe de résistance min.	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C20/25	C30/37	C25/30	C35/45	C30/37
teneur en air min. (%) (% ↗ lorsque D_{max} ↘)						4 , 5 ou 6		4 , 5 ou 6		4 , 5 ou 6

à comparer avec la classe de résistance choisie ci-avant !

Les classes d'environnement et d'exposition



2 – SPÉCIFICATION DE LA CLASSE DE RÉSISTANCE À LA COMPRESSION



1 N / mm² *(Newton)*
= 1MPa *(MegaPascal)*
= 10 kg/cm²

Classe de résistance à la compression

C f_{ckcyl}/f_{ckcub} à 28 jours

Dans des cas spécifiques, la résistance à la compression **peut être déclarée** à un autre âge que 28 jours (**par exemple pour des constructions massives**)

- C35/45 (90d)
- C30/37 (56d)
- **...**

4.3.1 et 5.5.1.2

5.5.5 Absorption d'eau par immersion

Si l'absorption d'eau par immersion est spécifiée, les dispositions de l'Annexe O s'appliquent.

Si la résistance à la compression est prescrite à un âge différent de l'échéance de 28 jours , l'âge du béton pour la mesure du WAI devra être spécifié.

Classe de résistance à la compression

5.5.1.2

Le Point (5) est remplacé par

S'il est attendu que l'essai sur des éprouvettes confectionnés suivant la NBN EN 12390-2 n'apporte aucune valeur représentative, comme pour le béton dans la classe de consistance C0 ou plus rigide que S1, la confection des éprouvettes pour la détermination de la résistance à la compression sera effectuée conformément à une des méthodes décrites dans les normes NBN EN 13286-50 à NBN EN 13286-53.

- Proctor
- Marteau vibrant
- Vibrocompression
- …

3 – EXIGENCES RELATIVES À L'UTILISATION DES CONSTITUANTS

Aptitude spécifique à l'emploi

5.1 Exigences fondamentales relatives aux constituants

5.1.1 Généralités

(1) Seuls les constituants dont l'aptitude à l'emploi pour l'utilisation prescrite est établie doivent être utilisés dans les bétons conformes à la présente Norme européenne.

NOTE 1 Lorsque l'aptitude générale à l'emploi d'un constituant est établie, cela ne signifie pas qu'il peut être utilisé dans toutes les applications prévues ou quelle que soit la composition du béton.

5.2.5.3 Principes du concept de performance équivalente du béton

(Addition après le point (3))

(4) En Belgique, les règles d'application du concept de performance équivalente du béton sont prévues dans la norme NBN B 15-100.

5.2.5.4 Principes du concept de performance équivalente de combinaison

(Addition après le point (2))

(3) En Belgique, le concept de l'équivalence de performance des combinaisons est réglé via un Agrément Technique (ATG) avec certification.

Ciment : aptitude spécifique à l'emploi

FEDBETON THINK CONCRETE

5.1.2

	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Niveau IV
Base pour l'aptitude spécifique à l'emploi	NBN B 15-001		NBN B 15-100	
	Expérience (Déterminée dans la présente norme)	Expérience + Recherche Type (Déterminée dans la présente norme)	Recherche sur l'aptitude à l'emploi ad hoc	Recherche sur l'aptitude à l'emploi par projet
Recherche à effectuer	Pas de recherche	Pas de recherche	Recherche initiale et suivi continu avec attestation	Recherche par projet
Conditions limites pour l'application spécifique à l'emploi	Apte spécifiquement à l'emploi si respect des tableaux de l'Annexe F	Apte spécifiquement à l'emploi si respect des tableaux Annexe F, 3-ANB, 4-ANB et 5-ANB	Apte spécifiquement à l'emploi dans les limites des conditions préalables du certificat	Apte spécifiquement à l'emploi uniquement pour le constituant, la composition et l'application testés
Ciments et combinaisons	CEM I CEM II/A-S CEM II/A-V (sans V_{co}) CEM II/A-M (S-V) (sans V_{co}) CEM II/B-S CEM III/A CEM I + fumée de silice (max fumée de silice/CEM et k conforme à la présente norme) CEM I + LMA (max LMA/CEM et k conforme à la présente norme) Combinaison de ciments repris sous le niveau I	CEM II/A-LL CEM II/A-L CEM II/A-M (sans V_{co}) CEM II/B-V (sans V_{co}) CEM II/B-LL CEM II/B-L CEM II/B-M (sans V_{co}) CEM III/B CEM V/A (sans V_{co}) CEM I + V CEM II/A-S + V CEM II/B-S + V CEM II/A-LL + V CEM II/B-LL + V CEM III/A + V CEM III/B + V (max V/CEM et k conforme à la présente norme) Combinaison de ciments repris sous les niveaux I et II (Exigences les plus strictes sont d'application)	CEM II/A-V (avec V_{co}) CEM II/A-M (avec V_{co}) CEM II/B-V (avec V_{co}) CEM II/B-M (avec V_{co}) CEM V/A (avec V_{co}) CEM I + V_{co} CEM II/A-S + V_{co} CEM II/B-S + V_{co} CEM II/A-LL + V_{co} CEM II/B-LL + V_{co} CEM III/A + V_{co} CEM III/B + V_{co} (max V_{co}/CEM et k conforme à la présente norme) CEM I + fumée de silice (max fumée de silice/CEM ou k non-conforme à la présente norme) CEM I + LMA (max LMA/CEM ou k non-conforme à la présente norme) Ciments et combinaisons non repris dans les tableaux 3-ANB, 4-ANB et 5-ANB	Ciments et combinaisons ciments-additions non repris dans les tableaux 3-ANB, 4-ANB et 5-ANB

V= Cendres volantes sans co-combustion
V_{co}= Cendres volantes avec co-combustion

Tableau 5-ANB – Aptitude à l'emploi pour les niveaux I et II de ciments suivant la NBN EN 197-1 et les combinaisons ciment-addition de type II en fonction de la classe d'environnement dans le cas des bétons armés et précontraints

		Beton armé et précontraint																					
		CIMENT																		Combinaisons CEM avec additions de type II			
		CEM I	CEM II/A							CEM II/B						CEM III/A	CEM III/B	CEM V/A	CEM I + V	CEM II/A-S CEM II/B-S CEM II/A-LL CEM II/B-LL + V CEM III/A + V CEM III/B + V	CEM I + Fum. Silice	CEM I + LMA
							M							M						k conforme §5.2.5.2.2	k conforme §5.2.5.2.2	k conforme §5.2.5.2.3	k conforme §5.2.5.2.5
			S	V	LL	L	S-V	S-LL, V-LL, S-V-LL	S-L, V-L, S-V-L	S	V	LL	L	S-V	S-LL, V-LL, S-V-LL	S-L, V-L, S-V-L				Max V/CEM conform. §5.2.5.2.2	Max V/CEM conform. §5.2.5.2.2	Max Fum. Silice/CEM conform. §5.2.5.2.3	Max LMA/ CEM conform. §5.2.5.2.5
Eo		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	ok	N/A
EI		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
EE																							
	EE1	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
	EE2	ok	ok	ok	ok	-	ok	ok	-	ok	(j)	-	-	(j)	(f) et (j)	-	ok	ok	(j)	ok	ok	ok	ok
	EE3	ok	ok	ok	(g) si A* ou (h)	-	ok	(g) si A* ou (h)	-	ok	(a) et (j)	-	-	(a) et (j)	(f) et (j) et (h)	-	ok	ok	(a) et (j)	ok	ok	ok	ok
	EE4	ok	ok	ok	(i)	-	ok	(i)	-	ok	(c) et (j)	-	-	(c) et (j)	-	-	ok	(e)	(c) et (j)	(d)	-	ok	ok
ES																							
	ES1	ok	ok	ok	(i)	-	ok	(i)	-	ok	ok	-	-	ok	-	-	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
	ES2	ok	ok	ok	(g) si A* ou (h)	-	ok	(g) si A* ou (h)	-	ok	(a) et (j)	-	-	(a) et (j)	(f) et (j) et (h)	-	ok	ok	(a) et (j)	ok	ok	ok	ok
	ES3	ok	ok	ok	(i)	-	ok	(i)	-	ok	ok	-	-	ok	-	-	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
	ES4	ok	ok	ok	(i)	-	ok	(i)	-	ok	(c) et (j)	-	-	(c) et (j)	-	-	ok	(e)	(c) et (j)	(d)	-	ok	ok
EA																							
	EA1	ok	ok	ok	(g)	-	ok	(g)	-	ok	ok	-	-	ok	-	-	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
	EA2 (b)	ok	ok	ok	(h)	-	ok	(h)	-	ok	(a)	-	-	(a)	-	-	ok	ok	ok	(d)	ok	ok	ok
	EA3 (b)	ok	ok	ok	(i)	-	ok	(i)	-	ok	(a)	-	-	(a)	-	-	ok	ok	ok	(d)	ok	ok	ok

* Si cela a trait à la composition de béton avec air ajouté (A), la plus faible teneur en ciment de chacune des limitiations peut être choisie.

Limitations complémentaires :

(a) Maximum 25 % (m/m) de cendres volantes et minimum 50 % (m/m) de clinker.

(b) Ciment à haute résistance aux sulfates (selon la NBN B12-108) ou combinaison de ciment et de laitier moulu granulé conforme à l'ATG « Laitier moulu granulé » avec au moins 66 % m/m LMA par rapport à la quantité totale de ciment + LMA, à utiliser si la teneur en sulfates est >600 mg/kg dans l'eau et >3000 mg/kg ou 2000 mg/kg (voir note bas de page c du tableau 2 de la NBN EN 206) dans le sol. En cas d'utilisation du LMA, la haute résistance aux sulfates doit être démontrée suivant les règles définies dans l'Agrément Technique (ATG) pour les laities moulus couverts par un ATG avec certification et référant à la présente norme

(c) Maximum 25 % (m/m) de cendres volantes et minimum 50 % (m/m) de clinker. Teneur en ciment accrue : au moins 360 kg/m³.

(d) Maximum 20 % (m/m) de cendres volantes par rapport au ciment

(e) Teneur en ciment accrue: au moins 360 kg/m³.

(f) Maximum 15 % (m/m) de calcaire LL

(g) Teneur en ciment accrue: au moins 330 kg/m³

(h) Teneur en ciment accrue: au moins 350 kg/m³

(i) Teneur en ciment accrue: au moins 380 kg/m³. Pour les XS2, si note bas de page (b), tableau F.2 d'application : au moins 350 kg/m³

(j) CEM II/B-V, CEM II/B-M (V-..) et CEM V/A avec la mention sur le sac et/ou sur le bon de livraison que les cendres volantes y traitées ont une perte au feu de plus de 7,0 %, ne sont pas autorisés. CEM II/B-V, CEM II/B-M (V-..) et CEM V/A avec la mention sur le sac et/ou sur le bon de livraison que les cendres volantes y traitées ont une perte au feu de maximum 7,0 % peuvent seulement être utilisés lorsque la masse maximale de cendres volantes dans le ciment est limitée à 25 % par rapport à la somme des composants principaux et des composants secondaires du ciment (suivant la NBN EN 197-1). Sur base des essais d'aptitude préalables suivant la NBN B 15-100, on peut déroger à cette exigence.

\- L'aptitude spécifique à l'emploi n'est pas démontrée. L'utilisation dans cette classe d'exposition doit être démontrée comme conforme au niveau III ou IV.

Deux types de granulats recyclés sont définis

3.1.2.18
Granulats béton de type A+
Granulats recyclés qui répondent aux exigences reprises dans le 5.1.3.1.

5.1.3.1 Granulats de béton de type A+

Les granulats de béton de type A+ sont des granulats recyclés de béton qui répondent à la NBN EN 12620 et aux exigences complémentaires suivantes:

- $d \geq 4$ mm et $D \geq 10$ mm
- répond au moins aux catégories de composition $Rc_{90}/Rcu_{95}/Ra_1/ XRg_{0,5}/FL_{2-}$ de la NBN EN 12620
- répond au moins aux catégories FI_{20}, $f_{1,5}$, LA_{35}, $SS_{0,2}$, A_{40} de la NBN EN 12620
- possède une masse volumique (ρ_{rd}) d'au moins 2 200 kg/m³;
- a une absorption d'eau d'au plus 10 %, avec une variation de maximum ± 2 %, en regard de la valeur déclarée.

L'aptitude générale à l'emploi est démontrée pour les granulats recyclés de béton de type A+.

Les exigences correspondantes s'appliquent pour les granulats recyclés d'origines interne et externe, en particulier pour les granulats récupérés par concassage provenant de la propre production.

Pour l'utilisation de granulats récupérés par concassage et provenant de la propre production pour le béton destiné aux produits en béton préfabriqués, seules les dispositions pertinentes de la NBN EN 13369 et de la NBN B 21-600 prévalent.

Pour une application particulière où une finition de surface de très haute qualité est exigée, la catégorie FL est limitée à $FL_{0,2-}$

Deux types de granulats recyclés sont définis

3.1.2.18
Granulats béton de type A+
Granulats recyclés qui répondent aux exigences reprises dans le 5.1.3.1.

3.1.2.19
Granulats mixtes de type B+
Granulats recyclés qui répondent aux exigences reprises dans le 5.1.3.2.

5.1.3.2 Granulats mixtes de type B+

Les granulats mixtes de type B+ sont des granulats mixtes qui répondent à la NBN EN 12620 et aux exigences complémentaires suivantes:

- D ≥ 4 mm et D ≥ 10 mm;
- satisfait au moins aux catégories de composition $Rc_{50}/Rcu_{70}/Rb_{30}-/Ra_{5}-/XRg_{2}-/FL_{2}-$ de la NBN EN 12620;
- satisfait au moins aux catégories FI_{50}, LA_{50}, $SS_{0,2}$, A_{40} de la NBN EN 12620;
- a une masse volumique (ρ_{rd}) d'au moins 1700 kg/m³;
- a une absorption d'eau d'au plus 15 %, avec une variation de maximum ± 2 %, en regard de la valeur déclarée.

L'aptitude générale à l'emploi est démontrée pour les granulats mixtes de type B+.

Utilisation des granulats

La résistance au gel peut également être démontrée selon la NBN B 15-100

5.2.3 Choix des granulats

5.2.3.1 Généralités

(Addition au point (2))

Voir également l'annexe P (informative).

(Addition après le point (2))

(3) Pour les classes d'exposition XF (classes d'environnement EE2, EE3, EE4, ES2 ou ES4) ce qui prévaut :

Les granulats doivent être résistants au gel à moins que la résistance au gel de la composition spécifique du béton soit démontrée suivant le 7.4.2.3 de la norme NBN B15-100. Dans ce cas, la perte moyenne de la résistance à la traction par fendage du béton à évaluer après 56 cycles de gel-dégel doit être inférieure ou égale à 5%.

La résistance au gel des granulats avec une granulométrie nominale D ≤ 4 mm est considérée comme conforme.

La résistance au gel des granulats (exception faite des granulats légers) avec une granulométrie nominale D > 4 mm est considérée comme satisfaisante si :

ou bien, l'absorption d'eau suivant la norme NBN EN 1097-6 est plus petite ou égale à 1,0%;

ou bien, le coefficient LA déterminé suivant la norme NBN EN 1097-2 est plus petit ou égal à 25;

ou bien, en cas d'exposition aux classes d'exposition de XF1 jusqu'à XF3 compris (classes d'environnement EE2, EE3 ou ES2);

- soit le granulat, après un essai suivant la norme NBN EN 1367-1 appartient à la classe F_4 suivant la norme NBN EN 12620;
- soit le granulat, après un essai suivant la norme NBN EN 1367-2 appartient à la classe MS_{35} suivant la norme NBN EN 12620;

ou bien, en cas d'exposition aux classes d'exposition XF4 (classes d'environnement EE4 ou ES4);

- soit le granulat, après un essai suivant la norme NBN EN 1367-1 appartient à la classe F_2 suivant la norme NBN EN 12620;

Utilisation des granulats recyclés

5.2.3.4.1 Granulats recyclés

Tableau 7-ANB : Pourcentage maximum de remplacement des gravillons (% volume) en fonction de la classe d'environnement pour du béton non armé

Béton non armé			
	Classes d'environnement		
	E0, EI, EE1	EE2, EE3 ES1, ES2, ES3, EA1	EE4, ES4, EA2, EA3
Granulat de béton de type A+	50%	20%	0%
Granulat mixte de type B+	20%	0%	0%

Tableau 8-ANB : Pourcentage maximum de remplacement des gravillons (% volume) en fonction de la classe d'environnement pour du béton armé

Béton armé				
	Classes d'environnement			
	EI	EE1	EE2, EE3, EA1	EE4, ES1, ES2, ES3, ES4, EA2, EA3
Granulat de béton de type A+	30%	30%	20%	0%
Granulat mixte de type B+	20%	0%	0%	0%

Utilisation des granulats recyclés

5.2.3.4.1 Granulats recyclés

➔ Remplacement du tableau E.2 de l'annexe E de la NBN EN 206

➔ La combinaison de granulats recyclés de type A+ et de granulats mixtes de type B+ n'est pas autorisée

➔ En cas de pourcentages de remplacement plus élevés ou d'utilisation dans d'autres classes d'exposition ou de compression, ainsi que dans du béton précontraint, les aptitudes à l'emploi doivent être démontrées pour la composition et l'usage prévus

> **5.2.5.3 Principes du concept de performance équivalente du béton**
>
> *(Addition après le point (3))*
>
> (4) En Belgique, les règles d'application du concept de performance équivalente du béton sont prévues dans la norme NBN B 15-100.

➔ **Granulats de type type A+ : peuvent être utilisés jusque C30/37**
➔ **Granulats de type type B+ : peuvent être utilisés jusque C20/25**

Utilisation des granulats recyclés

5.4.2 Teneur en ciment et rapport eau/ciment

(Addition au point (2))

L'absorption d'eau des granulats recyclés ou artificiels doit être conforme sur 24h à la valeur déterminée suivant la méthode décrite dans l'annexe C de la norme NBN EN 1097-6.

Lorsqu'il est fait usage de granulats avec une absorption d'eau de > 3,0% en valeur absolue et dans des classes d'environnement autres que les E0 et EI ou dans des classes d'expositions autres que les X0 et XC1, le rapport eau/ciment prévu dans l'annexe F doit être réduit avec les valeurs suivantes :

- Si le rapport volumique des granulats recyclés ou artificiels est inférieur à 20 % par rapport aux gravillons, le rapport E/C doit être réduit de 0,01.
- Si le rapport volumique des granulats recyclés ou artificiels est supérieur ou égal à 20 % par rapport aux gravillons, le rapport E/C doit être réduit de 0,02.

Utilisation de cendres volantes

5.1.6 Additions

L'aptitude générale à l'emploi en tant qu'addition de type II est établie pour :

- les cendres volantes conformes à l'EN 450-1 ;

(Addition au premier point sous (2))

A l'exception de la perte au feu de catégorie C.

Nouveau

5.2.5.2.2 Coefficient k pour les cendres volantes conformes à l'EN 450-1

(Remplacement)

Les points (1), (2), (3) et (4) sont remplacés par :

(1) L'aptitude à l'emploi spécifique de cendres volantes provenant d'une centrale avec Co-combustion doit être démontrée suivant la norme NBN B 15-100.

(2) Le tableau 9-ANB présente, pour les différents types de ciment conformes à la norme EN 197-1, un aperçu du coefficient k autorisé, la quantité maximale de cendres volantes qui doit être prise en compte suivant le 5.2.5.2.1 et la quantité maximale de cendres volantes autorisée dans la composition du béton en fonction de la classe d'exposition ou de la classe d'environnement.

(3) Si, suivant le 5.2.5.2.1 (2), une quantité de cendres volantes plus élevée que celle prise en considération (colonne 3 du tableau 9-ANB) est utilisée, le coefficient k sera égal à 0 pour l'excédent de cendres volantes.

Utilisation de cendres volantes

Tableau 9-ANB : Aperçu des coefficients k autorisés, de la quantité maximale de cendres volantes qui peut être prise en compte et de la quantité maximale de cendres volantes autorisée dans une composition du béton

	Coefficient k	Quantité maximale de cendres volantes qui peut être prise en compte suivant le 5.2.5.2.1 (2) (exprimée par le rapport masse de cendres volantes / masse de ciment)	Quantité maximale de cendres volantes autorisée dans le mélange de béton (exprimée par le rapport masse de cendres volantes / masse de ciment)	
			Cendres volantes de catégorie A et B pour les classes XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3, XA1, XA2, XA3, EE1 BA ou BP, ES1, ES3, EA1, EA2, EA3 *Cendres volantes de catégorie A pour les classes XF1, XF2, XF3, XF4, EE2, EE3, EE4, ES2, ES4*	*Cendres volantes de catégorie B pour les classes* XF1, XF2, XF3, XF4, EE2, EE3, EE4, ES2 et ES4
CEM I	0,4	33%	50%	25%
CEM II/A-S	0,2	25%	40%	25%
CEM II/B-S	0,2	25%	40%	25%
CEM II/A-LL	0	0%	40%	25%
CEM II/B-LL	0	0%	40%	25%
CEM II (tout autre type)	-	-	Cendres volantes non autorisées	Cendres volantes non autorisées
CEM III/A	0,2	25%	40%	25%
CEM III/B	0	0%	40%	25%
CEM V/A	-	-	Cendres volantes non autorisées	Cendres volantes non autorisées

Utilisation de LMA

5.2.5.2.5 Coefficient k pour le laitier granulé de haut-fourneau moulu conformes à l'ATG "Laitiers moulus granulés – LMA'

(1) Les laitiers moulus granulés doivent disposer d'un ATG avec certification selon les règles du guide d'agrément ATG 'Laitiers moulus – LMA'.
(2) Les laitiers moulus granulés peuvent être utilisés uniquement dans du béton à base de CEM I de classe 42,5 ou supérieure (conforme à la norme NBN EN 197-1).
(3) Pour les différents types de ciment conformes à la norme EN 197-1, le tableau 10-ANB donne un aperçu des coefficients k autorisés et la quantité maximale de LMA qui peut être prise en compte suivant le 5.2.5.2.1 en fonction de la classe d'exposition ou de la classe d'environnement.
(4) Si une quantité de LMA plus élevée que celle permise au tableau 10-ANB et au 5.2.5.2.1 (2) est utilisée, le coefficient k sera égal à 0 pour l'excédent de LMA.

Tableau 10-ANB — Coefficients k autorisés, quantités maximales de LMA qui peuvent être prises en compte et des quantités maximales de LMA autorisées dans une composition du béton

Types de ciment	Coefficient k	Quantité maximale de LMA qui peut être prise en compte suivant le 5.2.5.2.1 (2) (exprimée par le rapport masse de LMA / masse de ciment)		Quantité maximale de LMA admise dans le béton (exprimée par le rapport masse de LMA / masse de ci)
		Classes X0, XC1, XC2, XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3, XA1, XA2, XA3, E0, EI, EE1, ES1, ES3, EA1, EA2 en EA3	Classes XC3, XC4, XF1, XF2, XF3, XF4, EE2, EE3, EE4, ES2 et ES4	
CEM I 42,5 N	0,9	45 %	20 %	70 %
CEM I 42,5 R ou CEM I 52,5 N/R	1,0	45 %	20 %	70 %

Utilisation combinée de cendres volantes et de LMA

FEDBETON THINK CONCRETE

5.2.5.4 Principes du concept de performance équivalente de combinaison

(Addition après le point (2))

(3) En Belgique, le concept de l'équivalence de performance des combinaisons est réglé via un ATG avec certification.

Utilisation d'adjuvants

5.2.6 Utilisation d'adjuvants

Le point (3) est remplacé par

(3) La teneur en eau de l'adjuvant prévu initialement pour atteindre les propriétés spécifiées doit totalement être prise en compte dans le calcul du rapport eau-ciment. Si des ajustements imprévus sont réalisés au mélange après le malaxage principal du béton mais avant le déchargement conformément à l'article 7.5 afin de préserver l'ouvrabilité du béton pendant une période de temps plus longue ou à haute température, ou en vue d'adapter la consistance à la demande du client, la teneur en eau de cet adjuvant supplémentaire ajouté ne doit pas être prise en compte dans le calcul du rapport eau/ciment dans la mesure où la quantité supplémentaire d'adjuvant liquide ne dépasse pas les 3,0 l/m³ de béton.

- **Adjuvant prévu initialement dans la recette** : teneur en eau à prendre en compte dans le calcul du E/C (théorique)
- **Adjuvant non prévu dans la recette** : teneur en eau de cet adjuvant ne doit pas être prise en compte sauf si la quantité > 3,0 l/m³

Utilisation de fibres

5.2.7 Utilisation de fibres

(Addition après la remarque 2)

Remarque 3 : Pour démontrer l'aptitude spécifique à l'emploi et la répartition homogène des fibres dans le béton, le producteur peut se baser sur l'attestation fournie dans un Agrément Technique.

(Addition au point (2))

Pour démontrer la prévention de la formation d'hydrogène dans le béton, le producteur peut se baser sur l'attestation fournie dans un Agrément Technique.

Utilisation de fibres

Tableau 21-ANB — Evaluation de la conformité pour les classes de consistance, les propriétés du béton auto-plaçant et l'homogénéité de la répartition des fibres du béton frais au lieu de livraison

Propriété	Méthodes d'essai ou de détermination	Nombre minimal d'échantillons ou de déterminations	Écart maximum admissible [a] sur le lieu de livraison des résultats d'essais individuels par rapport aux valeurs limites ou aux limites de la classe spécifiée pour la consistance	
			Limite inférieure	Limite supérieure
Répartition homogène des fibres dans le béton frais si les fibres sont ajoutées dans le camion malaxeur	Telle que décrite en B.5	Fréquence suivant le Tableau 17 pour la résistance à la compression	Tel que décrit en B.5	

B.5 Critères d'identité pour la teneur en fibres et l'homogénéité du béton frais

(Remplacement)

Le point (1) est remplacé par :

(1) Un contrôle d'homogénéité est exécuté suivant la norme NBN EN 14721 ou la norme NBN EN 14488-7 et contient un résultat en début du malaxage (premier tiers du mixer) et en fin de malaxage (dernier tiers du mixer). Chaque résultat, début de malaxage et fin de malaxage, de la teneur en fibres est la moyenne obtenue à partir de deux échantillons prélevés simultanément directement à la sortie du mixer dans deux récipients séparés. Chaque mesure est réalisée sur une quantité minimum de 8 litres de béton frais. La "teneur en fibres mesurée " est le résultat de la moyenne calculée de la teneur en fibres obtenue en début de malaxage et en fin de malaxage".

Le test d'homogénéité doit être effectué sur trois chargements séparés.

Le tableau B.2 est remplacé par :

Tableau B.2 – Critères d'identification combinés pour la teneur en fibres et l'homogénéité du béton frais

Applicable à	Critère
Chaque résultat	≥ 0,80 de la valeur minimale spécifiée
Moyenne des deux résultats d'un chargement	≥ 0,85 de la valeur minimale spécifiée

Utilisation de fibres

Tableau 22-ANB — Evaluation de la conformité pour la teneur en fibre, la masse volumique, la teneur en air, le rapport maximal eau/ciment et la teneur en ciment minimale

Propriété	Méthodes d'essai et de détermination	Nombre minimal d'échantillons ou de déterminations	Nombre acceptable	Écart maximal admissible des résultats d'essai individuels par rapport aux valeurs limites, aux tolérances applicables aux valeurs cibles ou aux limites de la classe spécifiée	
				Limite inférieure	Limite supérieure
Teneur en fibres d'acier du béton frais	Voir 5.4.4	1 détermination par jour	Voir le tableau 24	-5% par rapport à la masse	Pas de limite [a]
Teneur en fibres polymères du béton frais	Voir 5.4.4	1 détermination par jour	Voir le tableau 24	-10% par rapport à la masse	Pas de limite [a]

5.4.4 Teneur en fibres

1 Lorsque la teneur en fibres du béton frais doit être déterminée, elle doit être relevée, soit telle qu'enregistrée sur le document imprimé par l'enregistreur de gâchées, soit, lorsque l'enregistreur n'est pas utilisé, dans le registre de production, en relation avec les instructions de dosage.

Utilisation de fibres

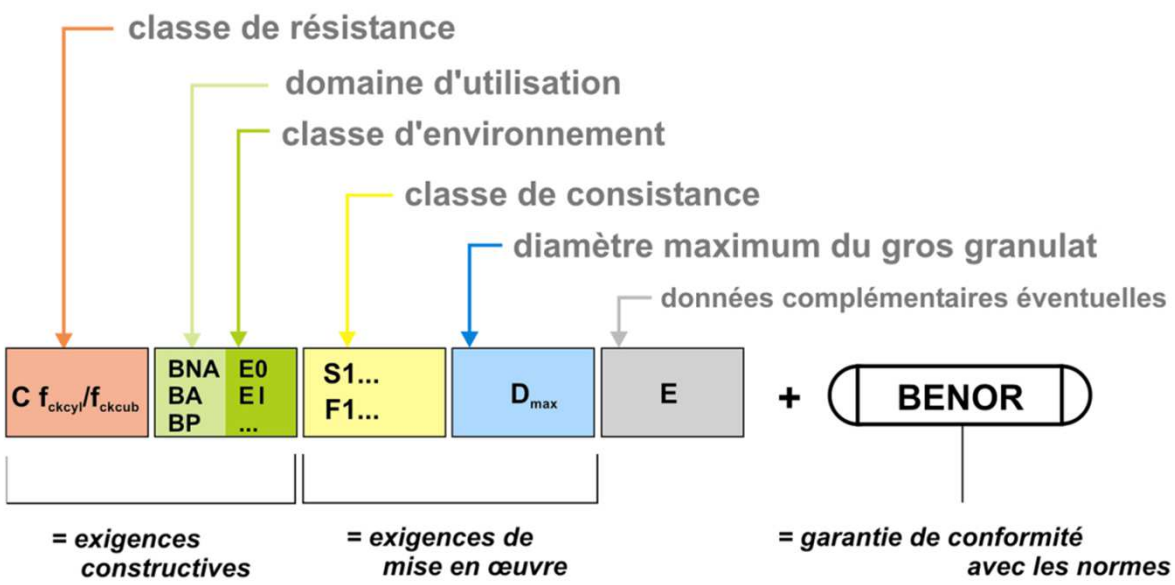
→ TRA 550 v4.0

Si la livraison concerne une recette comprenant des fibres certifiées ATG, validée dans le cadre des ITT (y compris la teneur en fibres maximale autorisée), le béton peut être livré sous BENOR. Il y a lieu de mentionner sur le bon de livraison :

- le type et la quantité de fibres ajoutées ainsi que le numéro de certificat ATG ;
- si la répartition homogène des fibres dans le béton n'est pas reprise dans l'évaluation de conformité, la phrase « homogénéité non garantie par la marque BENOR »;
- si la ductilité n'est pas reprise dans la spécification, la phrase : « ductilité non garantie par la marque BENOR ».

4 – SPÉCIFICATION DU BÉTON

sur base de **performances**



Spécification du béton

6.2.2

Dans le cas de la spécification de la classe EA1, EA2 ou EA3, ceci est toujours fait en combinaison avec une autre classe d'environnement.

Dans le cas de la spécification d'une classe EA2 ou EA3 (XA2 ou XA3) (en partie) introduite par une teneur en sulfates élevée (voir les valeurs limite de la note (4) du tableau F.2 et de la note (1) du tableau F.3.), cela doit faire partie de la spécification.

Ciment SR ou HSR !

EA	Environnement chimiquement agressif				
EA1	Environnement à faible agressivité chimique suivant le tableau 2 de la NBN EN 206	T(0,55)		T(0,55)	
EA2	Environnement d'agressivité chimique moyenne suivant le tableau 2 de la NBN EN 206	T(0,50)	(1)	T(0,50)	(1)
EA3	Environnement à forte agressivité chimique suivant le tableau 2 de la NBN EN 206	T(0,45)	(1)	T(0,45)	(1)

(1) Un ciment à haute résistance aux sulfates (conforme à la norme NBN B 12-108) ou une combinaison de ciment et de laitier granulé de haut-fourneau moulu conforme à l'ATG "Laitier moulu de haut-fourneau – 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 of 2000 mg/kg (voir note c du tableau 2 de la norme NBN EN 206) 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 référent à la présente norme.

Spécification du béton

6.2.2

Si une seule valeur est spécifiée, il convient que les D_{lower} et D_{upper} correspondent aux diamètres équivalents suivants en tenant compte du fait que la valeur spécifiée doit être dans l'intervalle formé par les deux diamètres équivalents :

- 6 et 8
- 10 et 12
- 14 et 16
- 20 et 22

Spécification du béton

6.2.3 Données complémentaires

(Addition au point (1)

- mesures contre la réaction alcali-silice: niveau de prévention RAS (PREV) et catégorie d'exposition RAS (AR) voir annexe I) ;
- absorption d'eau par immersion (voir 5.5.5) ;

(Addition au point (1), tiret concernant des spécifications pour travaux géotechniques spéciaux)

... si l'annexe D est d'application, il y a lieu de mentionner l'application (pieux, parois moulées ...)

Spécification d'un béton auto-plaçant

Tableau 6 — Classes d'étalement au cône d'Abrams

Classe	Étalement au cône d'Abrams [a], essai selon l'EN 12350-8 mm
SF1	550 à 650
SF2	660 à 750
SF3	760 à 850

[a] La classification n'est pas applicable aux bétons dont D_{max} excède 40 mm.

(Contrôle de conformité : pas de tolérance sur les limites de ces classes)

→ TRA 550 v4.0

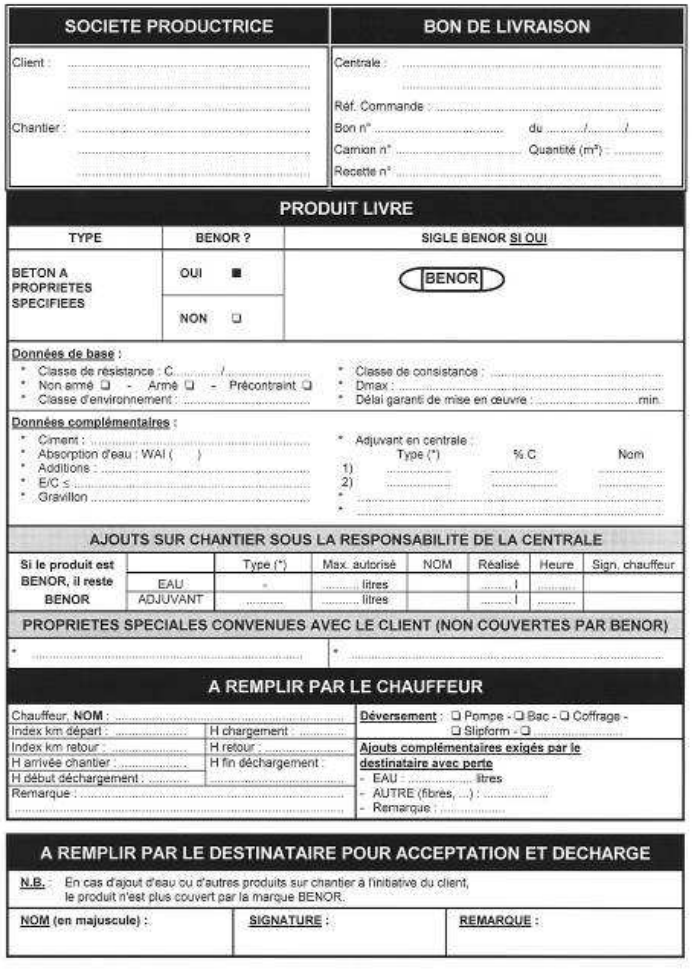
Dans le cas de béton auto-plaçant, la classe de consistance doit être remplacée par une classe d'étalement. En fonction de l'application, les exigences complémentaires suivantes doivent, entre autres, être spécifiées :

- l'étalement SF;
- la classe de viscosité apparente VS ou VF;
- la classe de l'aptitude à l'écoulement PL ou PJ;
- la classe de résistance à la ségrégation SR (facultative).

Spécification d'un béton auto-plaçant

	Viscosité du béton auto-plaçant : Dans la classe spécifiée	En cas de spécification sur le bon de livraison	--	Évaluation individuelle (tableau 21-ANB de la NBN B 15-001)
	Aptitude à l'écoulement du béton auto-plaçant : Dans la classe spécifiée	En cas de spécification sur le bon de livraison	--	Évaluation individuelle (tableau 21-ANB de la NBN B 15-001)
	Résistance à la ségrégation du béton auto-plaçant : Facultatif Dans la classe spécifiée	En cas de spécification sur le bon de livraison	--	Évaluation individuelle (tableau 21-ANB de la NBN B 15-001)

5 – LIVRAISON DU BÉTON



SOCIETE PRODUCTRICE	BON DE LIVRAISON
Client :	Centrale : .....
Chantier :	Réf. Commande : .....
	Bon n° ..... du ...../...../.....
	Camion n° ..... Quantité (m³) : .....
	Recette n° .....

PRODUIT LIVRE

TYPE	BENOR ?	SIGLE BENOR SI OUI
BETON A PROPRIETES SPECIFIEES	OUI ■	BENOR
	NON ❑	

Données de base :

- Classe de résistance : C...../.....
- Non armé ❑ - Armé ❑ - Précontraint ❑
- Classe d'environnement : .....
- Classe de consistance : .....
- Dmax : .....
- Délai garanti de mise en œuvre : .....min.

Données complémentaires :

- Ciment : .....
- Absorption d'eau : WAI ( )
- Additions : .....
- E/C ≤ .....
- Gravillon .....
- Adjuvant en centrale :

	Type (*)	% C	Nom
1)	.....	.....	.....
2)	.....	.....	.....
*			
*			

AJOUTS SUR CHANTIER SOUS LA RESPONSABILITE DE LA CENTRALE

Si le produit est BENOR, il reste BENOR		Type (*)	Max. autorisé	NOM	Réalisé	Heure	Sign. chauffeur
	EAU	-	..... litres		 l	.....	
	ADJUVANT	.....	..... litres		 l	.....	

PROPRIETES SPECIALES CONVENUES AVEC LE CLIENT (NON COUVERTES PAR BENOR)

* ..... | * .....

A REMPLIR PAR LE CHAUFFEUR

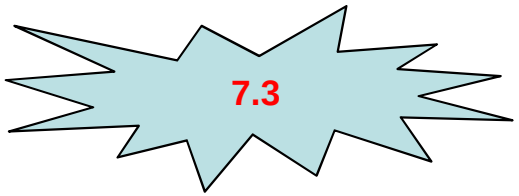
Chauffeur, **NOM** :		**Déversement** : ❑ Pompe - ❑ Bac - ❑ Coffrage - ❑ Slipform - ❑ .....
Index km départ :	H chargement :	
Index km retour :	H retour :	**Ajouts complémentaires exigés par le destinataire avec perte**
H arrivée chantier :	H fin déchargement :	- EAU : ..... litres
H début déchargement :		- AUTRE (fibres, ...) : .....
Remarque :		- Remarque : .....
.....		

A REMPLIR PAR LE DESTINATAIRE POUR ACCEPTATION ET DECHARGE

N.B. : En cas d'ajout d'eau ou d'autres produits sur chantier à l'initiative du client, le produit n'est plus couvert par la marque BENOR.

NOM (en majuscule) :	SIGNATURE :	REMARQUE :

Le bon de livraison



(Addition après le dernier tiret sous le point (2) a))

- La présence de granulats de béton de type A+ et le pourcentage en volume ajouté;
- La présence de granulats mixte de type B+ et le pourcentage en volume ajouté;
- La présence et la nature de granulats artificiels, le pourcentage en volume ajouté;
- Le délai garanti de mise en œuvre, exprimé en minutes;
- Le niveau de prévention RAS (PREV) et la catégorie d'exposition RAS (AR) pour la résistance à la réaction alcali-silice ;
- La classe WAI, si spécifiée.

6 - CONTROLE DE CONFORMITÉ DU BÉTON

Conformité du béton

8.2

Tableau 21-ANB — Evaluation de la conformité pour les classes de consistance, les propriétés du béton auto-plaçant et l'homogénéité de la répartition des fibres du béton frais au lieu de livraison

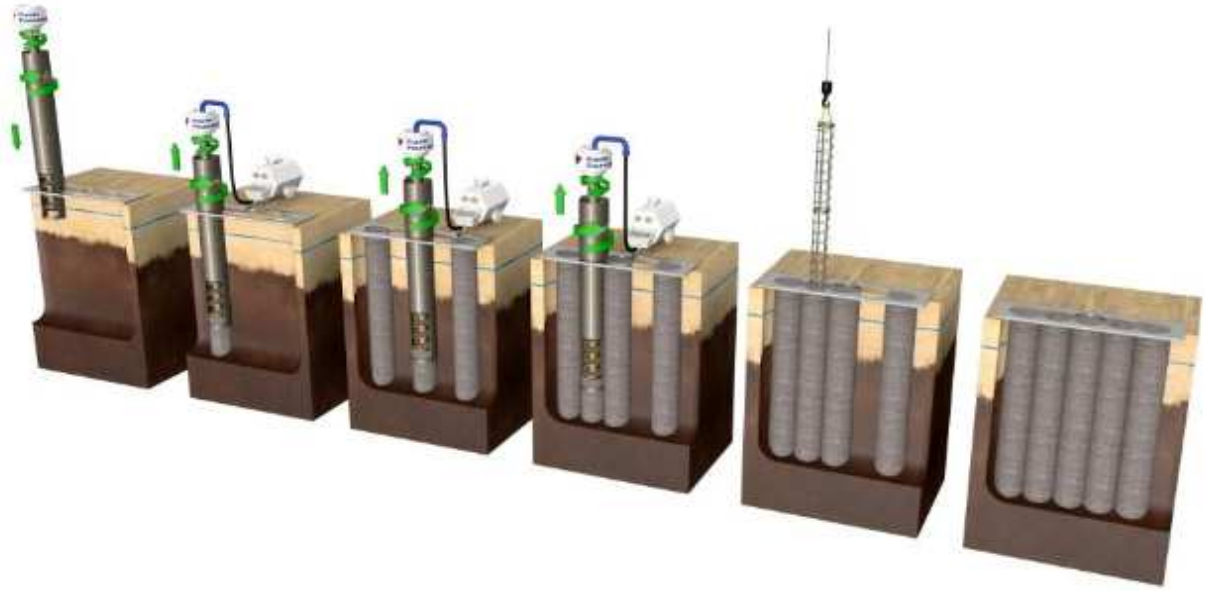
Propriété	Méthodes d'essai ou de détermination	Nombre minimal d'échantillons ou de déterminations	Écart maximum admissible [a] sur le lieu de livraison des résultats d'essais individuels par rapport aux valeurs limites ou aux limites de la classe spécifiée pour la consistance	
			Limite inférieure	Limite supérieure
Aspect	Comparaison par inspection visuelle de l'aspect du béton frais avec son aspect normal	Chaque gâchée; lors de livraison par camion, chaque chargement	-	-
Affaissement	EN 12350-2	i) Fréquence suivant le tableau 17 pour la résistance à la compression ii) Lors de la mesure de la teneur en air iii) En cas de doute suite à une inspection visuelle	-10 mm	+10 mm
			-20 mm [b]	+20 mm [b]
Indice de serrage	EN 12350-4		-0,03	+0,03
			-0,04 [b]	+0,04 [b]
Étalement à la table à chocs	EN 12350-5		-10 mm -20 mm [b]	+10 mm +20 mm [b]
Etalement au cône d'Abrams	EN 12350-8		Aucun écart admis	Aucun écart admis
Viscosité apparente	EN 12350-8 ou EN 12350-9	Si spécifiée		
Aptitude à l'écoulement	EN 12350-10 ou EN 12350-12			
Résistance à la ségrégation	EN 12350-11			

⇨ **Plus d'AQL pour la consistance**

⇨ **Evaluation individuelle**

-20 / + 20 au début du déchargement = 1er m³

7 – BÉTONS POUR OUVRAGES GÉOTECHNIQUES SPÉCIAUX



Annexe D
(normative)

Exigences complémentaires relatives à la spécification et à la conformité du béton destiné aux ouvrages géotechniques spéciaux

D.3.2 Teneur minimale en fines et teneur minimale en ciment

(Remplacement)

Le Tableau D.1 est remplacé par:

Tableau D.1 — Teneurs minimale en ciment et en fines du béton destiné aux pieux forés et aux pieux à refoulement de sol exécutés en place

Teneur en ciment:		
Mise en place dans des conditions sèches		≥ 325 kg/m³
Mise en place dans des conditions d'immersion (sous eau ou fluides stabilisateurs)		≥ 375 kg/m³
Teneur en fines[a]:		
Gravillon	D_{max} > 8 mm	≥ 400 kg/m³
Gravillon	D_{max} ≤ 8mm	≥ 450 kg/m³
[a] Fines: taille des particules ≤ 0,125 mm (additions et ciment inclus)		

D.3.4 Béton frais

(Addition après le point (4))

Note: Des exigences complémentaires pour limiter le ressuage peuvent être, au préalable, convenues entre les différentes parties. A cet effet, il peut être fait référence à la NBN EN 480-4 ou au Bauer Test suivant la CIA Z17-2012 - équipement décrit dans la NBN EN ISO 10414-1.

Annexe D
(normative)

Exigences complémentaires relatives à la spécification et à la conformité du béton destiné aux ouvrages géotechniques spéciaux

Tableau D.2 — Teneur minimale en ciment pour le béton destiné aux parois moulées

D_{max} mm	Teneur minimale en ciment kg/m^3
32	350
22,4	380
16	400

(5) Le béton avec un D_{max} = 32 mm utilisé pour les parois moulées doit être conforme aux critères suivants :

— teneur pondérale en sable ($D \leq 4$ mm) des granulats supérieure à 40 % ;

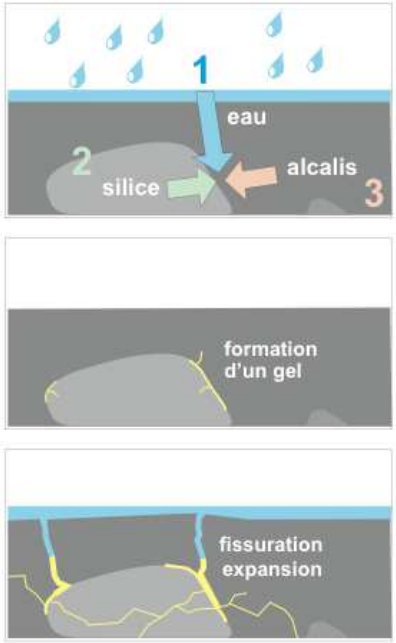
— masse totale des particules fines ($D \leq 0{,}125$ mm) dans le mélange de béton (intégrant le ciment et autres fines) comprise entre 400 kg/m^3 et 550 kg/m^3.

8 – MESURES DE PRÉVENTION EN MATIÈRE DE RÉACTION ALCALI-SILICE (RAS)

origines:

3 conditions
doivent être remplies
SIMULTANEMENT:

1- environnement humide
2- granulats réactifs
3- teneur élevée en alcalis



mesures de prévention / protection:

- **ciment LA (Low Alkali)**

- béton compact (E/C ↘)
- granulats non réactifs
  (à vérifier dans labo
  spécialisé)

Annexe I
(informative)

Mesures de prévention en matière de réaction alcali-silice (RAS)

➔ Obligation du prescripteur : évaluer le risque en fonction des risques économiques et sociétaux ➔ Fixer le **NIVEAU DE PREVENTION RAS (PREV)**.

NIVEAU	Description	Exemple
PREV1	**Effets de la RAS très limités et acceptables**	Eléments remplaçables
PREV2	**Effets de la RAS peu acceptables**	Bétons constructifs
PREV3	**Effets de la RAS non acceptables**	Grands ouvrages (ponts, quais, …)

Réaction alcali-silice

➔ L'exposition de l'élément de construction est déterminante pour le comportement et le degré de progression de la réaction. Ce facteur est lié à la **CATEGORIE D'EXPOSITION RAS (AR)** en étroite relation avec les classes d'environnement et d'exposition.

AR	
AR1	Eléments dans un environnement intérieur, sans exposition à des sources externes d'humidité
AR2	Eléments dans des environnements intérieurs humides et extérieurs, immergés dans de l'eau ou en contact avec un sol non agressif
AR3	Eléments dans des environnements humides et exposés à des alcalis (ex.: sels de déverglaçage) ou à des variations d'humidité dues à des cycles mouillage-séchage en présence d'eaux de mer ou d'eaux saumâtres

E0	AR1
EI	AR1
EE	
EE1	AR2
EE2	AR2
EE3	AR2
EE4	AR3

ES	
ES1	AR2
ES2	AR2
ES3	AR2
ES4	AR3

EA	
EA1	AR2
EA2	AR2
EA3	AR2

Par défaut !

Réaction alcali-silice

➔ En fonction des niveaux de prévention RAS définis et de la catégorie choisie d'exposition RAS, des mesures préventives adéquates doivent être prises. **Quatre différentes mesures sont décrites** afin de prévenir des effets néfastes de la réaction alcali-silice.

	AR1	AR2	AR3
PREV1	Aucun	Aucun	Aucun
PREV2	Aucun	1 ou 2 ou 3 ou 4	1 ou 2 ou 3 ou 4
PREV3	Aucun	1 ou 3 ou 4	1 ou 3* ou 4*

* Avec exigences plus sévères sur ces mesures

1. Utilisation de granulats non réactifs
2. Utilisation d'un ciment LA (conforme à la NBN B 12-109)
3. Limiter le bilan en alcalis du béton
4. Essais de performances en laboratoire pour la composition choisie

Si le prescripteur ne fixe pas de niveau de prévention, le producteur de béton doit prendre par défaut, le niveau de prévention PREV2 et la classe AR correspondant à la classe d'environnement spécifiée

Réaction alcali-silice

➔4 mesures de prévention possibles

1. Utilisation de granulats avec déclaration attestée de non-réactivité

La déclaration attestée s'effectue sur base d'un dossier comprenant tous les éléments géologiques, pétrographiques, et chimiques nécessaires pour démontrer la non-réactivité de tous les granulats utilisés dans la composition du béton. Tous ces éléments peuvent éventuellement être complétés par des essais de gonflement pertinents..

Réaction alcali-silice

➔4 mesures de prévention possibles

2. Utilisation d'un ciment LA conforme à la norme NBN B 12-109, sans calcul d'un bilan alcalin

- Utilisation d'un seul ciment LA (pas de mélanges de ciment) et avec un dosage maximal limité aux quantités renseignées au tableau I.4
- Utilisation d'une seule addition de type II (dosage maximal limité à 50 kg/m³), teneur en ciment limitée aux quantités renseignées au tableau I.4
- Utilisation exclusive de granulats avec une valeur forfaitaire ou déclarée en Na_2O-équivalent[2] limitée à 0,03%
- Aucune utilisation de granulats artificiels

Si une seule des conditions ci-dessus n'est pas remplie, la possibilité d'utiliser la mesure 2 est systématiquement éliminée.

Tableau I.4 - Teneur maximale autorisée en ciment du béton pour application de la mesure 2

TYPE DE CIMENT	SANS ADDITIONS kg/m³	AVEC ADDITION DE TYPE II (quantité d'addition ≤ 50 kg/m³) kg/m³
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	-

Réaction alcali-silice

➔4 mesures de prévention possibles

3. Limiter la teneur en alcalis du béton à une valeur spécifiée

Pour l'établissement du bilan alcalin du béton, les valeurs suivantes sont utilisées :

Ciment :

- La valeur limite de la norme NBN B 12-109 pour les ciments LA.
- La valeur maximale en Na_2O-équivalent total des ciments non LA en tenant compte du fait que cette valeur maximale ne sait jamais être inférieure à la valeur limite de la norme NBN B 12-109 pour le type de ciment correspondant augmenté de 0,10%. La valeur maximale en Na_2O-équivalent total est calculée sur la base de la moyenne glissante de la détermination hebdomadaire de la teneur en Na_2O-équivalent sur une période de minimum 48 semaines augmentée de 2 fois l'écart-type.
- Une valeur maximale absolue garantie de la teneur en Na_2O-équivalent total.

Granulats :

- Une valeur maximale absolue garantie de la teneur en Na_2O-équivalent solubles dans l'eau des granulats.

Eau, adjuvants, additions:

- Une valeur maximale absolue garantie de la teneur en Na_2O-équivalent total pour l'eau, les adjuvants (teneur déterminée selon la norme NBN EN 480-12) et les additions. Pour certaines additions, la teneur en alcalis actifs est nettement inférieure à la teneur totale en alcalis. Pour les cendres volantes et les fumées de silice, un facteur de conversion, lors de l'établissement du bilan alcalin, peut être appliqué à la teneur en Na_2O-équivalent total. Ce facteur de conversion est de 0,17.

Réaction alcali-silice

➔4 mesures de prévention possibles

3. Limiter la teneur en alcalis du béton à une valeur spécifiée

Pour l'établissement du bilan alcalin du béton, les valeurs suivantes sont utilisées :

OU

Tableau I.5 - Valeurs forfaitaires pour la teneur en alcalis des granulats, adjuvants et additions en cas de non-disponibilité de valeurs maximales

MATIERE PREMIERE		TENEUR EN ALCALIS (%)
GRANULATS	Origine marine	0,03
	Origine non-marine	0,01
	Granulat de béton type A+	0,03
ADJUVANTS		5,0
ADDITIONS	Type I, origine non-marine	0,01
	LMA	1,5
	Cendres volantes	5,0

Tableau I.6 - Valeurs forfaitaires pour la teneur en alcalis du ciment en cas de non-disponibilité de valeurs maximales

MATIERE PREMIERE		TENEUR EN ALCALIS (%)
CIMENT	CEM I	1,2
	CEM II/A-V ou CEM II/A-M avec CV	2,0
	CEM II/B-V ou CEM II/B-M avec CV	2,5
	CEM II (autres sans CV)	1,2
	CEM III/A	1,3
	CEM III/B	1,5
	CEM III/C	2,2
	CEM V/A	2,3

Réaction alcali-silice

Tableau 6 – Paramètres de base pour la conception de la composition

→ TRA 550 v4.0

Paramètre	Méthode d'essais	Exigence de conception	Valeur de calcul de référence initiale	Valeur de calcul alternative initiale	
				Origine	Valeur de calcul
Ciment					
Teneur en alcalis	NBN EN 196-2	Bilan alcalis	BENOR (maximum LA ou maximum certifié)	NBN B 15-001, annexe I	Valeur forfaitaire pour la teneur en alcalis du ciment en cas de non-disponibilité de valeurs maximales
Gravillons / Sable					
Teneur en alcalis	--	Bilan alcalis	Valeur forfaitaire pour la teneur en alcalis selon le tableau I.5 de la NBN B 15-001	--	--
Adjuvants					
Teneur en alcalis	NBN EN 480-12	Bilan alcalis	Max. BENOR	NBN B 15-001, annexe I	Valeur forfaitaire pour la teneur en alcalis des adjuvants en cas de non-disponibilité de valeurs maximales
Eau					
Teneur en alcalis	NBN EN 1008	Bilan alcalis	0,15 % sauf si la valeur mesurée est supérieure	Licencié dans un labo approprié	Résultat

Réaction alcali-silice

➔4 mesures de prévention possibles

3. Limiter la teneur en alcalis du béton à une valeur spécifiée

Tableau I.7 - Valeur limite pour le bilan alcalin en cas d'utilisation de ciment (béton sans additions de type II)

CIMENT		BILAN ALCALIN DU BETON (≤ … kg/m³)
CEM I CEM II		3,5
CEM III/A	S < 50%	5,0
CEM III/A	S ≥ 50%	6,0
CEM III/B		7,0
CEM III/C		10,0
CEM V/A		8,0

Réaction alcali-silice

➔4 mesures de prévention possibles

3. Limiter la teneur en alcalis du béton à une valeur spécifiée

Tableau I.8-ANB — Valeur limite pour le bilan alcalin en cas d'utilisation de combinaisons de ciments (béton sans additions de type II)

COMBINAISON DE CIMENTS	TENEURS EN LAITIER [a]	TENEUR EN CENDRES VOLANTES [b]	BILAN ALCALIN DU BETON (≤ … kg/m³)
Toute combinaison de ciments CEM I, CEM II, CEM III ou CEM V dont les constituants principaux sont exclusivement : du clinker, du laitier, du calcaire ou des cendres volantes siliceuses.	S < 0,36	Pas d'exigence	3,5
	0,36 ≤ S < 0,50	Pas d'exigence	5,0
	0,50 ≤ S < 0,66	Pas d'exigence	6,0
	0,66 ≤ S	Pas d'exigence	7,0
	0,18 ≤ S ≤ 0,30	V ≥ 0,18	8,0

(a) **S** est la teneur totale en laitier de la combinaison de ciments et est déterminé par la moyenne pondérée des teneurs en laitier de chaque ciment séparément, dont :

- Pour le CEM I : **S**=0
- Pour les CEM II, CEM III et CEM V : **S** est la valeur la plus élevée des suivantes :
  - La valeur de la teneur en laitier (exprimée en pourcents) déclarée par le producteur diminué de 5 points
  - La valeur minimale de la teneur en laitier pour le type de ciment correspondant, conformément à la NBN EN 197-1
  - La valeur de 0,50 pour le CEM III LA avec une valeur déclarée **S** ≥ 0,50

(b) V est la teneur totale en cendres volantes de la combinaison de ciments et est déterminée par la moyenne pondérée de la teneur en cendres volantes calculée pour chaque ciment séparément, dont

- Pour le CEM I ; V=0
- Pour les CEM II et CEM V ; V est la valeur la plus élevée des suivantes :
  - La valeur de la teneur en cendres volantes (exprimée en pourcents) déclarée par le producteur diminuée de 5 points
  - La valeur minimale de la teneur en cendres volantes pour le type de ciment correspondant, conformément à la NBN EN 197-1

Réaction alcali-silice

➔4 mesures de prévention possibles

3. Limiter la teneur en alcalis du béton à une valeur spécifiée

Tableau I.9 - Valeur limite pour le bilan alcalin en cas d'utilisation de cendres volantes comme additions de type II

CIMENT	TENEUR EN CENDRES VOLANTES	BILAN ALCALIN DU BETON (≤ … kg/m³)
CEM I **CEM II**	V/(C + V) < 0,25	3,5
CEM I **CEM II**	0,25 ≤ V/(C+V) ≤ 0,35	4,0
CEM III/A S < 50%	V/(C+V) < 0,20	5,0
CEM III/A S ≥ 50%		6,0
CEM III/A S < 50%	0,20 ≤ V/(C+V) ≤ 0,30	5,5
CEM III/A S ≥ 50%		6,5

Tableau I.10-ANB — Valeur limite pour le bilan alcalin en cas d'utilisation de LMA comme additions de type II

CIMENT	TENEUR EN LMA	BILAN ALCALIN DU BETON (≤ … kg/m³)
CEM I **CEM II**	LMA/(C+LMA) < 0,36	3,5
CEM I **CEM II**	0,36 ≤ LMA/(C+LMA) < 0,50	5,0
CEM I **CEM II**	0,50 ≤ LMA/(C+LMA) < 0,66	6,0
CEM I **CEM II**	0,66 ≤ LMA/(C+LMA)	7,0

➔4 mesures de prévention possibles

4. Réalisation d'un essai de gonflement

- Oberholster modifié
- NF P 18-454 et FD P 18-456

Annexe Q
(informative)

Méthode d'essai pour l'essai Oberholster modifié

La composition du béton peut être considérée comme non-réactive si elle répond aux critères pour chacun des trois mélanges de béton produits séparément.

I.4.4.4 L'application de cette mesure exige un suivi ultérieur continu du bilan alcalin, à calculer au moyen des valeurs de calculs reprises au I.4.3.1 et peut être utilisée aussi longtemps que cette valeur – augmentée de 0,5 kg/m^3 si la note (b) du Tableau I.1-ANB est d'application – n'excède pas la teneur en alcalis de la composition de béton testée.

Exemple de calcul de bilans

	Type de béton T(0,50)à base de CEM III/A							T50 CEM I			T50 CEM I			T50 CEM I			T50 CEM I		
	COMPOSITION					BILAN ALCALIS		COMPO	BILAN ALCALIS		COMPO	BILAN ALCALIS		COMPO	BILAN ALCALIS		COMPO	BILAN ALCALIS	
Matière première	Recette kg/m³	Squ. inert %	ρ kg/m³	Volume litres/m³	Eau kg/m³	Na2O-eq %	Na2O-eq kg/m³	Recette kg/m³	Na2O-eq %	Na2O-eq kg/m³	Recette kg/m³	Na2O-eq %	Na2O-eq kg/m³	Recette kg/m³	Na2O-eq %	Na2O-eq kg/m³	Recette kg/m³	Na2O-eq %	Na2O-eq kg/m³
CEM III/A 42,5 N LA (S < 50%)	**350**		3,00	117		0,90	3,150		0,90			0,90			0,90			0,90	
CEM III/B 42,5 N-LH/SR LA			3,00			1,30			1,30			1,30			1,30			1,30	
CEM I 52,5 N			3,15			0,85		**350**	0,85	2,975		0,85		**350**	0,85	2,975	**330**	0,85	2,805
CEM I 52,5 N			3,15			0,75			0,75		**350**	0,75	2,625		0,75			0,75	
Cendres volantes			2,20			5,00			5,00			5,00			5,00		**50**	5,00	0,425
LMA			2,40			1,50			1,50			1,50			1,50			1,50	
Filler calcaire			2,67			0,01			0,01			0,01			0,01			0,01	
Gravillons NON marins			2,66			0,01			0,01			0,01		**147**	0,01	0,015	**144**	0,01	0,014
Gravillons NON marins			2,66			0,01			0,01			0,01		**921**	0,01	0,092	**899**	0,01	0,090
Gravillons marins	**147**	**8,0**	2,63	56		0,03	0,044	**144**	0,03	0,043	**144**	0,03	0,043		0,03			0,03	
Gravillons marins	**916**	**50,0**	2,63	348		0,03	0,275	**897**	0,03	0,269	**897**	0,03	0,269		0,03			0,03	
Sable NON marin			2,66			0,01			0,01			0,01		**387**	0,01	0,039	**378**	0,01	0,038
Sable NON marin			2,66			0,01			0,01			0,01		**387**	0,01	0,039	**378**	0,01	0,038
Sable marin	**385**	**21,0**	2,63	146		0,03	0,115	**377**	0,03	0,113	**377**	0,03	0,113		0,03			0,03	
Sable marin	**385**	**21,0**	2,63	146		0,03	0,115	**377**	0,03	0,113	**377**	0,03	0,113		0,03			0,03	
Adjuvant 1	**3,00**		1,15	2,61	2,40	5,00	0,150	**3,00**	5,00	0,150	**3,00**	5,00	0,150	**3,00**	5,00	0,150	**3,00**	5,00	0,150
Adjuvant 2			1,15			5,00			5,00			5,00			5,00			5,00	
Eau	**169**		1,00	169	169,00	0,050	0,085	**169**	0,050	0,085	**169**	0,050	0,085	**169**	0,050	0,085	**169**	0,050	0,085
Eau d'absorption	**20**						0,000	**20**		0,000	**20**		0,000	**10**		0,000	**10**		0,000
Air	-		-	**15**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2374	100		1000	0,490		3,934	2337		3,748	2337		3,398	2374		3,394	2360		3,644
	kg/m³	%		litres	E/C		4,5 kg/m³	kg/m³		3,5 kg/m³	kg/m³		3,5 kg/m³	kg/m³		3,5 kg/m³	kg/m³		3,5 kg/m³

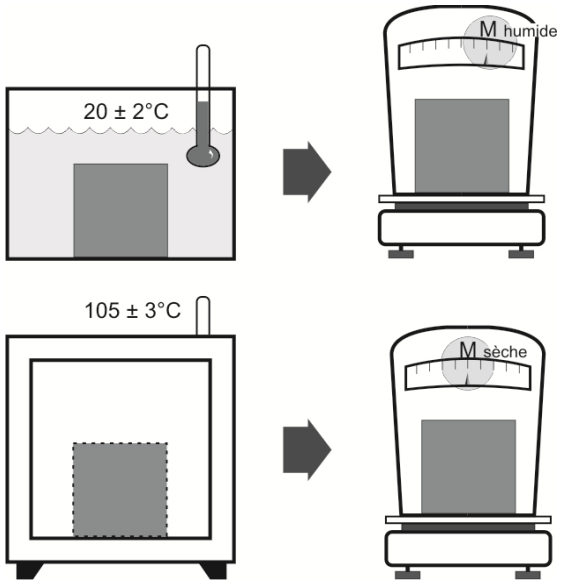
Exemple de calcul de bilans

	Betontype T(0,45) op basis van CEM III/A							T45 CEM I			T45 CEM I			T45 CEM I			T45 CEM I		
	COMPOSITION					BILAN ALCALIS		COMPO	BILAN ALCALIS		COMPO	BILAN ALCALIS		COMPO	BILAN ALCALIS		COMPO	BILAN ALCALIS	
Matière première	Recette kg/m³	Squ. iner %	ρ kg/m³	Volume litres/m³	Eau kg/m³	Na2O-eq %	Na2O-eq kg/m³	Recette kg/m³	Na2O-eq %	Na2O-eq kg/m³	Recette kg/m³	Na2O-eq %	Na2O-eq kg/m³	Recette kg/m³	Na2O-eq %	Na2O-eq kg/m³	Recette kg/m³	Na2O-eq %	Na2O-eq kg/m³
CEM III/A 42,5 N LA (S < 50%)	**390**		3,00	130		0,90	3,510		0,90			0,90			0,90			0,90	
CEM III/B 42,5 N-LH/SR LA			3,00			1,30			1,30			1,30			1,30			1,30	
CEM I 52,5 N			3,15			0,85		**390**	0,85	3,315		0,85			0,85			0,85	
CEM I 52,5 N			3,15			0,75			0,75		**390**	0,75	2,925	**390**	0,75	2,925	**390**	0,75	2,925
Cendres volantes			2,20			5,00			5,00			5,00			5,00			5,00	
LMA			2,40			1,50			1,50			1,50			1,50			1,50	
Filler calcaire			2,67			0,01			0,01			0,01			0,01			0,01	
Gravillons NON marins			2,66			0,01			0,01			0,01		**144**	0,01	0,014	**144**	0,01	0,014
Gravillons NON marins			2,66			0,01			0,01			0,01		**937**	0,01	0,094	**937**	0,01	0,094
Gravillons marins	**144**	**8,0**	2,63	55		0,03	0,043	**141**	0,03	0,042	**141**	0,03	0,042		0,03			0,03	
Gravillons marins	**934**	**52,0**	2,63	355		0,03	0,280	**915**	0,03	0,275	**915**	0,03	0,275		0,03			0,03	
Sable NON marin			2,66			0,01			0,01			0,01		**360**	0,01	0,036		0,01	
Sable NON marin			2,66			0,01			0,01			0,01			0,01			0,01	
Sable marin	**359**	**20,0**	2,63	137		0,03	0,108	**352**	0,03	0,106	**352**	0,03	0,106	**356**	0,03	0,107	**356**	0,03	0,107
Sable marin	**359**	**20,0**	2,63	137		0,03	0,108	**352**	0,03	0,106	**352**	0,03	0,106		0,03		**356**	0,03	0,107
Adjuvant 1	**3,50**		1,15	3,04	2,80	5,00	0,175	**3,50**	5,00	0,175	**3,50**	5,00	0,175	**3,50**	5,00	0,175	**3,50**	2,00	0,070
Adjuvant 2			1,15			5,00			5,00			5,00			5,00			5,00	
Eau	**169**		1,00	169	169,00	0,050	0,085	**169**	0,050	0,085	**169**	0,050	0,085	**169**	0,050	0,085	**169**	0,050	0,085
Eau d'absorption	**20**						0,000	**20**		0,000	**20**		0,000	**12**		0,000	**12**		0,000
Air	-		-	**15**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2379	100		1000	0,441		4,308	2343		4,103	2343		3,713	2372		3,435	2368		3,401
	kg/m³	%		litres	E/C		4,5 kg/m³	kg/m³		3,5 kg/m³	kg/m³		3,5 kg/m³	kg/m³		3,5 kg/m³	kg/m³		3,5 kg/m³

Exemple de calcul de bilans

	Betontype T(0,45) op basis van CEM III/A							T45 75% CEM III/A + 25% CEM I S = (49-5).0,75 = 33%			T45 82% CEM III/A + 18% CEM I S = (49-5).0,82 = 36%		
	COMPOSITION					BILAN ALCALIS		COMPO	BILAN ALCALIS		COMPO	BILAN ALCALIS	
Matière première	Recette kg/m³	Squ. iner %	ρ kg/m³	Volume litres/m³	Eau kg/m³	Na2O-eq %	Na2O-eq kg/m³	Recette kg/m³	Na2O-eq %	Na2O-eq kg/m³	Recette kg/m³	Na2O-eq %	Na2O-eq kg/m³
CEM III/A 42,5 N LA (S < 50%)	**390**		3,00	130		0,90	3,510	**293**	0,90	2,637	**320**	0,90	2,880
CEM III/B 42,5 N-LH/SR LA			3,00			1,30			1,30			1,30	
CEM I 52,5 N			3,15			0,85			0,85			0,85	
CEM I 52,5 N			3,15			0,75		**97**	0,75	0,728	**70**	0,75	0,525
Cendres volantes			2,20			5,00			5,00			5,00	
LMA			2,40			1,50			1,50			1,50	
Filler calcaire			2,67			0,01			0,01			0,01	
Gravillons NON marins			2,66			0,01		**147**	0,01	0,015	**147**	0,01	0,015
Gravillons NON marins			2,66			0,01		**937**	0,01	0,094	**937**	0,01	0,094
Gravillons marins	**144**	**8,0**	2,63	55		0,03	0,043		0,03			0,03	
Gravillons marins	**934**	**52,0**	2,63	355		0,03	0,280		0,03			0,03	
Sable NON marin			2,66			0,01		**390**	0,01	0,039	**390**	0,01	0,039
Sable NON marin			2,66			0,01		**390**	0,01	0,039	**390**	0,01	0,039
Sable marin	**359**	**20,0**	2,63	137		0,03	0,108		0,03			0,03	
Sable marin	**359**	**20,0**	2,63	137		0,03	0,108		0,03			0,03	
Adjuvant 1	**3,50**		1,15	3,04	2,80	5,00	0,175	**3,50**	**2,00**	0,070	**3,50**	**2,00**	0,070
Adjuvant 2			1,15			5,00			5,00			5,00	
Eau	**169**		1,00	169	169,00	0,050	0,085	**169**	0,050	0,085	**169**	0,050	0,085
Eau d'absorption	**20**						0,000	**12**		0,000	**12**		0,000
Air	-		-	**15**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2379	100		1000	0,441		4,308	2439		3,705	2439		3,746
	kg/m³	%		litres	E/C		4,5 kg/m³	kg/m³		3,5 kg/m³	kg/m³		5,0 kg/m³

9 – ABSORPTION D'EAU PAR IMMERSION



$$A = \frac{m_{humide} - m_{sèche}}{m_{sèche}} . 100 \quad in\ \%$$

Absorption d'eau par immersion

On distingue cinq classes d' « absorption d'eau par immersion ». Elles sont désignées par WAI (de l'anglais **W**ater **A**bsorption by **I**mmersion).

- WAI (0,50)

  Valeur moyenne d'au moins trois éprouvettes: ≤ 6,0 %

  Valeur individuelle : ≤ 6,5 %

  D'application pour le type de béton T(0,50)

- WAI (0,50)A

  Valeur moyenne d'au moins trois éprouvettes: ≤ 6,3 %

  Valeur individuelle: ≤ 6,8 %

  D'application uniquement pour le béton avec air entraîné - type de béton T(0,50)A

- WAI (0,45)

  Valeur moyenne d'au moins trois éprouvettes: ≤ 5,5 %

  Valeur individuelle: ≤ 6,0 %

  D'application pour le type de béton T(0,45)

- WAI (0,45)A

  Valeur moyenne d'au moins trois éprouvettes: ≤ 5,8 %

  Valeur individuelle: ≤ 6,3 %

  D'application uniquement pour le béton avec air entraîné - type de béton T(0,45)A

- WAI (0,40)

  Valeur moyenne d'au moins trois éprouvettes: ≤ 5,0 %

  Valeur individuelle: ≤ 5,5 %

  D'application pour des applications spécifiques - type de béton T(0,45)

Nouvelle classe !

Absorption d'eau par immersion

Valeurs de ces classes d'application pour Dmax ≥ 20 mm !!

Informatif

Pour des granulats dont le plus grand diamètre nominal est inférieur ou égal à 16 mm et supérieur ou égal à 4 mm, ainsi que dans le cas de squelettes inertes particuliers, des valeurs plus élevées sont autorisées moyennant l'accord de toutes les parties impliquées. L'augmentation autorisée des valeurs normales pour les différents WAI est cependant limitée aux valeurs reprises dans le tableau ci-dessous :

Tableau O.1 – Augmentation maximale autorisée des valeurs normales pour les différents WAI

D_{max}	Augmentation maximale des valeurs normales pour les différents WAI avec :
8 mm < $D_{max} \leq$ 16 mm	+ 1,0 %
4 mm ≤ $D_{max} \leq$ 8 mm	+ 2,0 %

10 - NOUVELLE VERSION TRA 550

FEDBETON
THINK CONCRETE

Thank you for your attention

INFO@FEDBETON.BE WWW.FEDBETON.BE