

NORME MAROCAINE

NM 10.1.008

Juillet 2007

**Béton :Spécifications, performances, production et
conformité**

Ce projet de norme a été rédigé par les membres de la commission de rédaction suivants :

- Mr Yahya BOUCHAQOUR (DAT)
- Mr Khalid BENJELLOUN (LPEE) :Rapporteur
- Secrétariat : Mme Bouchra AMMARI (DRCR)
Mme Imane JABRI (DAT)
- Mr Abdelfattah MOBARRA (DRCR)
- Mr Adil CHENNOUF (HOLCIM)
- Mr Ahmed FELLAHI (BETOMAR)
- Mr Azelaarab ALAOUI (ONCF)
- Mr Mohamed BOUFOUS (Ciments du Maroc)
- Mr Mohamed TOUGUY (Armabéton)
- Mme Nezha LABIED (DEP)
- Mr Othmane BANSATOR (LAFARGE-béton)

Sommaire

Introduction.....	9
1 domaine d'application	9
2 références normatives.....	10
3 définitions symboles et abréviations.....	11
3.1 termes et définitions	11
3.1.1 béton	11
3.1.2 béton frais	11
3.1.3 béton durci	11
3.1.4 béton de chantier	11
3.1.5 béton prêt à l'emploi.....	11
3.1.6 produit préfabriqué en béton.....	11
3.1.7 béton de masse volumique normale.....	11
3.1.8 béton léger	12
3.1.9 béton lourd.....	12
3.1.10 béton à haute résistance	12
3.1.11 béton à propriétés spécifiées.....	12
3.1.12 béton à composition prescrite.....	12
3.1.13 béton à composition prescrite dans une norme.....	12
3.1.14 famille de bétons.....	12
3.1.15 mètre cube de béton	12
3.1.16 camion malaxeur	12
3.1.17 cuve agitatrice	12
3.1.18 cuve non agitatrice	12
3.1.19 gâchée	12
3.1.20 charge.....	12
3.1.21 livraison	12
3.1.22 adjuvant	12
3.1.23 Ajouts.....	12
3.1.24 granulat	13
3.1.25 granulat courant.....	13
3.1.26 granulat léger	13
3.1.27 granulat lourd	13
3.1.28 ciment (liant hydraulique)	13
3.1.29 teneur en eau totale.....	13
3.1.30 teneur en eau efficace	13
3.1.31 rapport eau/ciment.....	13
3.1.32 résistance caractéristique	13
3.1.33 air entraîné.....	13
3.1.34 air occlus	13
3.1.35 chantier.....	13
3.1.36 spécification	13
3.1.37 prescripteur.....	13
3.1.38 producteur.....	13
3.1.39 utilisateur	13

3.1.40	durée de vie	14
3.1.41	essai initial (étude de formulation)	14
3.1.42	essai de convenance	14
3.1.43	essai de conformité	14
3.1.44	évaluation de conformité	14
3.1.45	essai de contrôle à la livraison	14
3.1.46	actions dues à l'environnement	14
3.1.47	vérification	14
4	classification	15
4.1	classes d'exposition en fonction des actions dues à l'environnement	15
4.2	béton frais	18
4.2.1	classes de consistance	18
4.2.2	classes en fonction de la dimension maximale des granulats	19
4.3	béton durci	19
4.3.1	classes de résistance à la compression	19
4.3.2	classes de masse volumique pour le béton léger	21
5	exigences relatives au béton et méthodes de vérification	21
5.1	exigences de base relatives aux constituants	21
5.1.1	généralités	21
5.1.2	ciment	21
5.1.3	granulats	22
5.1.4	eau de gâchage	22
5.1.5	adjuvants	22
5.1.6	Ajouts	22
5.2	exigences de base pour la composition du béton	22
5.2.1	généralités	22
5.2.2	choix du ciment	22
5.2.3	utilisation des granulats	22
5.2.4	utilisation des eaux recyclées	23
5.2.5	utilisation d'adjuvants	23
5.2.6	teneur en chlorures	23
5.2.7	température du béton	24
5.3	exigences liées aux classes d'exposition	24
5.3.1	généralités	24
5.3.2	valeurs limites pour la composition du béton	24
5.3.3	méthodes de conception performantielles	25
5.4	exigences pour le béton frais	25
5.4.1	consistance	25
5.4.2	dosage en ciment et rapport eau/ciment	26
5.4.3	teneur en air	26
5.4.4	dimension maximale des granulats	26
5.5	exigences pour le béton durci	26
5.5.1	résistance	26
5.5.2	masse volumique	27
5.5.3	résistance à la pénétration de l'eau	27
6	spécification du béton	28
6.1	généralités	28

6.2	spécification des bétons à propriétés spécifiées.....	28
6.2.1	généralités.....	28
6.2.2	données de base.....	28
6.2.3	exigences complémentaires.....	29
6.3	spécification des bétons à composition prescrite.....	29
6.3.1	généralités.....	29
6.3.2	données de base.....	29
6.3.3	données complémentaires.....	29
6.4	spécification des bétons à composition prescrite dans une norme.....	30
7	livraison du béton frais.....	30
7.1	information de l'utilisateur du béton au producteur(1).....	30
7.2	information du producteur du béton à l'utilisateur (1).....	30
7.3	bon de livraison pour le béton prêt à l'emploi.....	31
7.4	information à la livraison pour le béton de chantier.....	32
7.5	consistance à la livraison.....	32
8	contrôle de conformité et critères de conformité.....	32
8.1	généralités.....	32
8.2	contrôle de conformité des bétons à propriétés spécifiées.....	33
8.2.1	contrôle de conformité de la résistance à la compression.....	33
8.2.2	contrôle de conformité de la résistance à la traction par fendage.....	35
8.2.3	contrôle de conformité pour les propriétés autres que la résistance.....	36
8.3	contrôle de conformité du béton à composition prescrite y compris les bétons à composition prescrite dans une norme.....	38
8.4	actions à entreprendre en cas de non conformité du produit.....	39
9	contrôle de production.....	40
9.1	généralités.....	40
9.2	systèmes de contrôle de production.....	40
9.3	données enregistrées et autres documents.....	40
9.4	essais.....	41
9.5	composition du béton et essai initial.....	42
9.6	personnel, équipement et installation.....	42
9.6.1	personnel.....	42
9.6.2	équipement et installation.....	42
9.7	dosage des constituants.....	43
9.8	malaxage du béton.....	43
9.9	procédures de contrôle de production.....	43
10	évaluation de la conformité.....	49
11	désignation des bétons à propriétés spécifiées.....	49
Annexe A (normative)	essai initial.....	51
A.1	généralités.....	51
A.2	partie responsable des essais initiaux.....	51
A.3	fréquence des essais initiaux.....	51
A.4	conditions d'essai.....	51
A.5	critères d'adoption des essais initiaux.....	51
Annexe B (normative)	Essais de contrôle à la livraison.....	53
B - 1	: Plan d'échantillonnage.....	53

B - 2 : Contrôle de la consistance.....	54
B - 3 : Contrôle de la résistance	54
Annexe C (normative) Limites de composition du béton.....	55
Annexe D (informative) dispositions supplémentaires relatives aux bétons à haute résistance.....	57
Annexe E (informative) méthode de formulation basée sur les performances pour le respect de la durabilité.....	59
E.1 introduction	59
E.2 définition	59
E.3 applications et recommandations générales.....	59
E.4 méthode de formulation basée sur les performances pour le respect de la durabilité.....	60
Annexe F : (informative) familles de béton.....	61
F.1 généralités	61
F.2 sélection de la famille de béton.....	61
F.3 arbre de décision pour l'évaluation d'un membre et la conformité d'une famille de béton.....	61

Liste des tableaux

- Tableau 1** classes d'exposition
- Tableau 2** valeurs limites pour les classes d'exposition correspondant aux attaques chimiques des sols naturels et eaux souterraines
- Tableau 3** classes d'affaissement
- Tableau 4** classes Vébé
- Tableau 5** classes de serrage
- Tableau 6** classes d'étalement
- Tableau 7** classes de résistance à la compression pour les bétons de masse volumique normale et les bétons lourds
- Tableau 8** classes de résistance pour les bétons légers
- Tableau 9** classification de la masse volumique du béton léger
- Tableau 10** teneur maximale en ions chlorure du béton
- Tableau 11** tolérances relatives aux valeurs cibles de consistance
- Tableau 12** évolution de la résistance du béton à 20 °C
- Tableau 13** fréquence minimale d'échantillonnage pour l'évaluation de la conformité
- Tableau 14** critères de conformité pour les résultats d'essai de résistance à la compression
- Tableau 15** critère de confirmation pour les formules individuelles
- Tableau 16** critères de conformité pour la résistance à la traction par fendage
- Tableau 17** critères de conformité pour les propriétés autres que la résistance
- Tableau 18** critères de conformité applicables à la consistance
- Tableaux 19a et 19b** - table du nombre acceptable de résultats en dehors des limites spécifiées pour les critères de conformité applicables aux propriétés autres que la résistance
- Tableau 20** données à enregistrer et autres documents, le cas échéant
- Tableau 21** tolérances pour dosage des constituants
- Tableau 22** contrôle des matériaux constituants
- Tableau 23** contrôle du matériel
- Tableau 24** contrôle des procédures de production et des propriétés du béton
- Tableau B.1** Fréquences minimales de prélèvement
- Tableau C.1** valeurs limites pour la composition et les propriétés du béton en fonction de la classe d'exposition
- Tableau D.1** contrôle des matériaux constituants
- Tableau D.2** contrôle de l'équipement
- Tableau D.3** contrôle des procédures de production et des propriétés du béton

Le contexte de fonctionnement de la présente norme est illustré à la Figure 1.

La présente norme ne peut être utilisée qu'en association avec les normes produits relatives aux constituants (ciment, granulats, ajouts, adjuvants et eau de gâchage) et aux méthodes d'essai du béton correspondantes. Ces normes de produits et d'essais sont en préparation, mais elles ne seront pas toutes disponibles à la date de publication de la présente norme. Pour cette raison, la date de retrait des normes en contradiction avec la présente norme coïncidera avec la date à laquelle ces normes seront disponibles et mises en application en tant que normes marocaines.

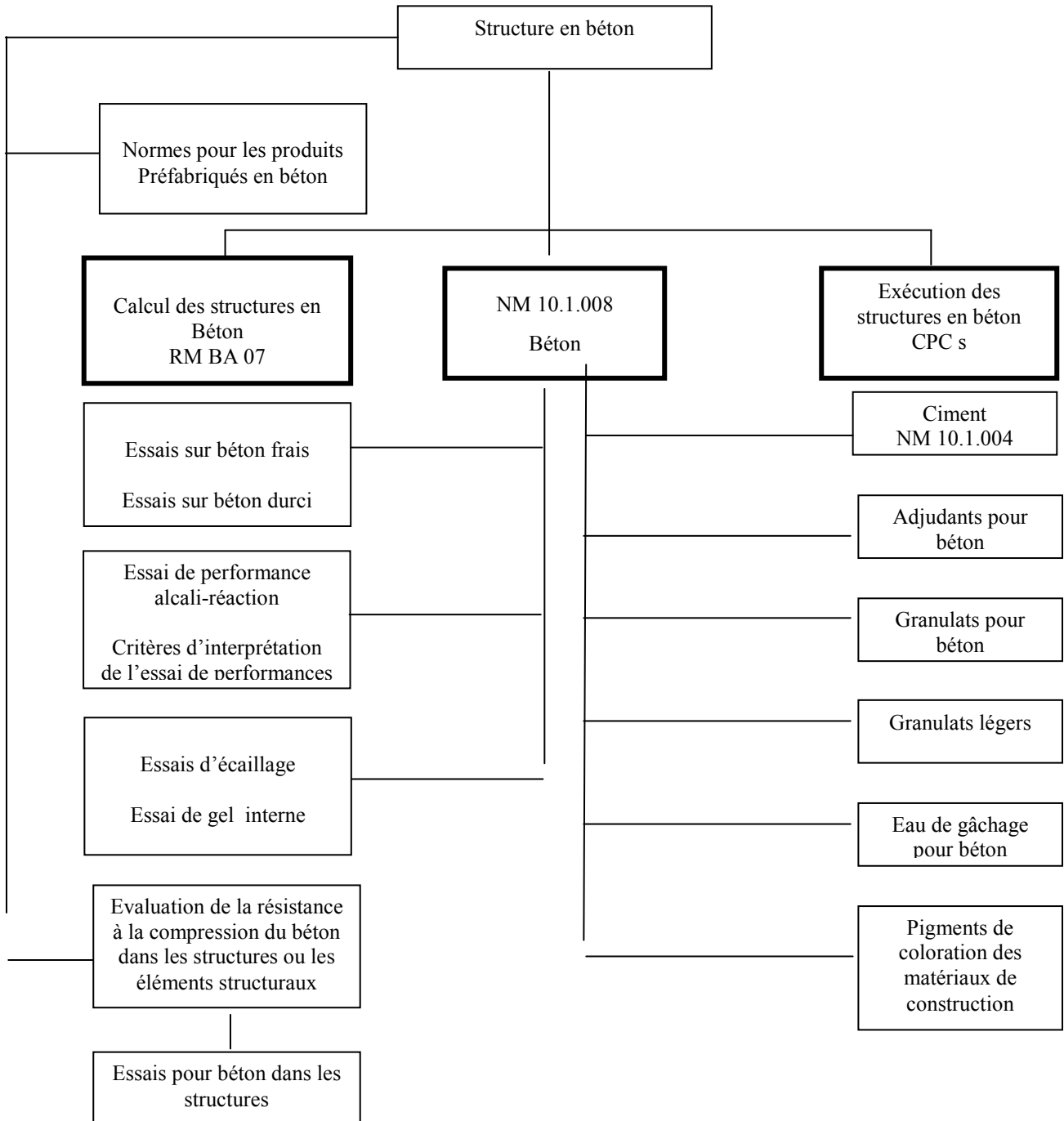


Figure 1 - Relations entre NM 10.1.008 et les normes pour la conception et l'exécution, ainsi que les normes relatives aux constituants et les normes d'essais.

Introduction

La présente norme marocaine définit les tâches du prescripteur, du producteur et de l'utilisateur. Par exemple le prescripteur est responsable de la spécification du béton, **article 6**, et le producteur est responsable de la conformité et du contrôle de production, **articles 8 et 9**. L'utilisateur est responsable de la mise en place du béton dans la structure. En pratique, il peut se faire que plusieurs entités spécifient des exigences à différents stades de la conception et de la construction, par exemple le client, le concepteur, l'entrepreneur, le sous-traitant responsable du bétonnage. Chacun est responsable de transmettre les exigences spécifiées en même temps que les exigences complémentaires, au maillon suivant de la chaîne jusqu'au producteur. Au sens de cette norme, la compilation finale est désignée par le terme "spécification". Inversement, le prescripteur, le producteur et l'utilisateur peuvent être la même personne (par exemple 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 et il doit fournir les spécifications au producteur. Les questions contractuelles ne sont pas abordées. Lorsque des responsabilités sont attribuées aux parties en cause, ce ne sont que des responsabilités techniques.

Les notes dans les tableaux et les notes de bas de tableaux de cette norme sont normatives sauf spécifications contraires, et les autres notes et notes de bas de page sont informatives.

1 domaine d'application

La présente norme marocaine s'applique aux bétons destinés aux structures coulées en place, aux structures préfabriquées, aux éléments de structure préfabriqués pour bâtiments et structures de génie civil.

Le béton peut être du béton fabriqué sur chantier, du béton prêt à l'emploi ou du béton fabriqué dans une usine de production de produits préfabriqués. Il doit être malaxé mécaniquement.

La présente norme spécifie les exigences applicables :

- aux constituants du béton ;
- aux propriétés du béton frais et durci et à leur vérification ;
- aux limitations imposées à la composition du béton ;
- à la spécification du béton ;
- à la livraison du béton frais ;
- aux procédures de contrôle de production ;
- aux critères de conformité et à l'évaluation de la conformité.

La présente norme s'applique au béton de masse volumique normale, au béton lourd et au béton léger.

Des exigences complémentaires ou différentes peuvent être données dans d'autres normes spécifiques, par exemple :

- béton destiné aux routes et autres aires de circulation ;
- béton utilisant d'autres matériaux (par exemple : fibres) ou des constituants non couverts en **5-1**
- béton avec une taille maximale de granulats inférieure ou égale à 5 mm (mortier) ;
- technologies spéciales (par exemple : béton projeté) ;
- béton pour le stockage de déchets liquides et gazeux ;
- béton pour des réservoirs de stockage de substances polluantes ;

- béton pour les structures massives (par exemple : barrages, ouvrages portuaires)
- béton pré mélangé à sec.
- béton pour produits spécifiques (produits préfabriqués)

Cette norme ne s'applique pas :

- au béton aéré ;
- au béton mousse ;
- au béton à structure ouverte (bétons caverneux) ;
- au béton de masse volumique inférieure à 800 kg/m³ ;
- au béton réfractaire.

2 références normatives

NM10.1.005	Liants hydrauliques - Techniques des essais .
NM10.1.313	Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats: Méthode pour la détermination de la masse volumique en vrac et de la porosité intergranulaire.
NM 15.2.001	Aspects métrologiques des instruments de pesage à fonctionnement non automatique.
NM10.1.004	Liants hydrauliques - Composition, spécifications et critères de conformité de ciments courants.
NM00.1.004	Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats - Détermination de la granularité - Analyse granulométrique par tamisage.
NM10.1.109	Adjuvants pour béton, mortiers et coulis - Adjuvants pour béton - Définitions et exigences.
NM10.1.120	Eau de gâchage pour bétons - Spécifications d'échantillonnage, d'essais et d'évaluation de l'aptitude à l'emploi, y compris les eaux de lavage des installations de recyclage de l'industrie du béton, telle que l'eau de gâchage pour béton.
NM10.1.271	Granulats pour bétons hydrauliques : définitions, spécifications, conformité.
NM10.1.314	Granulats légers- Granulats légers pour béton et mortier
NM10.1.273	Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats Détermination de la masse volumique réelle et du coefficient d'absorption d'eau.
NM10.1.060	Essai pour béton frais - Prélèvement.
NM10.1.061	Essai pour béton frais - Essai d'affaissement.
NM10.1.062	Essai pour béton frais - Essai Vébé.
NM10.1.063	Essai pour béton frais - Degré de compactabilité.
NM10.1.064	Essai pour béton frais - Essai d'étalement à la table à choc.
NM10.1.065	Essai pour béton frais - Masse volumique.
NM10.1.066	Essai pour béton frais - Teneur en air - Méthode de la compressibilité.
NM10.1.067	Essai pour béton durci - Forme, dimensions et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules.
NM10.1.068	Essai pour béton durci - Confection et conservation des éprouvettes pour essais de résistance.
NM10.1.051	Essai pour béton durci - Résistance à la compression des éprouvettes.
NM10.1.052	Essai pour béton durci - Résistance en traction par fendage d'éprouvettes.
NM10.1.072	Essai pour béton durci - Masse volumique du béton.
NM10.1.353	Pigments de coloration des matériaux de construction à base de ciment et/ou de chaux - Spécifications et méthodes d'essais.
NM03.7.248	Qualité de l'eau - Détermination de la teneur en dioxyde de carbone agressif.

NM00.5.081	Règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs - Partie 1 : Plans d'échantillonnage pour les contrôles lot par lot, indexés d'après le niveau de qualité acceptable (NQA).
NM 00.5.086	Règles et tables d'échantillonnage pour les contrôles par mesures des pourcentages de non conformes.
NM03.5.523	Agents de surface - Détermination du pH des solutions aqueuses - Méthode potentiométrique.
NM 03.7.012	Qualité de l'eau - Dosage de l'ammonium - Partie 1 : Méthode spectrométrique manuelle.
NM 03.7.205	Qualité de l'eau - Dosage de l'ammonium - Partie 2 : Méthode spectrométrique automatique.
NM 03.7.249	Qualité de l'eau - Dosage du calcium et du magnésium - Méthode par spectrométrie d'absorption atomique.
NM10.1.121	Evaluation des liquides, sols et gaz nocifs pour le béton - Partie 2 : Prélèvement et analyse des échantillons d'eau et de sol.
NM10.1.122	Méthode d'essai pour la détermination de l'air entraîné du béton frais par méthode volumétrique.

CPC Travaux de béton du Ministère de l'Équipement.
CPC Travaux routiers – fascicule7.

3 définitions symboles et abréviations

3.1 termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme marocaine, les termes et définitions suivantes s'appliquent.

3.1.1 béton

matériau formé par mélange de ciment, de sable, de gravillons et d'eau, et éventuellement d'adjuvants et d'ajout, et dont les propriétés se développent par hydratation du ciment

3.1.2 béton frais

béton entièrement mélangé et encore dans un état permettant de le compacter avec la méthode choisie

3.1.3 béton durci

béton à l'état solide ayant acquis une résistance notable

3.1.4 béton de chantier

béton produit sur le lieu de la construction par l'utilisateur du béton pour son propre usage

3.1.5 béton prêt à l'emploi

béton délivré à l'état frais à l'utilisateur par une personne physique ou morale. C'est un béton préparé à partir de composants dosés dans une installation fixe appelée centrale puis malaxé pour être livré à l'utilisateur, prêt à être mis en place sans autre traitement préalable. Au sens de cette norme le béton prêt à l'emploi est également :

- le béton produit par l'utilisateur hors du chantier ;
- le béton produit sur le chantier, mais pas par l'utilisateur.

3.1.6 produit préfabriqué en béton

produit en béton dont le coulage et la cure sont effectués dans un lieu différent de celui où il sera utilisé

3.1.7 béton de masse volumique normale

béton dont la masse volumique après séchage à l'étuve est supérieure à 2 000 kg/m³ mais inférieure ou égale à 2 600 kg/m³

3.1.8 béton léger

béton dont la masse volumique après séchage à l'étuve est supérieure ou égale à 800 kg/m³ mais inférieure ou égale à 2 000 kg/m³. Il est produit entièrement ou partiellement à partir de granulats légers

3.1.9 béton lourd

béton dont la masse volumique après séchage à l'étuve est supérieure à 2 600 kg/m³

3.1.10 béton à haute résistance

béton appartenant à une classe de résistance à la compression supérieure à B50 s'agissant de béton de masse volumique normale ou de béton lourd, et supérieure à Blg 50, s'agissant de béton léger

3.1.11 béton à propriétés spécifiées

béton pour lequel les propriétés requises et les caractéristiques supplémentaires sont spécifiées au producteur qui est responsable de fournir un béton qui satisfait à ces propriétés requises et à ces caractéristiques supplémentaires

3.1.12 béton à composition prescrite

béton pour lequel la composition du béton et les constituants à utiliser sont spécifiés au producteur qui est responsable de fournir un béton respectant cette composition prescrite

3.1.13 béton à composition prescrite dans une norme

béton à composition prescrite dont la composition est définie dans un document de référence applicable là où le béton est utilisé

3.1.14 famille de bétons

groupe de compositions de béton pour lesquelles une relation fiable entre les propriétés pertinentes a été démontrée ; cette démonstration étant consignée par écrit et conservée

3.1.15 mètre cube de béton

quantité de béton frais qui, une fois compactée conformément à la méthode donnée dans la NM 10.1.065 occupe un volume d'un mètre cube

3.1.16 camion malaxeur

unité de malaxage du béton habituellement monté sur un châssis autopropulsé capable de malaxer et de délivrer un béton homogène

3.1.17 cuve agitatrice

équipement habituellement monté sur châssis autopropulsé et capable de conserver un béton frais homogène pendant le transport

3.1.18 cuve non agitatrice

équipement utilisé pour le transport du béton sans agitateur, dans le sens défini en 3.1.17 , par exemple, camion à benne basculante ou trémie de transport

3.1.19 gâchée

quantité de béton frais produite en un seul cycle par un malaxeur discontinu, ou quantité déversée pendant 1 min d'un malaxeur continu

3.1.20 charge

quantité de béton transporté dans un véhicule et comprenant une ou plusieurs gâchées

3.1.21 livraison

action de remise du béton frais par le producteur

3.1.22 adjuvant

produit ajouté au béton durant le processus de mélange, en petites quantités par rapport à la masse de ciment, pour modifier les propriétés du béton frais ou durci

3.1.23 Ajouts

Le terme «ajouts» regroupe tous les produits qui sont incorporés au béton et qui ne sont ni des ciments, ni des granulats, ni des adjuvants, ni de l'eau de gâchage.

Les ajouts sont : des fibres, pigments, produits augmentant la viscosité ou la thixotropie du béton autre qu'un adjuvant, etc.

3.1.24 granulat

matériau minéral granulaire apte à être utilisé dans du béton. Les granulats peuvent être naturels, artificiels, ou recyclés à partir de matériaux précédemment utilisés en construction

3.1.25 granulat courant

granulat ayant après séchage à l'étuve, une masse volumique $> 2\,000\text{ kg/m}^3$ et $< 2\,800\text{ kg/m}^3$ déterminée selon la NM 10.1.273

3.1.26 granulat léger

granulat d'origine minérale ou artificielle ayant après séchage à l'étuve, une masse volumique $\cdot 2\,000\text{ kg/m}^3$ déterminée selon la NM 10.1.273, ou une masse volumique en vrac $\cdot 1\,200\text{ kg/m}^3$, déterminée selon la NM 10.1.313.

3.1.27 granulat lourd

granulat ayant après séchage à l'étuve, une masse volumique $\cdot 2\,800\text{ kg/m}^3$ déterminée selon la NM 10.1.273.

3.1.28 ciment (liant hydraulique)

matériau minéral finement moulu qui, après avoir été mélangé avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit par l'effet de réaction et processus d'hydratation, et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau

3.1.29 teneur en eau totale

l'eau d'apport plus l'eau déjà contenue dans et à la surface des granulats plus l'eau des adjuvants et des ajouts utilisée sous la forme de suspension et toute eau résultant de l'ajout de glace ou de chauffage à la vapeur

3.1.30 teneur en eau efficace

différence entre la quantité d'eau totale contenue dans le béton frais et la quantité d'eau absorbable par les granulats

3.1.31 rapport eau/ciment

rapport en masse de la teneur en eau efficace à la teneur en ciment dans le béton frais

3.1.32 résistance caractéristique

valeur de résistance en dessous de laquelle peuvent se situer **10 %** de la population de tous les résultats des mesures de résistance possibles effectués pour le volume de béton considéré

3.1.33 air entraîné

bulles d'air microscopiques intentionnellement incorporées au béton lors du malaxage, habituellement par l'utilisation d'agents tensioactifs ; les bulles sont pratiquement sphériques et leur diamètre est généralement compris entre $10\ \mu\text{m}$ et $300\ \mu\text{m}$

3.1.34 air occlus

vides d'air dans le béton qui ne sont pas intentionnellement créés

3.1.35 chantier

lieu où le travail de construction est réalisé

3.1.36 spécification

compilation finale des exigences techniques documentées transmises au producteur en termes de performances ou de composition

3.1.37 prescripteur

personne physique ou morale qui établit la spécification du béton frais et durci

3.1.38 producteur

personne physique ou morale produisant du béton frais

3.1.39 utilisateur

personne physique ou morale utilisant du béton frais pour l'exécution d'une construction ou d'un élément

3.1.40 durée de vie

période durant laquelle le comportement du béton dans la structure demeurera à un niveau compatible avec les exigences de performance de la structure si celle-ci est correctement entretenue

3.1.41 essai initial (étude de formulation)

essai destiné à vérifier, avant le début de la production, la façon dont un béton nouveau ou une nouvelle famille de bétons doit être formulé pour satisfaire, à l'état frais comme à l'état durci, à toutes les exigences spécifiées

3.1.42 essai de convenance

essai réalisé sur chantier ou sur le lieu de production destinés à vérifier, avant le début de la production, la formulation étudiée en tenant compte des conditions particulières du chantier.

3.1.43 essai de conformité

essai effectué par le producteur pour évaluer la conformité du béton

3.1.44 évaluation de conformité

examen systématique du degré de satisfaction d'un produit aux exigences spécifiées

3.1.45 essai de contrôle à la livraison

essai effectué par l'utilisateur pour vérifier, à la livraison, la conformité du béton d'un lot aux définitions, aux spécifications et aux prescriptions complémentaires éventuelles du béton concerné.

3.1.46 actions dues à l'environnement

les actions physiques et chimiques auxquelles le béton est exposé, qui entraînent des effets sur le béton, les armatures ou les inserts métalliques, et qui ne sont pas considérées comme des charges pour la conception de la structure

3.1.47 vérification

confirmation par examen de preuves objectives du respect des exigences spécifiées

3.2 symboles et abréviations

X0, Classe d'exposition pour absence de risque de corrosion ou d'attaque

XCA..., Classe d'exposition pour le risque de corrosion par carbonatation

XCL..., Classe d'exposition pour le risque de corrosion par les chlorures autres que ceux de l'eau de mer

XM..., Classe d'exposition pour le risque de la corrosion par les chlorures de l'eau de mer

XG..., Classe d'exposition pour l'attaque par le gel-dégel

XA..., Classe d'exposition pour les attaques d'origines chimiques

S1 à S5, Classes de consistance selon l'affaissement

V0 à V4, Classes de consistance selon l'essai Vébé

C0 à C4, Classes de consistance selon l'indice de serrage

F1 à F6, Classes de consistance selon le diamètre de l'essai d'écoulement

B.../...., Classes de résistance à la compression dans le cas des bétons normaux et lourds

B_{lg}.../...., Classes de résistance à la compression dans le cas des bétons légers

f_{ck,cyl}, Résistance caractéristique en compression du béton déterminée par essais sur éprouvettes cylindriques

f_{c,cyl}, Résistance en compression du béton déterminée par essais sur éprouvettes cylindriques

f_{ck,cube}, Résistance caractéristique en compression du béton déterminée par essais sur éprouvettes cubiques

f_{c,cube} , Résistance en compression du béton déterminée par essais sur éprouvettes cubiques

f_{cm} , Résistance moyenne en compression du béton

f_{cm,j} , Résistance moyenne en compression du béton à (j) jours

f_{ci} , Résultat d'essai individuel de résistance en compression du béton

f_{tk} , Résistance caractéristique en traction par fendage du béton

f_{tm} , Résistance moyenne en traction par fendage du béton

f_{ti} , Résultat d'essai individuel de résistance en traction par fendage du béton

..γ.... , Classe de densité du béton léger

D_{max} , Dimension nominale supérieure du plus gros granulat

CPJType de ciment selon la série NM 10.1.004

σ , Estimation de l'écart-type d'une population

S_n , Ecart-type de n résultats d'essai consécutifs

NQA , Niveau de qualité acceptable (voir NM 00.5.81)

E/C , Rapport eau/ciment

k , Facteur qui prend en compte l'activité d'une addition de type II

e , Echelon de vérification de l'équipement de pesée

m , Charge exercée sur l'équipement de pesée

n , Nombre

4 classification

4.1 classes d'exposition en fonction des actions dues à l'environnement

Ces actions dues à l'environnement sont réparties en classes d'exposition dans le Tableau 1. Les exemples sont donnés à titre informatif.

NOTE : Cette classification des expositions n'exclut pas la prise en compte des conditions particulières existant là où le béton est utilisé, ni l'application de mesures de protection telles que l'utilisation d'acier inoxydable ou de tout autre matériau résistant à la corrosion, ni l'utilisation de revêtements protecteurs du béton ou des armatures.

Le béton peut être soumis à plusieurs des actions décrites au Tableau 1; dans ce cas, les conditions environnementales auxquelles il est soumis, peuvent nécessiter d'être exprimées sous la forme de combinaison de classes d'exposition.

Tableau 1 – Classes d'exposition

Désignation de la classe	Description de l'environnement	Exemples informatifs illustrant le choix des classes d'exposition
1. Aucun risque de corrosion ni d'attaque		
X 0	Béton non armé et sans pièces métalliques noyées : toutes les expositions sauf en cas de gel/dégel, d'abrasion et d'attaques chimiques.	
	Pour le béton armé ou avec des pièces métalliques noyées : Très sec.	Béton à l'intérieur de bâtiment où le taux d'humidité de l'air ambiant est très faible.

<p>NOTE Pour un béton précontraint, en classe d'exposition X0, on appliquera les exigences de la classe d'exposition XCA1.</p>		
<p>2. Corrosion induite par carbonatation</p>		
<p>Lorsque le béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées est exposé à l'air et à l'humidité, les différentes classes d'exposition sont classifiées ci-après.</p> <p>NOTE On entend par condition d'humidité celle du béton recouvrant les armatures ou les pièces métalliques noyées, mais dans de nombreux cas, cette humidité peut être considérée comme le reflet de l'humidité ambiante. Dans ces cas-là, une classification fondée sur les différents milieux ambiants peut être appropriée ; il peut ne pas en être de même s'il existe une barrière entre le béton et son environnement.</p>		
X CA1	<p>Sec ou</p> <p>humide en permanence ou</p> <p>Humide, rarement sec</p>	<p>Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est faible.</p> <p>Béton submergé en permanence dans de l'eau</p> <p>Surfaces de béton soumises au contact long terme de l'eau.</p> <p>Un grand nombre de fondations</p>
XCA2	<p>Humidité modérée ou</p> <p>Alternance d'humidité et de séchage</p>	<p>Béton à l'intérieur de bâtiment où le taux d'humidité de l'air ambiant est moyen ou élevé.</p> <p>Béton extérieur abrité de pluie.</p> <p>Surfaces soumises au contact de l'eau, mais n'entrant pas dans la classe d'exposition XCA1</p>
<p>3. Corrosion induite par les chlorures, ayant une origine autre que marine</p>		
<p>Lorsque le béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées est soumis au contact d'une eau ayant une origine autre que marine, contenant des chlorures, y compris des sels de déverglaçage, les différentes classes d'exposition sont classées comme suit :</p> <p>NOTE A propos des conditions d'humidité, voir aussi la section 2 de ce tableau.</p>		
XCL	<p>Humidité modérée</p> <p>Humide, rarement sec</p>	<p>Surfaces de bétons exposées à des chlorures transportés par voie aérienne.</p> <p>Piscines.</p> <p>Béton exposé à des eaux industrielles contenant des chlorures.</p>
<p>4. Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer</p>		
<p>Lorsque le béton contenant une armature ou des pièces métalliques noyées est soumis au contact des chlorures présents dans l'eau de mer ou à l'action de l'air véhiculant du sel marin, les différentes classes d'exposition sont :</p>		
X M1	<p>Exposé à l'air véhiculant du sel marin, mais pas en contact direct avec l'eau de mer</p>	<p>Structures sur ou à proximité d'une côte.</p>
X M2	<p>Immergé en permanence</p> <p>Zones de marnage, zones soumises à des projections ou à des embruns</p>	<p>Eléments de structures marines.</p>
<p>NOTE En l'absence de spécification particulière, la classe d'exposition XM1 est à utiliser pour les structures situées à moins de 1 km de la côte.</p>		
<p>5. Attaque gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage</p>		

X G1	Saturation modérée en eau avec ou sans agent de déverglage	Surfaces verticales de bétons exposées à la pluie et au gel. Surfaces verticales de bétons des ouvrages routiers exposées au gel et à l'air véhiculant des agents de déverglage.
XG2	Forte saturation en eau, sans agents de déverglage Forte saturation en eau, avec agents de déverglage	Surfaces horizontales de bétons exposées à la pluie et au gel. Routes et tabliers de pont exposés aux agents de déverglage et surfaces de bétons verticales directement exposées aux projections d'agents de déverglage et au gel.

6. Attaque chimique

Lorsque le béton est exposé aux attaques chimiques, se produisant dans les sols naturels, les eaux de surface, les eaux souterraines, comme indiqué au Tableau 2 ; les classes d'exposition doivent être données ci-après. La classification de l'eau de mer dépend de la localisation géographique, par conséquent la classification valide sur le lieu d'utilisation du béton s'applique.

NOTE : Une étude particulière peut être nécessaire pour déterminer la classe d'exposition adéquate dans les environnements tels que :

- N'entrant pas dans les limites du Tableau 2 ;
- Contenant d'autres substances chimiques agressives ;
- Sol ou eau polluée chimiquement ;
- Présentant une vitesse d'écoulement de l'eau élevée, en combinaison avec certaines substances chimiques du Tableau 2.

XA1	Environnement à faible agressivité chimique, selon le Tableau 2	
XA2	Environnement d'agressivité chimique modérée, selon le Tableau 2	
XA3	Environnement à forte agressivité chimique, selon le Tableau 2	

Tableau 2 – Valeurs limites pour les classes d'exposition correspondant aux attaques chimiques des sols naturels et eaux souterraines

Les environnements chimiques classés ci-dessous sont fondés sur des sols et eaux souterraines naturelles à une température eau/sol comprise entre 5 °C et 25 °C et où la vitesse d'écoulement de l'eau est suffisamment faible pour être assimilée à des conditions statiques.

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

Lorsqu'au moins deux caractéristiques agressives conduisant à une même classe dans la classe immédiatement supérieure, sauf si une étude spécifique démontre que ce n'est pas nécessaire.

Caractéristiques chimiques	Méthode d'essai de référence	XA1	XA2	XA3
Eaux de surfaces et souterraines				
SO ²⁻ ₄ en mg/l	NM10.1.005	≥200 ET ≤ 600	>600 ET ≤ 3000	>3000 ET ≤ 6000

pH	NM 03.5.523	< 6,5 et ≥ 5,5	< 5,5 et ≥ 4,5	< 4,5 et ≥ 4,0
CO ₂ en mg/l	NM 03.7.248	≥ 15 et ≤ 40	> 40 et ≤ 100	100 jusqu'à saturation
NH ₄ ⁺ en mg/l	NM .03.7.012 OU NM 03.7.205	≥ 15 ET ≤ 30	> 30 ET ≤ 60	> 60 ET ≤ 100
Mg ²⁺ en mg/l	NM 03.7.249	≥ 300 ET ≤ 1 000	> 1 000 ET ≤ 3 000	> 3 000 jusqu'à saturation
Sol				
SO ₄ ²⁻ mg/kg ^{a)} total	NM 10.1.005- ^{b)}	≥ 2 000 et ≤ 3 000 ^{c)}	> 3 000 ^{c)} et ≤ 12 000	> 12 000 et ≤ 24 000
Acidité ml/kg	NM10.1.121	> 200 Baumann Gully	N'est pas rencontré dans la pratique	
<p>a) les sols argileux dont la perméabilité est inférieure à 10⁻⁵ m/s peuvent être classés dans une classe inférieure.</p> <p>b) La méthode d'essai prescrit l'extraction du SO₄²⁻ à l'acide chlorhydrique ; alternativement il est possible de procéder à cette extraction à l'eau si c'est l'usage sur le lieu d'utilisation du béton.</p> <p>c) La limite doit être de 3 000 mg/kg à 2 000 mg/kg, en cas de risque d'accumulation d'ions sulfate dans le béton due à l'alternance de période sèches et de périodes humides, ou par remontée capillaire.</p>				

4.2 béton frais

4.2.1 classes de consistance

Les Tableaux 3, 4, 5 ou 6 sont applicables dans le cas où la consistance du béton est classifiée.

NOTE : Il n'existe pas de relation directe entre les classes de consistance indiquées dans les Tableaux 3 à 6. Dans certains cas particuliers, la consistance peut également être spécifiée au moyen de valeurs cibles. Pour les bétons à consistance terre humide, c'est-à-dire un béton à faible teneur en eau étudié pour être compacté avec un procédé particulier, la consistance n'est pas classifiée.

Tableau 3 – Classes d'affaissement

classe	Affaissement en mm
S1	De 10 à 40
S2	De 50 à 90
S3	De 100 à 150
S4	De 160 à 210
S5	≥ 220
1) Voir la note 5.4.1	

Tableau 4 – Classes Vébé

Classe	Vébé en s
V0 ¹⁾	≥ 31
V1	de 30 à 21
V2	de 20 à 11
V3	de 10 à 6
V4 ¹⁾	de 5 à 3
¹⁾ Voir la note 5.4.1	

Tableau 5 – Classes de serrage (degré de compactabilité)

Classe	Indice de serrage
C0 ¹⁾	≥ 1,46
C1	de 1,45 à 1,26
C2	de 1,25 à 1,11
C3	de 1,10 à 1,04
C4 ²⁾	< 1.04
¹⁾ Voir la note 5.4.1	
²⁾ La classe C4 s'applique uniquement au béton léger	

Tableau 6– Classes d'étalement

Classe	Diamètre d'étalement en mm
F1	≤340
F2	DE 350 à 410
F3	DE 420 à 480
F4	DE 490 à 550
F5	De 560 à 620
F6	≥ 630
¹⁾ Voir la note 5.4.1	

4.2.2 classes en fonction de la dimension maximale des granulats

Lorsque le béton est classé selon la dimension maximale des granulats, la classification doit se faire à partir de la dimension supérieure du plus gros granulat présent dans le béton (D_{max}) conformément à la NM10.1.271.

NOTE : D est la dimension maximale du tamis par laquelle la dimension des granulats est déterminée selon NM10.1.271.

4.3 béton durci

4.3.1 classes de résistance à la compression

Lorsque le béton est classé selon sa résistance à la compression, le Tableau 7 est applicable s'il s'agit de bétons de masse volumique normale et de bétons lourds, ou le Tableau 8, s'il s'agit de bétons légers. La valeur f_{ck-cyl} est la résistance caractéristique exigée à 28 jours mesurée sur des cylindres de 150 mm de diamètre sur 300 mm de haut, et la valeur $f_{ck-cube}$, à la résistance caractéristique exigée à 28 jours mesurée sur des cubes de 150 mm de côté.

NOTE : Dans certains cas particuliers, il est possible d'utiliser des niveaux de résistance intermédiaires par rapport aux valeurs indiquées dans les Tableaux 7 et 8 , si ceci est permis par les normes de calcul correspondantes.

**Tableau 7 – Classes de résistance à la compression
pour les bétons de masse volumique normale et les bétons lourds**

Classe de résistance à la compression	Résistance caractéristique minimale sur cylindres f_{ck-cyl} N/mm ² (MPA)	Résistance caractéristique minimale sur cubes $f_{ck-cube}$ N/mm ² (MPA)
B10	10	13
B15	15	19
B20	20	25
B25	25	30
B30	30	37
B35	35	45
B40	40	50
B45	45	55
B50	50	60
B55	55	67
B60	60	75
B70	70	85
B80	80	95
B90	90	105
B100	100	115

Tableau 8 – Classes de résistance pour les bétons légers

Classe de résistance à la compression	Résistance caractéristique minimale sur cylindres f_{ck-cyl} N/mm ² (MPA)	Résistance caractéristique minimale sur cubes $f_{ck-cube}$ N/mm ² (MPA)
Blg 8	8	9
Blg12	12	13
Blg16	16	18
Blg20	20	22
Blg25	25	28
Blg30	30	33
Blg35	35	38
Blg40	40	44
Blg45	45	50
Blg50	50	55
Blg55	55	60
Blg60	60	66
Blg70	70	77
Blg80	80	88

4.3.2 classes de masse volumique pour le béton léger

Lorsque le béton léger est classé selon sa masse volumique, le Tableau 9 est applicable.

Tableau 9 : classification de la masse volumique du béton léger

Classe de masse volumique	γ 1,0	γ 1,2	γ 1,4	γ 1,6	γ 1,8	γ 2,0
Plages de masse volumique en kg/m ³	≥800 et ≤ 1 000	> 1000 et ≤ 1 200	> 1200 et ≤ 1 400	> 1400 et ≤ 1 600	> 1600 et ≤ 1 800	> 1800 et ≤ 2 000

NOTE il est également possible de spécifier la masse volumique du béton léger en termes de valeur cible.

5 exigences relatives au béton et méthodes de vérification

5.1 exigences de base relatives aux constituants

5.1.1 généralités

Les constituants ne doivent pas contenir de substances nocives en quantités telles qu'elles puissent avoir un effet préjudiciable sur la durabilité du béton ou induire une corrosion des armatures.

5.1.2 ciment

Les ciments utilisés pour la fabrication des bétons doivent être conformes à la norme 10.1.004.

Des ciments conformes à la norme 10.1.004 ayant des caractéristiques complémentaires définies dans les normes NM 10.1.156, NM 10.1.157 et NM 10.1.158 peuvent être utilisés pour la fabrication des bétons. Ces caractéristiques leur confèrent une aptitude à l'emploi dans des environnements particuliers (exemple environnement marin, environnement sulfaté,...)

5.1.3 granulats

- les granulats de masse volumique normale et les granulats lourds doivent être conformes à la norme NM10.1.271;
- les granulats légers doivent être conformes à la NM 10.1.314.

5.1.4 eau de gâchage

L'eau de gâchage et les eaux de lavage récupérées de la production du béton doivent être conformes à la NM 10.1.120.

5.1.5 adjuvants

Les adjuvants doivent être conformes à la norme NM10.1.109.

5.1.6 Ajouts

Des ajouts peuvent être incorporés au béton, en accord avec l'utilisateur et le prescripteur du béton, pour améliorer certaines de ses propriétés ou pour lui conférer des propriétés particulières.

Dans le cas d'utilisation d'ajouts, la composition du béton avec et sans ajout doit être considérée comme différente et il y a lieu de réaliser un essai initial au sens de l'Annexe A.

5.2 exigences de base pour la composition du béton

5.2.1 généralités

La composition du béton et les constituants des bétons à propriétés spécifiées ou à composition prescrite doivent être choisis (voir 6.1) de manière à satisfaire aux exigences spécifiées pour le béton frais et durci, y compris la consistance, la masse volumique, la résistance, la durabilité, la protection contre la corrosion des pièces en acier noyées, tout en tenant compte du procédé de production et de la méthode choisie pour l'exécution des ouvrages en béton.

Lorsque ce n'est pas précisé dans la spécification, le producteur doit sélectionner les types et les classes de constituants conformes aux normes en vigueur pour les conditions d'environnement spécifiées.

NOTE 1 En général, les propriétés du béton requises pour son utilisation dans une structure ne seront atteintes qu'en respectant certaines procédures d'exécution concernant le béton frais sur le lieu d'utilisation. Aussi, outre les exigences stipulées dans la présente norme, il convient que les exigences relatives au transport, à la mise en place, au compactage, à la cure et aux traitements ultérieurs soient prises en compte avant de spécifier le béton. Ces exigences sont souvent interdépendantes. Si toutes ces exigences sont satisfaites, toute différence entre la qualité du béton dans la structure et celle des éprouvettes d'essai normalisées, sera prise en compte par le coefficient partiel de sécurité du matériau.

5.2.2 choix du ciment

Le ciment doit être choisi conformément aux normes marocaines en vigueur en prenant en considération :

- l'exécution de l'ouvrage ;
- l'utilisation finale du béton ;
- les conditions de cure (par exemple chauffage) ;
- les dimensions de la structure (développement de chaleur) ;
- les agressions environnementales auxquelles la structure est exposée (voir 4.1) ;
- la réactivité potentielle des granulats aux alcalins des constituants.

5.2.3 utilisation des granulats

5.2.3.1 généralités

Le type, la dimension et les catégories de granulats, concernant par exemple l'aplatissement, la résistance au gel-dégel, l'abrasion, la résistance, la teneur en fines, etc. doivent être sélectionnés en tenant compte de :

- l'exécution de l'ouvrage ;
- l'utilisation finale du béton ;

- les conditions environnementales auxquelles sera soumis le béton ;
- toutes les exigences pour les granulats apparents ou les granulats pour bétons talochés.

Le maximum de la dimension supérieure des granulats (D_{max}) sera sélectionné en prenant en compte l'épaisseur de recouvrement et la dimension minimale des sections.

5.2.3.2 graves

Les graves conformes à la NM10.1.271 ne doivent être utilisées que dans des bétons de classes de résistance à la compression $\leq B 15$.

5.2.3.3 granulats récupérés

Les granulats récupérés à partir des eaux de lavage ou du béton frais peuvent être utilisés comme granulats pour le béton.

La proportion de granulats récupérés non triés ajoutés ne doit pas être supérieure à 5 % de la quantité totale de granulats. Lorsque des quantités supérieures à 5 % sont ajoutées, ils doivent être de même type que les granulats primaires utilisés dans le béton et doivent être triés, en séparant les gravillons et les sables, et ils doivent satisfaire les exigences de la NM10.1.271

5.2.3.4 résistance à la réaction alcali-silice

Lorsque les granulats contiennent des variétés de silice sensibles aux attaques des alcalins ($Na_2 O$ et $K_2 O$ présents dans le ciment ou provenant d'autres origines) et que le béton est exposé à l'humidité, des actions doivent être entreprises pour prévenir une réaction alcali silice délétère en utilisant des procédures à l'efficacité établie. Les granulats doivent satisfaire aux exigences de la NM10.1.271

5.2.4 utilisation des eaux recyclées

Les eaux recyclées issues de la production de béton doivent être utilisées en conformité avec la NM10.1.120.

5.2.5 utilisation d'adjuvants

La quantité totale d'adjuvants éventuellement utilisés ne doit pas dépasser le dosage maximal recommandé, défini par le fabricant de l'adjuvant, et ne doit pas excéder 50 g d'adjuvant (tel que vendu) par kg de ciment, sauf si l'influence d'un dosage plus fort sur les performances et la durabilité du béton est établie.

Les adjuvants utilisés en quantités inférieures à 2 g/kg ne sont autorisés que s'ils sont dispersés dans une partie de l'eau de gâchage.

Si la quantité totale d'adjuvants liquides est supérieure à 3 l/m³ de béton, la teneur en eau de ces adjuvants doit être prise en compte dans le calcul du rapport eau/ciment.

Lorsque plusieurs adjuvants sont utilisés, leur compatibilité doit être vérifiée lors des essais initiaux.

NOTE : Il convient que les bétons de consistance $\cdot S4, V4, C3, ou \cdot F4$ soient fabriqués avec des adjuvants hauts réducteurs d'eau ou des superplastifiants.

5.2.6 teneur en chlorures

La teneur en chlorures d'un béton, exprimée en pourcentage en masse d'ions chlorures rapportée à la masse de ciment, ne doit pas dépasser la valeur mentionnée dans le Tableau 10 pour la classe sélectionnée.

Tableau 10 : Teneur maximale en ions chlorure du béton

Utilisation du béton	Classe de chlorures	Teneur maximale en CI rapportée à la masse de ciment
Contenant des armatures de précontrainte en acier	CI 0,20	0,20 %
Contenant des armatures en acier ou des pièces métalliques noyées	CI 0,4	0,4 %

Contenant des armatures en acier ou des pièces métalliques noyées et formulés exclusivement avec des ciments CHF ou CLK	CI 0,65	0,65 %
Ne contenant ni armatures en acier ni pièces métalliques noyées (à l'exception des pièces de levage résistant à la corrosion)	CI 1,0	1,0 %

Le chlorure de calcium et les adjuvants à base de chlorures ne doivent pas être ajoutés au béton contenant une armature en acier, ou une armature de précontrainte en acier, ou des pièces métalliques noyées.

Pour déterminer la teneur en chlorure du béton, la somme des contributions des constituants doit être calculée à l'aide d'une des méthodes suivantes ou de leur combinaison :

- calcul fondé sur la teneur maximale en chlorure du constituant fixée dans la norme relative au constituant, ou sur celle déclarée par le producteur, pour chacun des constituants ;
- calcul basé sur la teneur en chlorure des constituants, calculée mensuellement sur la base de la somme des moyennes des 25 dernières déterminations de la teneur en chlorure, augmentée de 1,64 fois l'écart-type calculé pour chaque constituant.

NOTE : Cette dernière méthode s'applique particulièrement aux granulats marins et en l'absence de valeur maximale normalisée ou déclarée.

5.2.7 température du béton

La température du béton frais ne doit pas être inférieure à 5 °C au moment de la livraison. Dans le cas où une exigence relative à une autre température maximum ou minimum du béton frais est nécessaire, elles doivent être spécifiées ainsi que les tolérances. Toute exigence de refroidissement ou de chauffage artificiel du béton doit être établie d'un commun accord entre le producteur et l'utilisateur.

5.3 exigences liées aux classes d'exposition

5.3.1 généralités

Pour que le béton résiste aux agressions environnementales, les exigences sont souvent données en termes de valeurs limites pour la composition du béton et de propriétés définies du béton (voir 5.3.2) ; alternativement les exigences peuvent résulter de méthodes de conception performantielles (voir 5.3.3). Les exigences devront prendre en compte la durée de vie prévue de la structure.

5.3.2 valeurs limites pour la composition du béton

Les exigences sur la méthode de spécification en vue de résister aux agressions de l'environnement sont données dans la présente norme en termes de propriétés établies du béton et de valeur limites de composition.

Les exigences relatives à chaque classe d'exposition doivent être spécifiées en termes de :

- type et classes de constituants permis ;
- rapport maximal eau/ciment ;
- dosage minimal en ciment ;
- résistance minimale à la compression du béton (facultatif) ;

et, le cas échéant :

- teneur minimale en air dans le béton.

NOTE Il convient que les dispositions valides sur le lieu d'utilisation du béton incluent des exigences sur la base d'une durée de vie présumée d'au moins 50 ans dans des conditions d'entretien anticipées. Pour des durées de vie inférieures ou supérieures, des valeurs limites spécifiées plus sévères ou moins sévères peuvent être nécessaires. Dans ces cas-là ou pour des compositions spécifiques de béton, ou en présence d'exigences particulières en matière de protection contre la corrosion relatives à l'épaisseur de béton couvrant l'armature, il convient que des études particulières soient effectuées par le prescripteur pour un chantier particulier.

Si le béton est conforme aux valeurs limites spécifiées, le béton dans la structure doit être présumé capable de satisfaire les exigences de durabilité par rapport à l'utilisation envisagée dans les conditions environnementales spécifiques, dans la mesure où :

- le béton est correctement mis en place, serré et soumis à une cure, par exemple conformément à la NM10.1.269 ou tout autre norme pertinente ;
- l'épaisseur de béton recouvrant l'armature est l'épaisseur minimale requise dans la norme de calcul pertinente, exigée pour la condition environnementale spécifique ;
- la classe d'environnement a été correctement sélectionnée ;
- la maintenance préventive est réalisée.

5.3.3 méthodes de conception performantielles

Les exigences relatives aux classes d'exposition peuvent être établies en utilisant les méthodes de conception performantielles pour la durabilité et elles peuvent être établies en termes de paramètres performantiels, par exemple une mesure d'écaillage dans un essai de gel /dégel. L'annexe E (informative) de la présente norme donne des conseils relatifs à l'utilisation d'une autre méthode de conception en fonction des performances pour la durabilité

5.4 exigences pour le béton frais

5.4.1 consistance

Lorsque la consistance du béton doit être déterminée, elle doit être mesurée par un des essais suivants :

- l'essai d'affaissement selon la NM 10.1.061 ;
- l'essai Vébé selon la NM 10.1.062;
- l'essai d'indice de serrage selon la NM 10.1.063 ;
- l'essai d'étalement sur table selon la NM 10.1.064 ;
- ou par des méthodes d'essai spécifiques ayant fait l'objet d'un accord entre le prescripteur et le producteur pour le béton destiné aux applications spéciales (par exemple : béton à consistance terre humide)

NOTE : En raison du manque de sensibilité des méthodes d'essai au delà de certaines valeurs, il est recommandé d'utiliser les essais indiqués ci-dessus uniquement pour :

- une hauteur d'affaissement ≥ 10 mm et ≤ 210 mm ;
- un temps à l'essai de Vébé $s \leq 30$ > 5 s ;
- un indice de serrage $\geq 1,04$ et $< 1,46$;
- un diamètre d'étalement > 340 mm et ≤ 620 mm.

Lorsque la consistance du béton doit être déterminée, l'exigence spécifiée s'applique au moment de l'utilisation du béton ou à l'instant de la livraison dans le cas du béton prêt à l'emploi.

Si le béton est livré dans un camion malaxeur ou une cuve agitatrice, il est possible de mesurer la consistance sur un échantillon ponctuel prélevé sur le premier déversement. L'échantillon ponctuel doit être prélevé après un déversement de 0,3 m³ environ, conformément à la NM 10.1.060.

La consistance peut être spécifiée soit par référence à une classe de consistance, conformément à 4.2.1, soit, dans les cas particuliers, par une valeur cible. Dans ce cas, les tolérances sont données au Tableau 11.

Tableau 11 – Tolérances relatives aux valeurs cibles de consistance

Affaissement			
Plage des valeurs cibles, en mm	≤ 40	50 à 90	≥ 100
Tolérances, en mm	± 10	± 20	± 30
Temps Vébé			
Plage des valeurs cibles, en s	≥ 11	10 à 6	≤ 5
Tolérance, en s	± 3	± 2	± 1
Indice de serrage			
Plage des valeurs cibles	$\geq 1,26$	1,25 à 1,11	$\leq 1,10$
Tolérances	$\pm 0,10$	$\pm 0,08$	$\pm 0,05$

Étalement	
Plage des valeurs cibles, en mm	Toutes les valeurs
Tolérances, en mm	± 30

5.4.2 dosage en ciment et rapport eau/ciment.

Lorsque le dosage en ciment, en eau doit être déterminé, la quantité de ciment, la quantité d'eau apportée doivent être relevées, soit telles qu'enregistrées sur l'imprimante de l'enregistreur de gâchée, ou, lorsque l'enregistreur n'est pas utilisé à partir du registre de production, en relation avec les instructions de pesées.

Lorsque le rapport eau/ciment du béton est à déterminer, il doit être calculé sur la base de la teneur en ciment déterminée et de la teneur en eau efficace (pour les adjuvants liquides, voir 5.2.6). L'absorption d'eau des granulats de masse volumique normale et des granulats lourds doit être déterminée selon la NM 10.1.273. L'absorption d'eau des granulats légers dans le béton frais doit être la valeur obtenue en 1 h déterminée selon la méthode décrite dans l'annexe C de la NM10.1.273, en utilisant la valeur de l'humidité du granulat tel qu'utilisé au lieu de celle après passage à l'étuve.

Aucune valeur individuelle du rapport eau/ciment ne doit dépasser de plus de 0,03 la valeur limite spécifiée.

Lorsque la détermination du dosage en ciment ou du rapport eau/ciment du béton frais par analyse est exigée, la méthode d'essai à appliquer doit faire l'objet d'un accord entre le prescripteur et le producteur.

5.4.3 teneur en air

Lorsque la teneur en air du béton doit être déterminée, elle doit être mesurée conformément à la NM10.1.066 pour les bétons de masse volumique normale et pour les bétons lourds, et conformément à la NM 10.1.122 pour les bétons légers. La teneur en air entraîné est prescrite par une valeur minimale. La limite supérieure maximale pour la teneur en air est la valeur minimale spécifiée augmentée de 4 % en valeur absolue.

5.4.4 dimension maximale des granulats

Lorsque le maximum de la dimension supérieure des granulats doit être déterminé sur le béton frais, il doit être mesuré en conformité avec la NM00.1.004.

La dimension maximale des granulats telle que définie dans la NM10.1.271 ne doit pas être supérieure à celle spécifiée.

5.5 exigences pour le béton durci

5.5.1 résistance

5.5.1.1 généralités

Lorsque la résistance doit être déterminée, elle doit être fondée sur des essais effectués sur des cylindres de 150 mm/300 mm conformes à la NM 10.1.067, fabriqués et conservés selon la NM10.1.068 à partir d'échantillons prélevés conformément à la NM 10.1.060.

Pour évaluer la résistance, d'autres dimensions d'éprouvettes et d'autres modes de conservation peuvent être utilisés à condition que les relations avec ceux de référence aient été établies avec une précision suffisante et qu'elles soient enregistrées. Le choix de la méthode doit être établi d'un commun accord entre le prescripteur et le producteur.

En plus des dimensions d'éprouvettes citées ci-dessus, les dimensions suivantes sont valides :

- Cylindres 160 mm/320 mm
- Cylindres de 110 mm/220 mm pour des bétons dont le D_{max} est inférieur ou égal à 22,4 mm ;
- Cubes de 100 mm pour des bétons dont le D_{max} est inférieur ou égal à 22,4 mm.
- Cubes de 150 mm

Ces dimensions peuvent être utilisées à condition d'appliquer les relations ci-dessous, validées dans les conditions de conservation définies dans la norme NM 10.1.178.

Dans les paragraphes suivants, la lettre R désigne le résultat brut sans transposition exprimé en MPa du résultat de l'essai réalisé avec les éprouvettes sur des cylindres de 150 mm/300 mm.

Pour les éprouvettes cylindriques 160 mm/320 mm, on applique :

$$f_{c,cyl} = R$$

Pour les éprouvettes cylindriques 110 mm/220 mm, on applique :

$$f_{c,cyl} = R \times 0,98 \text{ si } R \text{ est supérieur ou égale à } 50 \text{ MPa}$$

$$f_{c,cyl} = R - 1 \text{ si } R \text{ est inférieur à } 50 \text{ MPa}$$

Pour les éprouvettes cubiques de 100 mm on applique :

$$f_{c,cub} = R \times 0,97 \text{ si } R \text{ est supérieur ou égale à } 50 \text{ MPa}$$

$$f_{c,cub} = R - 1,5 \text{ si } R \text{ est inférieur à } 50 \text{ MPa}$$

Pour les éprouvettes cubiques de 150 mm on applique :

$$f_{c,cub} = R \times 0,82 \text{ si } R \text{ est supérieur ou égale à } 50 \text{ MPa}$$

$$f_{c,cub} = R - 1,5 \text{ si } R \text{ est inférieur à } 50 \text{ MPa}$$

5.5.1.2 résistance à la compression

Sauf prescription contraire, la résistance à la compression est mesurée sur des éprouvettes écrasées à 28 jours. Pour des utilisations particulières, il peut s'avérer nécessaire de spécifier la résistance à la compression à des échéances plus courtes ou plus longues que 28 jours (par exemple, pour de gros éléments structuraux), ou après stockage dans des conditions particulières (par exemple, traitement thermique).

La résistance caractéristique du béton doit être égale ou supérieure à la résistance caractéristique minimum pour la classe de résistance spécifiée, voir Tableaux 7 et 8.

5.5.1.3 résistance à la traction par fendage

Lorsque la résistance à la traction par fendage du béton doit être déterminée, elle doit être mesurée conformément à la NM10.1.052. Sauf prescription contraire, la résistance à la traction est déterminée sur des éprouvettes à 28 jours.

La résistance à la traction par fendage caractéristique du béton doit être égale ou supérieure à la résistance à la traction par fendage caractéristique spécifiée.

5.5.2 masse volumique

Selon sa masse volumique sèche, le béton est défini comme normal, léger ou lourd (voir les définitions en 3.1).

Lorsque la masse volumique du béton doit être déterminée après séchage à l'étuve, elle doit être mesurée conformément à la NM 10.1.072.

Pour le béton normal, la masse volumique après séchage à l'étuve doit être supérieure à 2 000 kg/m³ et inférieure à 2 600 kg/m³. Pour le béton léger la masse volumique après séchage à l'étuve doit être comprise entre les limites de la classe prescrite, voir Tableau 9. Pour le béton lourd la masse volumique après séchage à l'étuve doit être supérieure à 2 600 kg/m³. Lorsque, dans des cas particuliers, la masse volumique est spécifiée en termes de valeur cible, une tolérance de ± 100 kg/m³ est appliquée.

5.5.3 résistance à la pénétration de l'eau

Lorsque la résistance à la pénétration de l'eau doit être spécifiée, elle peut être :

- mesurée conformément à la norme NM 10.1.073. Dans ce cas, le béton doit être considéré imperméable à l'eau si la résistance à la pénétration de l'eau présente des valeurs maximales de pénétration inférieures à 50 mm et des valeurs moyennes de pénétrations inférieures à 20 mm. Le rapport eau / ciment ne doit pas dépasser 0,55.

- mesurée selon une autre méthode d'essais. Dans ce cas, la méthode et les critères de conformité doivent faire l'objet d'un accord entre le prescripteur et le producteur.

6 spécification du béton

6.1 généralités

Le prescripteur du béton doit s'assurer que toutes les exigences pertinentes pour obtenir les propriétés nécessaires du béton, sont incluses dans la spécification donnée au producteur. Le prescripteur doit également prescrire toutes les exigences sur les propriétés du béton qui sont nécessaires au transport après livraison, à la mise en place, au compactage, à la cure ou à tout autre traitement ultérieur. La spécification doit, si nécessaire, inclure toutes les exigences particulières, par exemple pour obtenir un aspect architectonique.

Le prescripteur doit prendre en compte :

- l'utilisation du béton frais et durci ;
- les conditions de cure ;
- les dimensions de la structure (développement de chaleur) ;
- les agressions environnementales auxquelles la structure sera exposée ;
- toutes exigences sur les granulats apparents ou la finition des surfaces ;
- toutes les exigences liées aux épaisseurs de recouvrement ou à l'épaisseur minimale des sections, par exemple la dimension maximale des granulats (D_{max}) ;
- toutes les restrictions d'emploi des constituants avec une aptitude à l'emploi établie par exemple en fonction de la classe d'agression environnementale.

Le béton doit être spécifié soit comme béton à propriétés spécifiées en référence à la classification donnée à l'article 4 et aux exigences énoncées de 5.3 à 5.5 (voir 6.2), soit comme béton à composition prescrite en spécifiant la composition (voir 6.3). La spécification des propriétés du béton ou la prescription de sa composition, doit se faire sur la base des résultats d'essais initiaux (voir annexe A) ou des informations provenant d'une longue expérience acquise avec un béton comparable, en prenant en compte les exigences de base sur les constituants (voir 5.1) et la composition du béton (voir 5.2 et 5.3.2).

Pour le béton à composition prescrite c'est la responsabilité du prescripteur de s'assurer que les prescriptions sont conformes aux exigences générales de la NM 10.1.008 et que la composition prescrite est capable d'atteindre les performances attendues pour le béton aussi bien à l'état frais que durci. Le prescripteur doit tenir et mettre à jour la documentation venant à l'appui de la prescription pour obtenir la performance attendue (voir 9.5). Dans le cas des bétons à composition prescrite dans une norme, cette tâche est de la responsabilité de l'organisme national de normalisation.

NOTE 1 : Pour les bétons à composition prescrite l'évaluation de la conformité par le producteur est fondée sur la seule conformité de la composition et non sur la performance attendue par le prescripteur. Le contrôle et la vérification de la conformité des propriétés attendues doivent être réalisés conformément aux documents contractuels et à l'annexe B.

6.2 spécification des bétons à propriétés spécifiées

6.2.1 généralités

La spécification des bétons à propriétés spécifiées doit être effectuée à l'aide des données de base de 6.2.2, lesquelles doivent toujours être indiquées, et sur la base des données complémentaires de 6.2.3, qui, elles, doivent être indiquées sur demande.

Pour les abréviations à utiliser dans les prescriptions, voir article 11.

6.2.2 données de base

La spécification doit comprendre :

- a) exigence de conformité à la NM 10.1.008;
- b) classe de résistance à la compression ;
- c) classe d'exposition (voir article 11 pour les désignations abrégées) ;
- d) dimension maximale des granulats (D_{max}) ;
- e) classe de teneur en chlorures selon le Tableau 10.

De plus, pour le béton léger :

a) classe de masse volumique ou masse volumique cible ;

Pour le béton lourd :

a) masse volumique cible ;

De plus dans le cas du béton prêt à l'emploi et du béton de chantier ;

a) la classe de consistance ou, dans des cas particuliers, la valeur cible de consistance.

6.2.3 exigences complémentaires

Les points suivants peuvent être spécifiés par des exigences de performance et par des méthodes d'essai, le cas échéant :

- types ou classes particulières de ciment (par exemple ciment prise mer) ;
- types ou classes particulières de granulats ;

NOTE 1 : Dans ces cas, la composition du béton pour minimiser la réaction délétère alcali silice est de la responsabilité du prescripteur (voir 5.2.3.4).

- des caractéristiques exigées pour la résistance au gel dégel, par exemple : la teneur en air (voir 5.4.3) ;

NOTE 2 : Lorsque la teneur en air est spécifiée à la livraison, il convient que le prescripteur prenne en compte les pertes éventuelles en air lors des opérations de pompage, de mise en place, de compactage, etc. ultérieures à la livraison.

- des exigences pour la température du béton frais lorsqu'elles diffèrent de 5.2.8 ;
- développement de la résistance (voir Tableau 12) ;
- dégagement de chaleur au cours de l'hydratation ;
- prise retardée ;
- résistance à la pénétration de l'eau ;
- résistance à l'abrasion ;
- résistance à la traction par fendage (voir 5.5.1.3) ;
- d'autres exigences techniques (par exemple, exigences liées à l'aspect du parement ou à une méthode de mise en place particulière).

6.3 spécification des bétons à composition prescrite

6.3.1 généralités

La spécification des bétons à composition prescrite doit être effectuée à l'aide des données de base de 6.3.2, lesquelles doivent toujours être indiquées, et à l'aide de données complémentaires de 6.3.3, qui, elles, doivent être indiquées sur demande.

6.3.2 données de base

La spécification doit comprendre :

- a) l'exigence de conformité à la NM 10.1.008;
- b) le dosage en ciment ;
- c) le type de ciment et sa classe de résistance ;
- d) soit le rapport eau/ciment soit la consistance, en termes de classe ou, dans certains cas, de valeur cible ;

NOTE 1 : Il convient que la valeur spécifiée (cible) du rapport eau/ciment soit inférieure de 0,02 à toute valeur limite spécifiée exigée.

- e) le type, la catégorie et la teneur maximale en chlorures de granulats ; en cas de béton léger ou de béton lourd, la masse volumique maximale ou minimale des granulats selon le cas ;
- f) la dimension maximale des granulats, et toute limitation de leurs fuseaux granulaires ;
- g) le type, l'origine et la quantité des adjuvants ou ajouts, le cas échéant ;

6.3.3 données complémentaires

La spécification peut contenir :

- l'indication de l'origine de certains ou de tous les constituants du béton qui se substitue aux

- caractéristiques pour celles qui ne sont pas définissables autrement ;
- des exigences complémentaires pour les granulats ;
- des exigences concernant la température du béton frais à la livraison, lorsqu'elles diffèrent de 5.2.8 ;
- d'autres exigences techniques.

6.4 spécification des bétons à composition prescrite dans une norme

Les bétons à composition prescrite dans une norme doivent être spécifiés en citant :

- le document de référence du béton donnant les exigences pertinentes ;
- la désignation du béton selon cette norme.

Les bétons à composition prescrite dans une norme ne doivent être utilisés que pour :

- des bétons de masse volumique normale pour des structures armées ou non ;
- des classes de résistances pour le calcul · B 15, sauf si une classe B 20 est autorisée
- les classes d'exposition X0 et XCA1, sauf si les dispositions d'utilisation du béton en permettent d'autres.

Pour les restrictions sur la composition des bétons à composition prescrite dans une norme, voir 5.2.1
Pour la réalisation de structures, les bétons à composition prescrite dans une norme sont définis dans les CPC relatifs aux travaux de bétons.

7 livraison du béton frais

7.1 information de l'utilisateur du béton au producteur(1)

L'utilisateur doit se mettre d'accord avec le producteur sur :

- la date, l'heure et le débit de livraison ;
et, si besoin, informer le producteur sur :
- les transports spéciaux sur le chantier ;
- les méthodes de mise en place spéciales ;
- la limitation sur le type de véhicule de livraison par exemples type, équipement d'agitation ou non, taille, hauteur ou poids total.

7.2 information du producteur du béton à l'utilisateur (1)

L'utilisateur peut exiger, lors de la commande, des informations concernant la composition du béton, afin de pouvoir mettre en place correctement le béton frais, de pouvoir y appliquer la méthode de cure appropriée, et de pouvoir évaluer l'évolution de la résistance. Ces informations doivent être fournies, sur demande, par le producteur avant la livraison. Les informations suivantes doivent être fournies pour les bétons à performances spécifiées sur demande :

- a) le type et la classe de résistance du ciment et le type de granulats ;
- b) le type d'adjuvants, le type et la teneur approximative des ajouts, le cas échéant ;
- c) le rapport eau/ciment visé ;
- d) les résultats d'essais antérieurs appropriés effectués sur ce béton, par exemple ceux du contrôle de la production ou des essais initiaux ;
- e) l'évolution de la résistance ;
- f) les origines des constituants.

(1) Cette norme n'exige pas que l'information soit fournie sous une forme particulière puisque ceci dépendra de la relation entre le producteur et l'utilisateur ; par exemple dans le cas d'un béton de chantier ou des éléments préfabriqués en béton, le producteur et l'utilisateur du béton peuvent être la même personne.

Dans le cas du béton prêt à l'emploi, l'information peut aussi être fournie, lorsqu'elle est demandée, par référence au catalogue des compositions de béton du producteur où se trouvent consignés les renseignements relatifs aux classes de résistance, les classes de consistance, le poids des gâchées et autres données utiles.

Pour la détermination de la durée de cure, les données relatives à l'évolution de la résistance du béton

peuvent être fournies sous la forme indiquée au Tableau 12 , ou sous forme d'une courbe d'évolution de la résistance à 20 °C entre 2 jours et 28 jours.

Le rapport des résistances indiquant l'évolution de la résistance correspond au rapport entre la résistance moyenne à la compression à 2 jours ($f_{cm,2}$) et la résistance moyenne à la compression à 28 jours ($f_{cm,28}$) déterminées par les essais initiaux ou sur la base de performances connues d'un béton de composition comparable. Pour ces essais initiaux, les échantillons destinés à la détermination de la résistance doivent être échantillonnés, confectionnés, conservés et essayés conformément à la NM 10.1.060, aux NM 10.1.067, NM10.1.068 et NM10.1.051.

Le producteur doit informer l'utilisateur des risques vis-à-vis de la santé auxquels il s'expose en manipulant le béton frais.

Tableau 12 – Evolution de la résistance du béton à 20 °C

Evolution de la résistance	Estimation du rapport des résistances $f_{cm, 2} / f_{cm, 28}$
Rapide	$\geq 0,5$
Moyen	$\geq 0,3$ à $< 0,5$
Lent	$\geq 0,15$ à $< 0,3$
Très lent	$< 0,15$

7.3 bon de livraison pour le béton prêt à l'emploi

Au déchargement du béton, le producteur doit remettre à l'utilisateur un bon de livraison pour chaque charge de béton sur lequel figurent au moins les informations imprimées, tamponnées ou manuscrites suivantes :

- le nom de l'usine de fabrication du béton prêt à l'emploi ;
- le numéro de série du bon ;
- la date et l'heure de chargement, c'est-à-dire le premier contact entre ciment et eau ;
- le numéro du camion ou une identification du véhicule ;
- le nom de l'acheteur ;
- le nom et la localisation du chantier ;
- les références ou les détails relatifs aux spécifications, par exemple numéro de code, numéro de commande ;
- la quantité de béton, en mètres cubes ;
- la déclaration de conformité avec référence aux spécifications et à la norme NM 10.1.008;
- le nom ou logotype de l'organisme de certification, s'il y a lieu ;
- l'heure d'arrivée du béton sur le chantier ;
- l'heure de début de déchargement ;
- l'heure de la fin de déchargement.

De plus, le bon de livraison doit fournir les précisions suivantes :

- a) Pour un béton à propriétés spécifiées :
- la classe de résistance ;
 - les classes d'exposition ;
 - la classe de teneur en chlorures ;
 - la classe de consistance ou valeur cible ;
 - les valeurs limites de composition du béton, lorsque spécifiées ;

- le type et la classe de résistance du ciment, lorsque spécifiés ;
 - le type d'adjuvants et ajouts, lorsque spécifié ;
 - les propriétés particulières, si elles sont prescrites ;
 - la dimension maximale des granulats ;
 - pour le béton léger ou le béton lourd, la classe de masse volumique ou la masse volumique cible ;
- b) pour les bétons à composition prescrite :
- les renseignements relatifs à la composition, par exemple la teneur en ciment, et, s'il est prescrit, le type d'adjuvant ;
 - en fonction des spécifications, soit le rapport eau/ciment, soit la consistance en termes de classe ou de valeur cible ;
 - la dimension maximale des granulats.

Dans le cas d'un béton à composition prescrite dans une norme, l'information à donner doit être conforme aux dispositions de la norme correspondante.

7.4 information à la livraison pour le béton de chantier

Il est également pertinent d'utiliser les informations appropriées, telle qu'exigées en 7.3, pour le bon de livraison dans le cas du béton fabriqué sur le site du chantier, pour les chantiers étendus, ou lorsque plusieurs types de béton sont utilisés, ou encore lorsque la partie produisant le béton n'est pas celle responsable de sa mise en place.

7.5 consistance à la livraison

En général, toute addition d'eau et d'adjuvants à la livraison est interdite. Dans des cas spéciaux, des adjuvants peuvent être ajoutés lorsque ceci est effectué sous la responsabilité du producteur en vue d'amener la consistance à la valeur spécifiée, sous réserve que les valeurs limites permises par la spécification ne soient pas dépassées et que cette addition d'adjuvant soit prévue dans la formulation du béton et enregistrée sur le bon de livraison. La partie qui requiert cet ajout est responsable des conséquences. Toute quantité d'adjuvants ajoutée dans le camion malaxeur doit être enregistrée sur le bon de livraison dans tous les cas. Pour le malaxage complémentaire, voir 9.8.

8 contrôle de conformité et critères de conformité

8.1 généralités

Le contrôle de conformité comprend une combinaison d'actions et de décisions à prendre selon les règles de conformité adoptées à l'avance pour vérifier la conformité du béton avec la spécification. Le contrôle de conformité fait intégralement partie du contrôle de production (voir article 9).

NOTE : Les propriétés du béton utilisées dans le cadre du contrôle de conformité sont celles mesurées par les essais appropriés suivant des modes opératoires normalisés. Les valeurs réelles des propriétés du béton dans la structure peuvent différer de celles déterminées par les essais suivant les dimensions de la structure, la mise en place, le serrage, la cure et les conditions climatiques, par exemple.

Le plan d'échantillonnage et d'essais et les critères de conformité doivent être conformes aux procédures données en 8.2 ou 8.3. Ces dispositions s'appliquent aussi au béton pour éléments préfabriqués sauf si la norme spécifique du produit contient un ensemble de dispositions équivalentes. Si des fréquences d'échantillonnage supérieures sont demandées par le prescripteur, ceci doit faire l'objet d'un accord préalable. Pour les propriétés non couvertes dans ces articles, le plan d'échantillonnage et d'essais, la méthode d'essai et les critères de conformité doivent faire l'objet d'un accord entre le producteur et le prescripteur.

Le lieu d'échantillonnage pour les essais de conformité doit être choisi de façon à ce que les propriétés concernées et la composition du béton ne subissent pas de modification significative entre le lieu d'échantillonnage et le lieu de mise à disposition. Dans le cas du béton léger fabriqué avec des granulats non saturés, les échantillons doivent être prélevés sur le lieu de livraison.

Lorsque les essais du contrôle de production sont les mêmes que les essais requis pour le contrôle de

conformité, il est permis de les prendre en compte pour l'évaluation de la conformité. Le producteur peut aussi utiliser d'autres résultats sur le béton au moment de la livraison pour l'évaluation de la conformité.

La conformité ou la non-conformité est jugée par rapport aux critères de conformité. La non-conformité peut conduire à des actions complémentaires sur le lieu de production et sur le chantier (voir 8.4).

8.2 contrôle de conformité des bétons à propriétés spécifiées

8.2.1 contrôle de conformité de la résistance à la compression

8.2.1.1 généralités

Pour les bétons de masse volumique normale ou les bétons lourds appartenant aux classes de résistance comprises entre B10 et B 50 ou pour des bétons légers de BL 8 à BL 50, l'échantillonnage et les essais de conformité doivent être effectués soit sur chaque composition de béton prise individuellement, soit sur des familles de bétons dont la représentativité est établie (voir 3.1.14) selon ce qui a été déterminé par le producteur, sauf accord différent. Le concept de familles de béton ne s'applique pas aux bétons de résistance plus élevée. Le béton léger ne doit pas être mélangé avec des familles contenant des bétons de masse volumique normale ; les bétons légers réalisés à partir de granulats de similarité prouvée, peuvent être regroupés en leur famille propre.

Pour les familles de béton, le producteur doit effectuer le contrôle sur l'ensemble des membres de la famille, et l'échantillonnage sur l'ensemble de la gamme des bétons produits dans le cadre de la famille.

Lorsque les essais de conformité s'appliquent à une famille de béton, un béton de référence est choisi au milieu de la gamme de béton de la famille ou le plus communément produit. Des relations sont établies entre chaque composition de béton de la famille et le béton de référence de façon à pouvoir transposer les résultats d'essai de résistance à la compression de chacun des bétons de la famille, au béton de référence. Ces relations doivent être vérifiées, sur la base des résultats d'essai de résistance obtenus pendant la période initiale à chaque période d'évaluation et en cas de changement significatif dans les conditions de production. De plus, lorsqu'on évalue la conformité d'une famille, il faut confirmer que chaque formule de béton appartient à la famille (voir 8.2.1.3).

Une distinction est faite entre la production initiale et la production continue dans le plan d'échantillonnage et d'essais et les critères de conformité applicables à chacune des compositions de béton ou aux familles de bétons.

La production initiale couvre la période de production jusqu'à l'obtention d'au moins 35 résultats d'essais.

La production continue est atteinte lorsqu'au moins 35 résultats d'essais sont obtenus sur une période ne dépassant pas 12 mois.

Si la production d'une formule particulière ou d'une famille de béton a été interrompue pendant plus de 12 mois, le producteur doit utiliser à nouveau les critères et les plans d'échantillonnage et d'essais relatifs à la production initiale.

Pour la production continue, le producteur peut adopter le plan d'échantillonnage et d'essais ainsi que les critères de conformité adoptés pour la production initiale.

Si la résistance est spécifiée à une échéance différente, la conformité est évaluée sur des éprouvettes essayées à l'échéance spécifiée.

8.2.1.2 plan d'échantillonnage et d'essais

Les échantillons de béton doivent être sélectionnés de façon aléatoire et prélevés conformément à la NM10.1.060. L'échantillonnage doit être effectué sur chaque famille de béton (voir 3.1.14) produite dans des conditions présumées uniformes. La fréquence minimale d'échantillonnage et d'essais du béton doit être, conforme au Tableau 13, en choisissant la fréquence donnant le plus grand nombre d'échantillons pour les productions initiales ou continues selon le cas.

Nonobstant les exigences s'appliquant à l'échantillonnage visées en 8.1 , les échantillons doivent être prélevés après toute adjonction au béton d'adjuvants sous la responsabilité du producteur, mais le prélèvement d'échantillons avant l'ajout de plastifiants ou de superplastifiants pour ajuster la

consistance (voir 7.5) est permis sous réserve que des essais initiaux aient prouvé que le plastifiant ou le superplastifiant n'a pas d'effet négatif sur la résistance du béton aux doses utilisées.

Le résultat d'essai doit être celui obtenu à partir de la moyenne des résultats d'au moins deux éprouvettes provenant d'un même échantillon soumises aux essais au même âge.

Lorsque l'étendue des résultats d'essai, obtenus sur au moins deux éprouvettes confectionnées à partir d'un même échantillon, est supérieure à 15 % de la moyenne, ces résultats d'essais ne doivent pas être pris en considération, sauf si un examen plus approfondi permet de trouver une raison valable de ne pas tenir compte d'une des valeurs individuelle d'essai.

Tableau 13 – Fréquence minimale d'échantillonnage pour l'évaluation de la conformité

Production	Fréquence minimale d'échantillonnage	
	50 premiers m ³ de la production	Au delà des 50 premiers m ³ de production ^{a)}
Initiale (jusqu'à ce que 35 résultats d'essai au moins aient été obtenus)	3 échantillons	1 échantillon tous les 200 m ³ avec un minimum d'1 échantillon par jour de production)
Continue b) (une fois que 35 résultats au moins ont été obtenus)		1 échantillon tout les 400 m ³ avec un minimum d'1 échantillon tous les 2 jours de production)

a) l'échantillonnage doit être réparti sur l'ensemble de la production et ne doit normalement pas comporter plus d'un échantillon pour 25 m³

b) lorsque l'écart-type calculé pour les 15 derniers résultats d'essai est supérieur à $1,37\sigma$, la fréquence d'échantillonnage doit être portée à la fréquence requise pour la production initiale pour les 35 résultats d'essai suivants.

8.2.1.3 critères de conformité pour la résistance à la compression

L'évaluation de la conformité doit se faire à partir des résultats d'essais obtenus au cours d'une période d'évaluation qui ne doit pas dépasser les douze derniers mois.

La conformité de la résistance à la compression du béton est évaluée sur des éprouvettes essayées à 28 jours (1) en accord avec 5.5.1.2 pour :

- des groupes de " n " résultats d'essais consécutifs avec ou sans chevauchement f_{cm} (critère 1) ;
- chaque résultat individuel d'essai f_{ci} (critère 2).

NOTE : Les critères de conformité sont développés sur la base de résultats ne se chevauchant pas. L'application des critères à des résultats d'essai se chevauchant augmente le risque de rejet.

(1) Si la résistance est spécifiée pour un age différent, la conformité est évaluée sur des éprouvettes essayées à l'age spécifié.

La conformité est confirmée si les deux critères donnés au Tableau 14 pour la production initiale ou continue sont satisfaits.

Lorsque la conformité est évaluée pour une famille de béton, le critère 1 doit être appliqué au béton de référence, en prenant en compte tous les résultats d'essai transposés de la famille ; le critère 2 doit être appliqué aux résultats d'essais d'origine.

Pour confirmer que chaque formulation appartient à la famille, la moyenne de tous les résultats d'essais bruts, f_{cm} , pour une formulation unique sera évaluée avec le critère 3 donné au Tableau 15 . Tout béton ne satisfaisant pas à ce critère doit être écarté de la famille et sa conformité est évaluée individuellement.

Tableau 14 - Critères de conformité pour les résultats d'essai de résistance à la compression

Production	Nombre " n " de résultats d'essai de résistance dans le groupe	Critère 1	Critère 2
		Moyenne de n résultats (f_{cm}) N/mm ²	Chaque résultat individuel D'essai (f_{ci}) N/mm ²
Initiale	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
Continue	≥ 15	$\geq f_{ck} + 1,12 \sigma$	$\geq f_{ck} - 4$

Tableau 15 critère de confirmation pour les formules individuelles

Nombre " n " de résultats d'essais de résistance pour un béton particulier	Critère 3
	Moyenne de tous les résultats d'essais bruts (f_{cm}) pour un béton particulier N/mm ²
2	$\geq f_{ck} - 1,0$
3	$\geq f_{ck} + 1,0$
4	$\geq f_{ck} + 2,0$
5	$\geq f_{ck} + 2,5$
6	$\geq f_{ck} + 3,0$

Initialement l'écart-type doit être estimé à partir de 35 résultats d'essais consécutifs obtenus sur une période supérieure à trois mois et précédant la période de production pendant laquelle la conformité doit être vérifiée. Cette valeur doit être prise comme estimation de l'écart type σ de la population. La validité de la valeur retenue doit être vérifiée durant la période. La méthode pour affiner l'estimation de la valeur de σ est la suivante :

- La valeur initiale de l'écart- type peut être appliquée pendant la période consécutive où la conformité doit être vérifiée, pourvu que l'écart- type des 15 derniers résultats (s_{15}) ne dévie pas significativement de la valeur adoptée pour l'écart type. Ceci est considéré comme valide dans la mesure où :

$$0,63\sigma \leq s_{15} \leq 1,37\sigma$$

Lorsque la valeur de s_{15} se situe en dehors de ces limites, une nouvelle valeur de σ doit être déterminée à partir des 35 derniers résultats d'essai obtenus. ;

La nouvelle estimation de σ devra être appliquée pour la nouvelle période d'évaluation.

8.2.2 contrôle de conformité de la résistance à la traction par fendage

8.2.2.1 généralités

Le paragraphe 8.2.1.1 s'applique, mais le concept de famille de béton n'est pas applicable. Chaque composition de béton doit être évaluée séparément.

8.2.2.2 plan d'échantillonnage et d'essai

Le point 8.2.1.2 s'applique.

8.2.2.3 critères de conformité pour la résistance à la traction par fendage

Lorsque la résistance à la traction par fendage du béton est spécifiée, l'évaluation de la conformité doit se faire à partir de résultats d'essais pris pendant une période d'évaluation qui ne doit pas dépasser les douze derniers mois.

L'évaluation de la conformité de la résistance à la traction par fendage du béton se fait sur des éprouvettes essayées à 28 jours, sauf si un âge différent est spécifié en accord avec 5.5.1.3 pour :

- des groupes de " n " résultats d'essais consécutifs avec ou sans chevauchement f_{tm} (critère 1) ;
- chaque résultat individuel d'essai f_{ti} (critère 2).

La conformité à la résistance à la traction par fendage caractéristique (f_{tk}) est confirmée si les résultats d'essai satisfont aux deux critères présentés au Tableau 16 pour la production initiale ou continue, selon le cas.

Tableau 16 critères de conformité pour la résistance à la traction par fendage

Production	Nombre " n " de résultats dans le groupe	Critère 1	Critère 2
		Moyenne de " n " résultats (f_{tm}) N/mm ²	Chaque résultat individuel d'essai (f_{ti}) N/mm
Initiale	3	$\geq f_{tk} + 0,5$	$\geq f_{tk} - 0,5$
Continue	≥ 15	$\geq f_{tk} + 1,12 \sigma$	$\geq f_{tk} - 0,5$

Les dispositions relatives à l'écart-type visées en 8.2.1.3 doivent être appliquées similairement.

8.2.3 contrôle de conformité pour les propriétés autres que la résistance

8.2.3.1 plan d'échantillonnage et d'essai

Les échantillons de béton doivent être sélectionnés de façon aléatoire et prélevés conformément à la NM10.1.060. L'échantillonnage doit être effectué sur chaque famille de béton produite dans des conditions réputées uniformes. Le nombre minimum d'échantillons et les méthodes d'essai doivent être ceux des Tableaux 17 et 18.

8.2.3.2 critères de conformité pour les propriétés autres que la résistance

Lorsque des propriétés du béton autres que la résistance sont spécifiées, les évaluations de la conformité doivent être effectuées durant la production, pendant la période d'évaluation qui ne doit pas dépasser les douze derniers mois.

La conformité du béton est évaluée sur la base de la conformité de résultats d'essais consécutifs, aux valeurs limites spécifiées, aux limites de classes ou aux valeurs cibles, tout en tenant compte des tolérances et de l'écart maximal admissible par rapport à ces valeurs spécifiées.

La conformité aux propriétés exigées est confirmée si :

- le nombre de résultats d'essai s'écartant de la valeur limite spécifiée ou se situant hors des limites des classes ou ne respectant pas les tolérances applicables aux valeurs cibles, selon les cas, n'est pas supérieur au nombre acceptable de résultats spécifié dans le Tableau 19a ou 19b tel qu'il figure dans les Tableaux 17 et 18. Alternativement, cette exigence peut être fondée sur un contrôle par variables, conformément à la NM00.5.086 Tableau II-A (NQA = 4 %) lorsque les nombres acceptables de résultats sont ceux du Tableau 19a ;

- tous les résultats individuels d'essais se situent dans l'écart maximal admissible donné aux Tableaux 17 ou 18.

Tableau 17 critères de conformité pour les propriétés autres que la résistance

Propriété	Méthode d'essai ou méthode de détermination	Nombre minimal d'échantillons ou de déterminations	Critères d'acceptation	Ecart maximal admissible des résultats d'essai individuels par rapport aux limites de la classe spécifiée ou par rapport aux tolérances de la valeur cible spécifiée	
				Valeur inférieure	Valeur supérieure
Masse volumique du béton lourd	NM10.1.072	Comme au tableau 13 pour la résistance à la compression	Voir Tableau 19a	-30 kg/m ³	Pas de limite a)
Masse volumique du béton léger	NM10.1.072	Comme au tableau 13 pour la résistance à la compression	Voir Tableau 19a	-30 kg/m ³	+ 30 kg/m ³
Rapport eau/ciment	Voir 5.4.2	1 détermination par jour	Voir Tableau 19a	Pas de limite a)	+0,03
Teneur en ciment	Voir 5.4.2	1 détermination par jour	Voir Tableau 19a)	-10 kg/m ³	Pas de limite a)
Teneur en air d'un béton frais contenant de l'air entraîné	NM10.1.066 pour les bétons de masse volumique normale et les bétons lourds ;NM10.1.122 pour les bétons légers	1 échantillon par jour de production après stabilisation	Voir Tableau 19a	-0,5 % en valeur absolue	+ 1,0 % en valeur absolue
Teneur en chlorure du béton	Voir 5.2.7	La détermination doit se faire pour chaque composition de béton et doit être réitérée en cas d'augmentation de la teneur en chlorure de l'un des constituants	0	Pas de limite a)	Aucune valeur supérieure n'est autorisée

a) sauf si des limites sont spécifiées.

Tableau 18 critères de conformité applicables à la consistance

Méthode d'essai		Nombre minimal d'échantillons ou de déterminations	Critère d'application	Ecart maximal admissible ^{a)} des résultats individuels par rapport aux limites de la classe spécifiée ou aux tolérances de la valeur cible spécifiée	
				Valeur inférieure	Valeur supérieure
Affaissement	NM10.1.061	- fréquence comme au tableau 13 pour la résistance à la compression ;	Voir Tableau 19b	- 10 mm	+ 20mm
				- 20 mm ^{b)}	+ 30 mm ^{b)}
vébé	NM10.1.062	ii) lors du contrôle de la teneur en air ;	Voir Tableau 19b	- 2 s	+ 4 s
				- 4 s ^{b)}	+ 6 s ^{b)}
Degré de compactabilité	NM10.1.063	iii) en cas de doute suite aux inspections visuelles	Voir Tableau 19b	- 0,03	+ 0,05
				- 0,05 ^{b)}	+ 0,07 ^{b)}
Etalement	NM10.1.064		Voir Tableau 19b	- 20 mm	+ 30 mm
				- 30 mm ^{b)}	+ 40 mm ^{b)}

a) En absence de limite supérieure ou inférieure dans les classes de consistance concernées, ces écarts ne sont pas applicables.

b) Ne s'applique que pour l'essai de consistance et effectué sur le déchargement initial du camion malaxeur (voir 5.4.1)

8.3 contrôle de conformité du béton à composition prescrite y compris les bétons à composition prescrite dans une norme

Chaque gâchée de béton de composition prescrite doit faire l'objet d'une évaluation de la conformité par rapport au dosage en ciment, à la dimension maximale des granulats et à leurs proportions, si spécifiées, et, le cas échéant, au rapport eau/ciment, ainsi qu'à la quantité d'adjuvant. Les quantités de ciment, de granulats (chacune des dimensions spécifiées) et d'adjuvants, telles que consignées sur le registre de production ou telles qu'imprimées par l'enregistreur des pesées, doivent correspondre, aux tolérances données au Tableau 21, et le rapport eau/ciment doit correspondre à $\pm 0,04$ près à la valeur spécifiée. Dans le cas des bétons à composition prescrite dans une norme, les tolérances équivalentes peuvent être données dans la norme correspondante.

Lorsque la conformité de la composition du béton doit être évaluée par analyse du béton frais, les méthodes d'essai et les limites de conformité doivent faire l'objet d'un accord préalable entre l'utilisateur et le producteur, en tenant compte des limites mentionnées ci-dessus et de la précision de la méthode d'essai.

Lorsque la conformité de la consistance est à évaluer, les alinéas concernés de 8.2.3 et du Tableau 18, s'appliquent.

La conformité pour :

- le type de ciment et sa classe de résistance ;
- le type des granulats ;
- le type d'adjuvant ou d'ajout, le cas échéant ;
- l'origine des constituants du béton, lorsque spécifié ;

doit être évaluée par comparaison entre les informations du registre de production et les documents accompagnant la livraison des constituants avec les données spécifiées.

Tableaux 19a et 19b – table du nombre acceptable de résultats en dehors des limites spécifiées pour les critères de conformité applicables aux propriétés autres que la résistance

Tableau 19a

NQA = 4 %

Nombre de résultats d'essai	Nombre acceptable de résultats
1 à 12	0
13 à 19	1
20 à 31	2
32 à 39	3
40 à 49	4
50 à 64	5
65 à 79	6
80 à 94	7
95 à 100	8

Pour un nombre de résultats d'essais > 100, les nombres acceptables de résultats peuvent être repris du Tableau 2-A de l'ISO 2859-1 :1989.

Tableau 19b

NQA = 15 %

Nombre de résultats d'essai	Nombre acceptable de résultats
1 à 2	0
3 à 4	1
5 à 7	2
8 à 12	3
13 à 19	5
20 à 31	7
32 à 49	10
50 à 79	14
80 à 100	21

8.4 actions à entreprendre en cas de non conformité du produit

Les mesures suivantes doivent être prises par le producteur en cas de non conformité :

- vérifier les résultats d'essai non conformes et s'ils sont validés, prendre des mesures pour éliminer les erreurs ;
- si la non conformité est confirmée, par exemple par des contre-essais, entreprendre des

actions correctrices, comme le passage en revue de direction des procédures de contrôle de production concernées ;

- lorsque la non conformité à la spécification qui n'était pas évidente au moment de la livraison est confirmée, avertir le prescripteur et l'utilisateur pour éviter tout dommage conséquent ;
- consigner les actions concernant les points précédents.

Si la non conformité du béton résulte d'un ajout d'eau ou d'adjuvant sur le chantier (voir 7.5), le producteur n'est tenu de prendre des mesures que s'il a lui-même requis cet ajout.

NOTE : Si le producteur a averti d'une non-conformité du béton ou si les résultats des essais de conformité ne sont pas conformes aux exigences, des essais complémentaires selon NM10.1.075 sur des carottes prélevées dans la structure ou dans des composants peuvent être exigés ou une combinaison d'essais sur carottes et d'essais non- destructifs sur la structure ou des composants, par exemple en accord NM10.1.124 ou le NM10.1.076. Des recommandations pour l'évaluation de la résistance dans la structure ou les composants structurels sont données dans le NM10.1.077.

9 contrôle de production

9.1 généralités

Tous les bétons doivent être soumis au contrôle de production sous la responsabilité du producteur.

Le contrôle de production comprend toutes les mesures nécessaires pour maintenir le béton conforme aux exigences spécifiées. Il inclut :

- la sélection des matériaux ;
- la formulation du béton ;
- la production du béton ;
- les inspections et les essais ;
- l'utilisation des résultats des essais sur les constituants, sur le béton frais et durci, et sur l'équipement ;
- le cas échéant, il porte également sur l'inspection du matériel de transport du béton frais ;
- le contrôle de conformité pour lequel les dispositions sont données à l'article 8.

NOTE : L'article 9 tient compte des principes de la NM ISO 9001.

9.2 systèmes de contrôle de production

La responsabilité, l'autorité et l'interrelation de tous les membres du personnel en charge de la gestion, de l'exécution et de la vérification des travaux influençant la qualité du béton doivent être définis et consignés dans un système de contrôle de production (manuel de contrôle de production). Il en va notamment ainsi pour tous les membres du personnel ayant besoin d'une certaine liberté d'organisation et d'un certain pouvoir de décision pour minimiser le risque de béton non conforme et pour identifier et consigner tout problème de qualité.

Le système de contrôle de production doit être passé en revue au moins tous les ans par la direction du producteur pour s'assurer de son aptitude à l'emploi et de son efficacité. Il convient de conserver les documents se rapportant à ces révisions pendant trois ans au moins.

Le système de contrôle de production doit contenir des procédures et des instructions dûment documentées. Celles-ci doivent, le cas échéant, être établies par rapport aux prescriptions de contrôle figurant dans les Tableaux 22, 23, et 24 . Les fréquences d'essai et d'inspection prévues par le producteur doivent être consignées. Les résultats des essais et inspections doivent être enregistrés.

9.3 données enregistrées et autres documents

Toutes les données se rapportant au contrôle de production doivent être enregistrées, voir Tableau 20

Tableau 20 données à enregistrer et autres documents, le cas échéant

Points concernés	Données à enregistrer et autres documents
Exigences spécifiées	Cahier des charges du contrat ou résumé des exigences
Ciments, granulats, adjuvants,	Nom des fournisseurs et origines
Essais sur eau de gâchage (non exigés pour l'eau potable)	Date et lieu d'échantillonnage Résultats d'essai
Essais sur les constituants	Date et résultats d'essai
Composition du béton	Description du béton Enregistrement des masses des constituants pour une gâchée ou une charge (par exemple teneur en ciment) Rapport eau/ciment Teneur en chlorures Code de membre de famille
Essai sur béton frais	Date et lieu d'échantillonnage Destination dans l'ouvrage, si connue Consistance (méthode utilisée et résultats) Masse volumique, lorsque spécifiée Température du béton, lorsque spécifiée Teneur en air lorsque spécifiée Volume de béton de la gâchée ou de la charge testée Nombre et codes des éprouvettes pour essai Rapport eau/ciment, lorsque spécifié
Essai sur béton durci	Date des essais Code et âge des éprouvettes Résultats des essais de masse volumique et de résistance Remarques particulières (par exemple profil de rupture inhabituel)
Evaluation de la conformité	Conformité / non conformité aux spécifications
En complément, pour le béton prêt à l'emploi	Nom de l'acheteur Identification du chantier, par exemple, lieu de construction Numéro et date des bons de livraison correspondants aux essais Bons de livraison
En complément, pour les éléments préfabriqués	Des données supplémentaires ou différentes peuvent être requises par la norme du produit concerné

9.4 essais

Les essais doivent être effectués conformément aux méthodes d'essai données dans la présente norme (méthode d'essai de référence). D'autres méthodes d'essai peuvent également être utilisées dans la mesure où la corrélation ou une relation fiable entre les résultats de ces méthodes d'essai et

ceux de la méthode de référence a pu être établie. La validité de cette relation fiable ou de cette corrélation doit être vérifiée à intervalles appropriés.

Cette vérification doit avoir lieu pour chaque site de production fonctionnant dans des conditions qui lui sont propres.

9.5 composition du béton et essai initial

Lorsqu'un béton de composition nouvelle est utilisé, des essais initiaux doivent être effectués permettant de vérifier la conformité du béton aux propriétés spécifiées et à la performance prévue avec une marge de sécurité suffisante (voir annexe A). Si l'on dispose d'une longue expérience avec un béton ou une famille de bétons similaire, il n'est pas exigé de procéder aux essais initiaux. En cas d'un changement significatif des constituants, la formulation et les règles de formulation doivent être redéfinies. Dans le cas de béton à composition prescrite ou de composition prescrite dans une norme, il n'est pas nécessaire que le producteur procède à des essais initiaux.

Les bétons de composition nouvelle obtenue par interpolation de compositions de béton connues ou extrapolation de la résistance en compression ne dépassant pas 5 Mpa sont réputés satisfaire les exigences des essais initiaux.

Les compositions de béton doivent être régulièrement passées en revue afin de vérifier que toutes les formules de béton restent bien conformes aux prescriptions en vigueur, en tenant compte des changements dans les propriétés des matériaux constituants et les résultats des essais de conformité pratiqués sur les compositions des bétons.

9.6 personnel, équipement et installation

9.6.1 personnel

Les connaissances, la formation et l'expérience du personnel impliqué dans la production et le contrôle de production sont nécessaires.

Des documents appropriés relatifs à la formation et à l'expérience du personnel impliqué dans la production et le contrôle de production doivent être tenus à jour.

9.6.2 équipement et installation

9.6.2.1 stockage des matériaux

Les constituants doivent être stockés et manipulés de façon à ce que leurs propriétés ne changent pas de façon significative, en raison du climat par exemple, ou de leur mélange ou encore d'une contamination, et de façon à ce que leur conformité à leur norme respective soit maintenue.

Les compartiments de stockage doivent être clairement identifiés de façon à éviter des erreurs sur les constituants à utiliser.

Les instructions particulières des fournisseurs de constituants doivent être prises en compte.

Les moyens nécessaires au prélèvement d'échantillons représentatifs sur les tas, silos ou trémies doivent exister.

9.6.2.2 équipement de dosage

Les performances de l'équipement de dosage doivent être telles que dans des conditions de fonctionnement réelles les précisions indiquées en 9.7 puissent être atteintes en permanence.

9.6.2.3 malaxeurs

Les malaxeurs doivent être capables d'assurer un mélange homogène des constituants et une consistance homogène du béton pour un temps de malaxage et une capacité de malaxage donnés.

Les camions malaxeurs et les cuves agitatrices doivent être équipés de façon à pouvoir livrer le béton sous forme d'un mélange homogène. En outre, les camions malaxeurs doivent être dotés d'un matériel de mesure et de distribution approprié dans les cas où de l'eau ou des adjuvants, sous la responsabilité du producteur, doivent être ajoutés sur le chantier.

9.6.2.4 matériel d'essai

Tous les moyens, équipements et instructions nécessaires à une utilisation correcte doivent être disponibles lorsque exigés pour les contrôles et essais effectués sur l'équipement, les matériaux constituants et le béton.

Le matériel d'essai doit être calibré et étalonné correctement au moment de la mesure et le producteur doit mettre en oeuvre un programme d'étalonnage.

9.7 dosage des constituants

Pour tout béton à réaliser, une procédure de dosage documentée doit être disponible sur les lieux du dosage détaillant le type et la quantité des constituants.

La tolérance de dosage des constituants ne doit pas dépasser les limites données dans le Tableau 21 pour toute quantité de béton de 1 m³ ou plus. Lorsque plusieurs gâchées sont mélangées ou remélangées dans une bétonnière portée, les tolérances du Tableau 21 s'appliquent à la charge.

Les ciments et granulats sous la forme de poudres doivent être dosés en masse ; d'autres méthodes sont admises dans la mesure où la tolérance de dosage requise peut être respectée et que ceci est enregistré.

Tableau 21 tolérances pour dosage des constituants

Consistants	Tolérances
Ciment Eau Ensemble des granulats Ajouts utilisées en quantité > 5 % de la masse de ciment	± 3 % de la quantité requise
Adjuvants utilisées en quantités ≤ 5 % de la masse de ciment	± 5 % de la quantité requise
Ces tolérances s'appliquent pour 90 % des mesures de dosage. Pour les 10 % restants, la valeur limite de la tolérance de dosage est de ± 5 % pour tous les constituants (aucune valeur individuelle de mesure ne doit s'écarter de plus de 5 % de la valeur cible).	
NOTE La tolérance est la différence entre la valeur cible et la valeur mesurée.	

L'eau de gâchage, les granulats légers, les adjuvants peuvent être dosés en masse ou en volume.

9.8 malaxage du béton

Le malaxage des constituants doit être effectué dans des malaxeurs fixes conformes à 9.6.2.3 et poursuivi jusqu'à obtention d'un mélange de béton d'aspect homogène.

Les malaxeurs ne doivent pas être chargés au-delà de leur capacité nominale de malaxage.

Lorsque l'on ajoute des adjuvants ils doivent être ajoutés pendant le processus de malaxage principal sauf pour les adjuvants hautement réducteurs d'eau ou des adjuvants réducteurs d'eau qui peuvent être ajoutés après le malaxage principal. Dans ce cas, le béton doit être malaxé à nouveau jusqu'à dispersion complète de l'adjuvant dans la gâchée, et jusqu'à ce qu'il ait pleinement agi.

NOTE : Dans un camion malaxeur, il convient que la durée du re-malaxage après ajout de l'adjuvant ne soit pas être inférieure à 1 min/m³ ni inférieure à 5 min.

Pour le béton léger préparé avec des granulats non complètement saturés en eau, la période entre le malaxage principal et la fin du malaxage final (par exemple re-malaxage dans un camion malaxeur) doit être prolongée jusqu'à ce que l'absorption d'eau par les granulats et l'évacuation quasi complète de l'air inclus dans les granulats légers n'aient plus d'action néfaste significative sur les propriétés du béton durci.

9.9 procédures de contrôle de production

La conformité des constituants, du matériel, des procédures de production et du béton doit être contrôlée par rapport aux spécifications et aux exigences de la présente norme. Le contrôle doit

permettre la détection des changements significatifs susceptibles d'influencer les caractéristiques en vue d'entreprendre une action correctrice appropriée.

Les types et la fréquence des contrôles et des essais portant sur les constituants sont ceux donnés dans le Tableau 22.

NOTE : Pour établir ce tableau, on a pris pour hypothèse de départ que le producteur des constituants effectue correctement un contrôle de production adapté pour les constituants sur les lieux où ils sont produits, et que les constituants sont livrés avec une déclaration ou un certificat de conformité aux spécifications correspondantes. Si tel n'est pas le cas, il convient que le producteur du béton vérifie la conformité des matériaux avec les normes correspondantes.

Le contrôle de l'équipement doit assurer le bon état et le bon fonctionnement des dispositifs de stockage, du matériel de dosage en masse et en volume, des appareils de malaxage et de commande (permettant par exemple la mesure de la teneur en eau des granulats). Il doit également permettre de garantir leur conformité aux exigences de la présente norme. La fréquence des contrôles et des essais du matériel (pendant les périodes d'utilisation) est donnée au Tableau 23.

La centrale, le matériel et les moyens de transport doivent être soumis à un système de maintenance planifiée et doivent être maintenus en état de fonctionner efficacement, de façon à ne pas affecter les caractéristiques et la quantité de béton.

Les caractéristiques du béton à propriétés spécifiées doivent être vérifiées par rapport aux exigences spécifiées au Tableau 24.

La composition du béton de composition prescrite, ainsi que sa consistance et sa température lorsque spécifiées doivent être contrôlées par rapport aux exigences spécifiées au Tableau 24 (lignes 2 à 4, 6, 7 et 9 à 14).

Le contrôle doit également porter sur la production, le transport au lieu de déchargement et la livraison.

Pour certains bétons, des exigences supplémentaires peuvent s'avérer nécessaires pour le contrôle de production. Pour la production du béton haute résistance, des connaissances et expériences spéciales sont exigées. Celles-ci ne sont pas définies dans cette norme. L'annexe D donne quelques recommandations. Si le contrat définit des exigences particulières pour le béton, le contrôle de production doit inclure les actions appropriées à conduire en plus de celles mentionnées aux Tableaux 22 à 24.

Les actions prévues aux Tableaux 22 à 24 peuvent, dans certains cas particuliers, être adaptées aux conditions spécifiques au lieu de production, et être remplacées par d'autres assurant un niveau équivalent de maîtrise de la production

Tableau 22 contrôle des matériaux constituants

	Matériau constituant	Contrôle/Essai	Objectif	Fréquence minimale
1	Ciments a)	Vérification du bon de livraison d) avant déchargement	S'assurer de la conformité à la commande et de l'origine	A chaque livraison
2	Granulats	Vérification du bon de livraison b) d), avant déchargement	S'assurer de la conformité à la commande et de l'origine	A chaque livraison
3		Vérification du granulat avant déchargement	Comparer la granulométrie, la forme et les impuretés avec l'aspect habituel	A chaque livraison. Lorsque la livraison est sur bande transporteuse, périodiquement en fonction des conditions locales ou de livraison.
		Essai par tamisage	Evaluer la conformité	A la première livraison

4		conformément à la NM 00.1.004	avec une granulométrie normalisée ou à toute autre granulométrie convenue	provenant d'une nouvelle origine, lorsque cette information du fournisseur n'est pas disponible. En cas de doute après examen visuel. Périodiquement en fonction des conditions locales ou de livraison. ^{e)}
5		Essai de recherche d'impuretés	Evaluer la présence et la quantité d'impuretés	A la première livraison provenant d'une nouvelle origine lorsque cette information du fournisseur n'est pas disponible. En cas de doute après examen visuel. Périodiquement en fonction des conditions locales ou de livraison. ^{e)}
6		Essai d'absorption d'eau selon la NM 10.1.273	Evaluer la teneur en eau efficace du béton, voir 5.4.2.	A la première livraison provenant d'une nouvelle origine lorsque cette information du fournisseur n'est pas disponible. En cas de doute après examen visuel
7	Contrôle supplémentaire des granulats légers ou lourds	Essai conformément à la NM 10.1.313	Mesurer la masse volumique en vrac	A la première livraison provenant d'une nouvelle origine lorsque l'information du fournisseur n'est pas disponible. En cas de doute après examen visuel. Périodiquement en fonction des conditions locales ou de livraison. ^{e)} (à Suivre)

	Matériau constituant	Contrôle/ Essai	objectif	Fréquence minimale
8	Adjudants ^{c)}	Vérification du bon de livraison et de l'étiquette apposée au conteneur d) avant déchargement	S'assurer de la conformité de l'expédition avec la commande et de son identification correcte	A chaque livraison

9		Essais d'identification conformément à NM10.1.109, par exemple masse volumique, infrarouge, etc.	Pour comparaison avec les informations fournies du fabricant	En cas de doute
14	Eau	Essai conformément au NM 10.1.120	S'assurer que l'eau est exempte de constituant nocif	A la première utilisation d'une eau non potable de provenance nouvelle. En cas de doute.

a) *pour effectuer des essais en cas de doute, il est exigé de prélever, par type de ciment, un échantillon par semaine et de le conserver.*

b) *Le bon de livraison ou la fiche technique du produit doit indiquer également des informations sur la teneur maximale en chlorures et il convient que les données relatives à l'alcali-réaction soient identifiées en accord avec les dispositions valides sur le lieu d'utilisation du béton.*

c) *Il est exigé de prélever des échantillons à chaque livraison et de les conserver.*

d) *Le bon de livraison doit contenir ou être accompagné d'une déclaration ou d'un certificat de conformité conformément à ce qui est demandé dans la norme ou les spécifications correspondantes.*

e) *Ceci n'est pas nécessaire quand le contrôle de production des granulats est certifié.*

Tableau 23 contrôle du matériel

	Matériau constituant	Contrôle/Essai	objectif	Fréquence minimale
1	Stockage au sol, trémies, etc.	Examen visuel	S'assurer de la conformité aux exigences	Une fois par semaine
2	Matériel de pesage	Examen visuel du bon fonctionnement	S'assurer de la propreté et du bon fonctionnement du matériel de pesage	Quotidiennement
3		Vérification de la précision du matériel de pesage	Vérifier la précision, conformément à 9.6.2.2	Lors de l'installation, Périodiquement en fonction de la réglementation en vigueur (a). En cas de doute
4	Distributeurs d'adjudants	Examen visuel du bon fonctionnement	Vérifier la propreté et le bon fonctionnement du matériel de mesure	Pour chaque adjudant, première gâchée de la journée.

5	(y compris ceux montés sur les camions malaxeurs)	Vérification e la précision	Eviter les erreurs de dosage	Lors de l'installation. périodiquement a) après l'installation. En cas de doute.
6	Compteur d'eau	Comparaison de la quantité réelle avec la valeur affichée au compteur	Vérifier la précision, conformément à 9.6.2.2	Lors de l'installation, périodiquement a) après l'installation. En cas de doute.
7	Equipement de mesure en continu de la teneur en eau des sables	Comparaison de la quantité réelle avec la valeur affichée à l'humidimètre	Vérifier la précision	Lors de l'installation. périodiquement a) après l'installation. En cas de doute.
8	Système de dosage	Inspection visuelle	Pour vérifier le bon fonctionnement de la centrale	Quotidiennement
9		Comparaison de la masse mesurée des constituants présents dans la gâchée avec la masse prévue, et en cas d'enregistrements automatiques les indications imprimées avec la valeur programmée (par des méthodes appropriées selon le système de dosage utilisé)	Vérifier les tolérances de dosage conformément au Tableau 21	Lors de l'installation. Périodiquement a) après l'installation. En cas de doute.
10	Appareillage d'essai	Etalonnage ou calibrage conformément à la réglementation en vigueur	Vérifier la conformité	Périodiquement a) . Pour les appareils d'essai de résistance, au moins une fois par an.
11	Malaxeurs et camions malaxeurs	Examen visuel	Vérifier le degré d'usure du matériel	Périodiquement a)

a) la fréquence est fonction du type de matériel, de sensibilité en fonctionnement et des conditions de production de la centrale.

Tableau 24 contrôle des procédures de production et des propriétés du béton

	Type d'essai	Contrôle/Essai	Objectif	Fréquence minimale
1	Propriétés du béton à propriétés spécifiées	Essai initial (voir annexe A)	Pour démontrer que les propriétés spécifiées sont obtenues par la formulation proposée avec une marge adéquate.	Avant d'utiliser une nouvelle formulation de béton.
2	Teneur en eau des sables	Système de mesure en continu, essai de séchage ou équivalent	Déterminer la masse de granulats et la quantité d'eau à apporter.	Quotidiennement pour une vérification discontinue. La fréquence requise pour les essais peut être fonction des conditions locales et atmosphériques.

3	Teneur en eau des gravillons	Essai de séchage ou équivalent	Déterminer la quantité de granulats et l'eau à ajouter.	En fonction des conditions locales et atmosphériques.
4	Teneur en eau du béton frais	Noter la quantité d'eau de gâchage ajoutée ^{a)}	Disposer de données pour le rapport eau/ciment.	Chaque gâchée.
5	Teneur en chlorure du béton	Détermination initiale par calcul	S'assurer que la teneur maximale en chlorure n'est pas dépassée.	Au moment d'effectuer l'essai initial. En cas d'augmentation de la teneur en chlorure des constituants.
6	Consistance			
7		Essai de consistance conformément à : NM10.1.061, Ou NM10.1.062, Ou NM10.1.063, Ou NM10.1.064	Evaluer l'obtention des valeurs de consistance spécifiées et détecter d'éventuelles variations de la teneur en eau	Lorsque la consistance est spécifiée, aussi fréquemment que pour les résistances en compression du Tableau 13. Lors de l'essai de teneur en air. En cas de doute après examen visuel.
8	Masse volumique du béton frais	Détermination de la masse volumique conformément à la NM10.1.065	Pour les bétons légers ou lourds pour superviser la gâchée et le contrôle de masse volumique.	Quotidiennement
9	Teneur en ciment du béton frais	Noter la quantité de ciment utilisée ^{a)}	Vérifier la teneur en ciment et disposer de données pour le rapport eau/ciment	Chaque gâchée.
11	Teneur en adjudant du béton frais	Vérifier le poids ou le volume d'adjuvant ajouté ^{a)}	Pour vérifier le teneur en adjudant.	Chaque gâchée
12	Rapport eau/ciment du béton frais	Par calcul ou par une méthode d'essai (voir 5.4.2)	Evaluer l'obtention du rapport eau/ciment spécifié.	Quotidiennement, si spécifié. (à suivre)

	Type d'essai	Contrôle/Essai	Objectif	Fréquence minimale
13	Teneur en air du béton frais, si spécifié	Essai conformément à la NM10.1.066 pour le béton de masse volumique et le béton lourd, NM10.1.122 pour le béton léger	Evaluer l'obtention de la teneur spécifiée an air entraîné.	Pour les bétons contenant de l'air entraîné : les premières gâchées ou charges de chaque production journalière jusqu'à stabilisation de la valeur.
14	Température du béton frais	Mesurer la température	Evaluer l'obtention de la température minimale de 5 °C ou une valeur spécifiée.	En cas de doute. Lorsque la température est spécifiée : - Périodiquement selon les cas ; - Chaque gâchée ou charge lorsque la température est proche de la limite
15	Masse volumique du béton léger ou lourd	Essai selon NM10.1.072 ^{b)}	Pour évaluer l'obtention de la masse volumique spécifiée.	Lorsque la masse volumique est spécifiée, aussi fréquemment que pour les résistances en compression.
16	Essai de résistance en compression sur éprouvettes moulées	Essai selon NM10.1.051	Pour évaluer l'obtention de la résistance spécifiée.	Lorsque la résistance en compression du béton est spécifiée, aussi fréquemment que pour le contrôle de conformité, voir 8.1 et 8.2.1.
<p>a) lorsque l'équipement d'enregistrement n'est pas utilisé et que les tolérances de pesée pour la gâchée ou la charge sont dépassées, enregistrer la quantité pesée dans le registre de production.</p> <p>b) peut aussi être testée en conditions saturées, lorsqu'une relation sûre avec la masse volumique après séchage à l'étuve est établie.</p>				

10 évaluation de la conformité

Le producteur est responsable de l'évaluation de la conformité aux propriétés spécifiées du béton. Pour cela le producteur doit effectuer les opérations suivantes :

- a) essais initiaux, lorsque exigé (voir 9.5 et l'annexe A) ;
- b) contrôle de production du producteur (voir l'article 9), y compris le contrôle de conformité (voir l'article 8) ;

l'inspection et la certification du contrôle de production par des organismes approuvés d'inspection et de certification est recommandée. Ceci n'est pas considéré comme nécessaire pour les bétons à composition prescrite dans une norme avec une très forte marge de sécurité dans la composition (voir A.5), pour un domaine d'emploi restreint et une classe de résistance faible (voir 6.4) .

Pour les produits préfabriqués, les exigences et les dispositions relatives à l'évaluation de la conformité sont données dans les spécifications techniques pertinentes (normes de produits et agréments techniques).

11 désignation des bétons à propriétés spécifiées

Lorsque les caractéristiques essentielles d'un béton à propriétés spécifiées doivent être fournies sous

forme abrégée, les dispositions ci après doivent être utilisées :

- référence à la norme NM 10.1.008;
- classe de résistance à la compression : classe de résistance telle que définie au Tableaux 7 ou 8, par exemple B 25 ;
- pour les valeurs limites en fonction de la classe d'exposition : désignation de la classe selon le Tableau 4;
- teneur maximale en chlorures : la classe définie au Tableau 10, par exemple Cl 0,20 ;
- dimension maximale nominale du granulat : la valeur D_{max} telle que définie en 4.2.2, par exemple D_{max} 25 ;
- masse volumique : les désignations de classe selon le Tableau 9 ou la valeur cible, par exemple D 1,8 ;
- consistance : par classe comme défini en 4.2.1 ou valeur cible.

Annexe A (normative) essai initial

A.1 généralités

Cette annexe fournit les détails de l'essai initial comme indiqué en 5.2.1, 5.2.5.1, 6.1 et 9.5.

L'essai initial doit démontrer qu'un béton satisfait à toutes les exigences spécifiées pour le béton à l'état frais comme à l'état durci. Lorsque le producteur ou le prescripteur peut démontrer qu'une formulation est appropriée à partir de données recueillies sur la base d'essais précédents ou d'une expérience acquise sur une durée conséquente, ceci peut constituer une alternative aux essais initiaux.

A.2 partie responsable des essais initiaux

Les essais initiaux relèvent de la responsabilité du producteur, pour les bétons à propriétés spécifiées, de la responsabilité du prescripteur, pour les bétons de composition prescrite, et de celle de l'organisme de normalisation pour les bétons à composition prescrite dans une norme.

A.3 fréquence des essais initiaux

Les essais initiaux doivent être effectués avant d'utiliser un nouveau béton ou une nouvelle famille de bétons.

De nouveaux essais initiaux doivent être effectués s'il y a un changement significatif soit des constituants du béton soit des exigences spécifiées, auxquels correspondaient les essais précédents.

A.4 conditions d'essai

En règle générale, les essais initiaux doivent être effectués sur un béton à l'état frais dont la température est comprise entre 15 °C et 22 °C.

NOTE : Si le bétonnage sur le site du chantier est effectué dans une grande variété de conditions de température ou si un traitement thermique est appliqué, il convient que le producteur en soit également informé pour qu'il puisse prendre en compte les effets sur les propriétés du béton et le besoin d'essais complémentaires.

Pour chaque essai initial d'une formule de béton, on doit réaliser au moins trois gâchées et à partir de chacune d'entre elles confectionner et soumettre à essais trois éprouvettes. Lorsqu'un essai initial porte sur une famille de bétons, le nombre de formules à échantillonner doit couvrir la gamme des compositions de la famille. Dans ce cas, le nombre de gâchées par formule peut être ramené à un.

La résistance pour une gâchée ou une charge doit être la moyenne des résultats d'essais. Le résultat de l'essai initial sur le béton est la résistance moyenne des gâchées ou charges.

Le laps de temps qui s'écoule entre le malaxage et l'essai de consistance doit être enregistré avec les résultats.

Un nombre d'essais significativement plus élevé est nécessaire pour prescrire la composition d'un béton à composition prescrite dans une norme de façon à prendre en compte tous les constituants autorisés, dont l'utilisation est prévue à l'échelon national. Les résultats des essais initiaux doivent être consignés auprès de l'organisme de normalisation responsable.

A.5 critères d'adoption des essais initiaux

Pour évaluer les propriétés du béton, en particulier celles du béton frais, les différences entre le type de malaxeur et les conditions de malaxage utilisé pour l'essai initial et ceux utilisés pour la production doivent être prises en compte.

La résistance à la compression du béton ayant la composition choisie pour le cas réel doit être supérieure aux valeurs f_{ck} du Tableau 7 ou du Tableau 8 de la présente norme, avec une certaine marge. Cette marge doit correspondre au moins à celle nécessaire à la satisfaction des critères de conformité stipulés en 8.2.1. Il convient que la marge soit d'environ du double de l'écart type attendu, soit au moins de 6 N/mm² en fonction des installations de production, des constituants et des informations recueillies relatives à la variation.

Le critère d'adoption des essais initiaux du béton à composition prescrite dans une norme est le suivant :

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 12$$

La consistance du béton doit se situer dans les limites de la classe de consistance au moment où le béton est susceptible d'être mis en place, ou, s'agissant de béton prêt à l'emploi, d'être livré.

NM 10.1.008-2007

Pour les autres propriétés spécifiées, le béton doit satisfaire à la conformité aux valeurs spécifiées avec une marge appropriée.

Annexe B (normative) Essais de contrôle à la livraison

Le contrôle à la livraison s'applique à tous les bétons objet de la présente norme NM 10.1.008

Ces essais ont pour but de contrôler la conformité du béton d'un lot aux définitions, aux spécifications et aux prescriptions complémentaires éventuelles du béton concerné. Ils sont exécutés à l'initiative de l'utilisateur et sont contradictoires, le producteur étant tenu informé de tout contrôle pour qu'il puisse assister, s'il le désire, aux prélèvements, aux essais sur béton frais et à la confection d'éprouvettes, qui sont effectués par un laboratoire habilité, conformément aux normes en vigueur et selon les indications complémentaires du CPC Travaux de béton armé.

B - 1 : Plan d'échantillonnage

Lorsque l'on procède à des essais de contrôle à la livraison, le volume particulier de béton, appelé lot, doit être défini, par exemple :

- une gâchée ou une charge;
- le béton fourni pour chaque étage d'un bâtiment ou d'un ensemble de poutres/dalles ou de poteaux/murs d'un étage d'un bâtiment ou des parties comparables d'autres structures ;
- le béton livré sur un chantier pendant une semaine,

Le nombre d'échantillons à prélever sur un volume particulier de béton doit être défini. Chaque lot fait l'objet d'un ou plusieurs prélèvements. Chaque prélèvement comprend au moins six éprouvettes.

Les échantillons doivent être prélevés sur différentes gâchées ou charges conformément à NM10.1.160.

Fréquences minimales de prélèvement

Catégorie de chantier	Béton à propriétés spécifiées	Béton à composition prescrite (béton de chantier ou BPE)
Ouvrages courants	Prélèvement en début de chantier puis tous les 200 m³ avec un minimum d'1 prélèvement/ semaine	Prélèvement en début de chantier puis tous les 100 m³ avec un minimum d'1 prélèvement/ semaine (*)
Ouvrages particuliers PA, PB, PC	Mesure selon documents particuliers du marché	Mesure selon documents particuliers du marché

(*) Dans le cas d'utilisation d'un entraîneur d'air, la mesure de consistance est complétée par un essai normalisé de vérification de la teneur en air

Projet PA

Chantier de petite importance respectant les conditions suivantes :

- construction comportant au plus deux étages sur rez-de-chaussée et un sous-sol,
- construction ne comportant que des éléments courants de portée limitée, sans porte-à-faux important, et sans poteau élancé.

Cette catégorie concerne en particulier les maisons individuelles isolées, jumelées, en faible nombre.

Projet PB

Chantier de moyenne importance ne comportant que des éléments de dimension courante et normalement sollicités.

Cette catégorie concerne en particulier les bâtiments d'au plus 16 niveaux, un ensemble pavillonnaire important ou une construction industrielle courante .

La quantité de béton mise en oeuvre n'y excède pas 5 000 mètres cubes.

Projet PC

Chantier de grande importance ne comportant que des éléments de dimensions courantes et normalement sollicités.

Cette catégorie concerne en particulier les immeubles de plus de 16 niveaux, les entrepôts industriels à fortes charges ou les complexes sportifs de grandes dimensions.

B - 2 : Contrôle de la consistance

L'essai de consistance est effectué sur le lieu de déchargement du béton et interprété conformément à l'article 5.4.1 de la norme NM 10.1.008. Il est réalisé pendant la période conventionnelle de déchargement du béton sur le chantier (voir 5.2.2).

B - 3 : Contrôle de la résistance

La confection des éprouvettes de contrôle est terminée au plus tard 40 min après l'arrivée du camion au chantier. Il est admis que les éprouvettes de béton soient conservées avant démoulage à l'abri des intempéries, dans un local dont la température est comprise entre 15 et 30°C. Dans les trois heures suivant le démoulage, qui est réalisé avant 48 h (hors jours non ouvrés), les éprouvettes sont placées en atmosphère normalisée.

La résistance à la compression des éprouvettes doit être déterminée conformément à la NM10.1.051. Les résultats d'essais doivent être issus de la moyenne de 3 ou plusieurs éprouvettes réalisées à partir d'un même échantillon pour être essayées au même âge.

Lorsque l'étendue des résultats d'essai, obtenus sur au moins deux éprouvettes confectionnées à partir d'un même échantillon, est supérieure à 15 % de la moyenne, ces résultats d'essais ne doivent pas être pris en considération, sauf si un examen plus approfondi permet de trouver une raison valable de ne pas tenir compte d'une des valeurs individuelle d'essai.

Sauf dispositions contraires figurant aux pièces écrites du marché de travaux d'ouvrage, le critère d'acceptation du béton est défini par le tableau suivant :

Nombre de prélèvements pour un lot de béton	Résultat individuel d'essai fci en MPa	Moyenne résultats bruts fcm en MPa
n = 2	$fci \geq fck - 4,0$	$fcm \geq fck - 1,0$
n = 3	$fci \geq fck - 4,0$	$fcm \geq fck + 1,0$
n = 4	$fci \geq fck - 4,0$	$fcm \geq fck + 2,0$
n = 5	$fci \geq fck - 4,0$	$fcm \geq fck + 2,5$
n = 6	$fci \geq fck - 4,0$	$fcm \geq fck + 3,0$
n = 9	$fci \geq fck - 4,0$	$fcm \geq fck + 3,0$
n = 12	$fci \geq fck - 4,0$	$fcm \geq fck + 3,0$
n ≥ 15	$fci \geq fck - 4,0$	$fcm \geq fck + 1,12 \sigma$

Annexe C (normative) Limites de composition du béton

Cette annexe fournit des recommandations pour le choix des exigences relatives à la composition et aux propriétés du béton en fonction de la classe d'exposition selon 5.3.2.

Les valeurs du Tableau C.1 sont fondées sur l'hypothèse d'une durée de vie de la structure prévue de 50 ans.

Les valeurs du Tableau C.1 s'appliquent à tous les ciments de classe supérieure ou égale à 45 conforme à la norme NM 10.1.004,

Les valeurs limites spécifiées du rapport eau/ciment maximal et la teneur minimale en ciment s'appliquent dans tous les cas, tandis que les exigences supplémentaires relatives à la classe de résistance du béton peuvent être spécifiées en complément.

Valeurs limites pour la composition et les propriétés du béton en fonction de la classe d'exposition

Classes d'exposition																			
	Aucun risque de corrosion ou d'attaque	Corrosion induite par carbonatation		Corrosion induite par les chlorures			Attaque gel / dégel		Environ. chimiquement agressifs										
		XCA1	XCA2	Eau de mer	Chlorures autres que l'eau de mer	XG1	XG2	XA1	XA2	XA3									
	X0																		
Rapport Eef / C maximal	—	0,65	0,60	0,50	0,45	0,55	0,45	0,55	0,45	0,55	0,50	0,45							
Classe de résistance minimale	—	B20	B25	B30	B35	B30	B30	B25	B30	B30	B35	B40							
Teneur mini en ciment (kg/m ³)	200	290	310	340	350	340	330	320	340	325	350	385							
T min en air (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—							
Nature ciment	—	—	—	—	PM	—	—	—	a)	b)	b)	b)							

a) En cas d'utilisation de sels de déverglacage dont la teneur en sulfate soluble est supérieure ou égale à 3 %, utiliser un ciment PM ou un ciment ES

b) Lorsque la classe d'agressivité résulte de la présence de sulfates, pour la classe XA1, utiliser un ciment PM et pour les classes XA2 et XA3, utiliser un ciment ES

Annexe D (informative) dispositions supplémentaires relatives aux bétons à haute résistance

La présente annexe formule quelques recommandations applicables aux dispositions relatives au contrôle de conformité s'ajoutant à celles données aux Tableaux 22, 23 et 24 pour la production de béton à haute résistance.

Tableau D.1 – Contrôle des matériaux constituants

	Matériau constituants	Contrôle/Essai	Objectif	Fréquence minimale
4	Granulats	Essai par tamisage conformément à NM 10.1.269 ou informations du fournisseur concernant les granulats.	Vérifier la conformité avec la granularité convenue.	A chaque livraison, s'il ne sont pas livrés en faisant l'objet de tolérances restreintes et en bénéficiant d'une certification du contrôle de production.
9a	Adjudants	Détermination de l'extrait sec.	Pour comparaison avec la valeur déclarée de la fiche technique.	Première livraison sauf si les résultats d'essais sont donnés par le fournisseur.
9b		Mesure de la masse volumique.	Comparer avec la masse volumique nominale.	A chaque livraison.
11	Ajout en vrac	Mesure de la perte au feu.	Pour identifier les changements de teneur en carbone avec effet sur les propriétés du béton frais.	A chaque livraison sauf si les résultats d'essais sont donnés par le fournisseur.
<i>a) Il est recommandé de prélever et de conserver des échantillons sur chaque livraison.</i>				

Tableau D.2 contrôle de l'équipement

	Equipement	Contrôle/Essai	Objectif	Fréquence minimale
1	Stockage au sol, trémies, etc.	Examen visuel	S'assurer de la conformité aux exigences	Quotidiennement.
3a	Matériel de pesage	Vérification de la précision de pesage	Confirmation hebdomadaire, en un seul point	Chaque semaine.
5	Distribution d'adjudants (y compris ceux montés sur les malaxeurs portés)	Contrôle de la pression	Pour réaliser des dosages précis.	Au moment de l'installation. Chaque semaine après l'installation.. En cas de doute.
6a	Compteur d'eau	Comparaison de la quantité réelle avec la valeur affichée au	Vérifier la précision conformément à 9.7	Au moment de l'installation. Chaque semaine

		compteur		après l'installation.. En cas de doute
7	Equipement de mesure en continu de la teneur en eau des granulats	Comparaison de la teneur réelle avec la valeur affichée	Vérifier la précision	Au moment de l'installation. Chaque semaine après l'installation. En cas de doute
9	Système de dosage	Comparaison (par une méthode appropriée selon le système de dosage utilisé) de la valeur mesurée sur les constituants de la gâchée avec la valeur cible, et dans le cas d'un enregistrement automatique, également avec la valeur enregistrée.	Vérifier les tolérances de dosage conformément au Tableau 21	Au moment de la première installation. En cas de doute lors des installations suivantes. Chaque mois après l'installation.

Tableau D.3 contrôle des procédures de production et des propriétés du béton

	Type d'essai	Contrôle/Essai	objectif	Fréquence minimale
3	Teneur en eau des gravillons	Essai de séchage ou équivalent	Pour déterminer la masse des granulats et la quantité d'eau à apporter	Quotidiennement. Des essais plus ou moins fréquents peuvent être requis en fonction des conditions locales et atmosphériques.
4	Eau ajoutée du béton frais	Enregistrement de la quantité d'eau ajoutée	Pour fournir des données pour le rapport eau/ciment	Chaque gâchée
9	Teneur en ciment du béton frais	Enregistrer a) la quantité de ciment ajoutée	Vérifier la teneur en ciment et pour pouvoir calculer le rapport eau/ciment	Chaque gâchée.
10	Teneur en additions du béton frais	Noter a) la quantité des ajouts ajoutés	Vérifier la teneur en ajouts	Chaque gâchée.
a) <i>Pour les bétons à haute résistance un enregistrement automatique des pesées est recommandé.</i>				

Annexe E (informative) méthode de formulation basée sur les performances pour le respect de la durabilité

E.1 introduction

La présente annexe présente brièvement les concepts et les principes applicables pour une méthode de formulation fondée sur la performance dans le respect de la durabilité telle que présentée en 5.3.3

E.2 définition

Cette variante considère quantitativement chacun des mécanismes de détérioration, la durée de vie de l'élément ou de la structure, et les critères qui définissent la fin de cette durée de vie.

Cette méthode peut se baser sur une expérience satisfaisante avec des pratiques locales dans des environnements locaux, sur des données recueillies à partir d'une méthode d'essai de performance établie pour le mécanisme étudié, ou sur l'utilisation de modèles prédictifs éprouvés.

E.3 applications et recommandations générales

- a) Certaines actions agressives sont mieux traitées par une approche prescriptive, par exemple : réaction alcali-silice, attaque des sulfates, ou abrasion ;
- b) d'autres méthodes s'appliquent plus particulièrement à la résistance à la corrosion, et dans certains cas, également à la résistance au gel/dégel. Cette approche peut s'avérer appropriée dans les cas où :
 - une durée de vie en dehors de la plage normale de 50 ans est requise ;
 - la structure est qualifiée de " particulière " ce qui implique une probabilité de défaillance plus faible ;
 - les modes d'actions de l'environnement sont particulièrement agressifs, ou sont bien définis ;
 - une qualité d'exécution de haut niveau est prévue ;
 - introduction d'une stratégie de maintenance et de gestion, avec éventuellement calendrier de rénovation ;
 - des groupes significatifs de structures ou d'éléments similaires, doivent être construits ;
 - des matériaux constituants nouveaux ou différents doivent être utilisés ;
 - la méthode normalisée a été utilisée selon 5.3.2 pour la conception, mais un défaut de conformité a été observé ;
- c) dans la pratique, le niveau de durabilité obtenu dépend de la combinaison de la conception, des matériaux et de l'exécution ;
- d) la sensibilité du concept théorique, le système structurel, la forme des éléments et les descriptions structurelles et architecturales sont autant de paramètres de calcul significatifs ;
- e) la compatibilité des matériaux et la méthode de construction, la qualité de l'exécution et les niveaux de contrôle et d'assurance qualité, sont des paramètres de construction significatifs ;
- f) la performance requise vis-à-vis de la durabilité dépend de la durée de vie exigée, des utilisations futures possibles de la structure, des mesures de protection particulières, de la maintenance prévue en service, et des conséquences de défaillances, dans l'environnement local ;
- g) pour tout niveau de performance requis, il est possible que des solutions alternatives équivalentes découlent des différentes combinaisons des calculs, des matériaux et de l'exécution ;
- h) le niveau de connaissance du microclimat local et ambiant est important lors de la détermination de la fiabilité des méthodes de conception liées aux performances.

E.4 méthode de formulation basée sur les performances pour le respect de la durabilité

L'application des variantes énumérées ci-dessous passe par la définition préalable des facteurs suivants :

- le type et la forme de la structure ;
- les conditions environnementales locales ;
- le niveau d'exécution ;
- la durée de vie requise.

Quelques hypothèses et appréciations seront généralement nécessaires pour ramener la méthode choisie à un niveau pragmatique et pratique.

Les méthodes qui peuvent être utilisées sont les suivantes :

- a) affinement de la méthode selon 5.3.2 , reposant sur une expérience à long terme des pratiques et des matériaux locaux, et sur une connaissance détaillée de l'environnement local ;
- b) méthodes basées sur des essais approuvés et vérifiés représentatifs des conditions réelles, et contenant des critères de performance approuvés ;
- c) méthodes basées sur des modèles analytiques étalonnés par rapport à des résultats d'essais représentatifs des conditions réelles rencontrées dans la pratique.

Il convient que la composition du béton et les matériaux constituants soient très exactement définis pour permettre le maintien du niveau de performance.

Annexe F : (informative) familles de béton

F.1 généralités

La présente annexe fournit des détails sur l'utilisation des familles de bétons comme indiqué en 8.2.1.1 .

F.2 sélection de la famille de béton

Lors de la sélection d'une famille pour le contrôle de production et de conformité, le producteur doit réaliser le contrôle sur tous les membres de la famille. Lorsque l'expérience d'utilisation du concept de famille de béton est limitée, les dispositions suivantes sont recommandées :

- ciment d'un seul type, d'une seule classe de résistance et d'une seule origine ;
- granulats similaires de façon démontrable et additions de type I ;
- bétons sans ou avec adjuvant réducteur d'eau/plastifiant ;
- toute la gamme des classes de consistance ;
- bétons avec un domaine limité de classes de résistance.

Il convient que les bétons contenant des adjuvants pouvant avoir un impact sur la résistance en compression, par exemple : haut réducteur d'eau, retardateur ou entraîneur d'air, soient traités isolément ou en familles séparées.

Pour démontrer que des granulats sont similaires, il convient qu'ils soient de la même origine géologique, du même type, par exemple : concassé, et qu'ils aient des performances similaires dans le béton.

Avant d'utiliser le concept de famille ou d'étendre les familles données ci dessus, il convient que les relations soient testées sur les données de production antérieures pour prouver qu'elles donnent un contrôle de production et de conformité adéquat et efficace.

F.3 arbre de décision pour l'évaluation d'un membre et la conformité d'une famille de béton

