

Programme d'Assurance Qualité (PAQ) pour les bétons des ouvrages d'art – Canton du Valais

Guide d'utilisation – Version abrégée

Table des matières

1 OBJECTIFS	2
2 VERSION	2
3 SPÉCIFICATION DU BÉTON À PROPRIÉTÉS SPÉCIFIÉS	2
4 PHASE D'EXÉCUTION.....	6
4.1 <i>Essais initiaux</i>	6
4.2 <i>Essais de convenance</i>	7
4.3 <i>Contrôles de béton frais et durci : fréquences, valeurs limites et tolérances</i>	7
4.4 <i>Procédure lors des contrôles de béton frais</i>	7
4.5 <i>Contrôles sur béton durci</i>	8
5 RECEPTION DE L'OUVRAGE	12
5.1 <i>Contrôle de l'enrobage des armatures</i>	12
5.2 <i>Traitement des non-conformités</i>	12

Tableaux

Tableau no 2 : Spécifications des trois types de bétons

Tableau no 3 : Les essais initiaux, les essais pendant et après la phase de construction, les critères d'évaluation et les tolérances ainsi que des mesures en cas de non-conformités

Tableau no 4 : Les responsabilités et compétences des intervenants dans les processus du système qualité.

Version 3.0, novembre 2016

1 Objectifs

Le PAQ a été élaboré sur la base des normes SN EN 206:2013, SIA 262:2013, SIA 262/1:2013 et SIA 118/262:2004. Il fait partie des documents de soumission et de contrat.

Remarque : Dans ce qui suit, on entend par norme SN EN 206 toujours la norme SN EN 206:2013.

Le système qualité poursuit essentiellement les buts suivants :

- **par des spécifications du béton adéquates** : créer des conditions permettant d'obtenir une durabilité du béton suffisante
- **par des contrôles de qualité** : assurer une qualité constante et satisfaisante du béton ; assurer que les bétons ne remplissant pas les exigences ne soient pas mis en oeuvre sur le chantier.
- **par la définition des critères d'évaluation de la qualité du béton** : assurer que des mesures adéquates soient prises en cas de non-conformités. Les critères d'évaluation ont été chiffrés avec des tolérances définies au préalable et en fonction des conséquences d'éventuelles non-conformités. Le classement de l'importance d'une non-conformité conduit à la définition des mesures à prendre.

A la réception de l'ouvrage, son application se limite aux cas de non-conformités constatées par les contrôles pendant la phase d'exécution (définition du défaut selon la norme SIA 260).

2 Version

Le présent guide est une **version abrégée** du PAQ, destinée à l'usage des entrepreneurs et des centrales à béton. La numérotation des tableaux de la version complète a été conservée afin d'éviter des malentendus lors des discussions entre les différents intervenants (projeteurs, entrepreneurs, centrales à béton).

3 Spécification des bétons à propriétés spécifiées

La spécification du béton à propriétés spécifiées se fait selon les chapitres 6.1 et 6.2 de la norme SN EN 206, respectivement les chapitres 2.4 et 3.1 de la norme SIA 262.

Les différentes classes d'exposition prévues par la norme SN EN 206 sont regroupées en **trois classes de qualité de béton**. Les trois types de béton sont décrits dans le **tableau no 2** de ce document.

Exigences de base :

La définition des classes d'exposition est accompagnée d'un certain nombre d'**exigences de base** qui sont données dans le **tableau no 2** de ce document. Celles-ci seront, si nécessaire, modifiées et adaptées à l'élément d'ouvrage en question (voir chap. 6.2.2 et 11 de la norme SN EN 206 ou chap. 3.1.1.2 de la norme SIA 262) :

- **classe de résistance à la compression** (tab. 12 de la norme SN EN 206)
- **granulométrie maximale** (norme SN EN 12620) : normalement 0/32mm, voir aussi tab. NA.5 et NA.7 de l'annexe nationale de la norme SN EN 206
- **teneur maximale en chlorures** (tab. NA.4 de l'annexe nationale de la norme SN EN 206) : on a retenu la classe CL 0.10
- **classe de consistance** (tab. 3 à 6 de la norme SN EN 206) : normalement C2 pour béton de grue et C3 pour béton pompé

Selon la norme SN EN 206, annexe nationale, tab. NA.6, un certain nombre de **performances** découle de la définition des classes d'exposition et des exigences de base, comme :

- la résistance à la compression
- la perméabilité à l'eau
- la résistance au gel avec sel
- la résistance aux chlorures
- la résistance à la carbonatation

La norme SIA 262/1 décrit les méthodes de mesures de ces propriétés. D'autres méthodes traditionnellement utilisées, comme la mesure de la profondeur de pénétration d'eau sous pression (EN 12390-8) ou la méthode TFB rapide de résistance au gel/sel sont également applicables. L'essai BE I / BE II (résistance au gel/sel selon la norme SN 640 464) peut être utilisé, mais seulement pour les bétons avec air entraîné.

Les exigences quant au **rapport E/C** maximal admis par la norme (tab. NA.6 de l'annexe nationale de la norme SN EN 206) sont définies selon la norme SN EN 206, à savoir (chap. 3.1.3.16) :

« rapport en masse de la teneur en eau efficace sur la teneur en ciment dans le béton frais ».

Le dosage en ciment minimal indiqué dans la norme SN EN 206 (tab. NA.6) ne prend pas en compte les additions. Lorsque le ciment est remplacé par des additions, telles que cendres volantes, fumée de silice, laitier ou Hydrolith F200, les règles de prise en compte pour

- le calcul du facteur $e/(ciment + k \times addition)$
- l'exigence relative au dosage minimal en ciment

sont définies dans les chapitres 5.2.5.2.1 à 5.2.5.2.5 (concept du coefficient k) de l'annexe nationale de la norme SN EN 206.

Exigences complémentaires:

Dans certains cas, des **exigences complémentaires** selon la norme SN EN 206, chap. 6.2.3, resp. SIA 262, chap. 3.1.1.2.2 sont indiquées par le projeteur. Pour certaines, des compléments d'informations (définition des exigences, essais et critères d'évaluation, etc...) seront définis de cas en cas. Ceci concerne p.ex.

- la température du béton frais
- la montée en résistance
- l'évolution de la température pendant l'hydratation
- le retardement de la prise
- la résistance à la pénétration de l'eau
- la résistance à la réaction alcali-granulats (résistance à la RAG)
- la résistance aux sulfates
- faible retrait du béton
- module d'élasticité

D'autres bétons peuvent être utilisés, notamment :

- béton projeté
- béton autoplaçant
- béton de recyclage
- béton apparent

Béton de remplissage :

Pour certains éléments d'ouvrage qui n'exigent pas une qualité particulière de béton, il est possible de prescrire un béton correspondant à la classe d'exposition X0. Ce type de béton doit contenir au moins 280 kg de ciment /m³ de béton et avoir un rapport E/C maximal de 0.65. Il n'y a pas de limitation quant au type de ciment utilisé.

Conditions de mise en œuvre:

La planification des travaux doit tenir compte d'éventuels travaux de **bétonnage à des températures élevées ou en hiver**. Le bétonnage à des températures d'air inférieures à 5°C n'est pas prévu mais toléré sous certaines conditions (norme SIA 262, chap. 6.4.5.4 à 6.4.5.7). Les exigences particulières quant aux propriétés du béton frais et des mesures à prendre pour protéger le béton dès sa mise en place doivent être définies au préalable et acceptées par le maître d'œuvre (voir aussi norme SIA 262, chap. 6.4.5 et 6.4.6). L'entrepreneur doit indiquer dans son offre les mesures qu'il envisage d'entreprendre. Celles-ci comportent p.ex. les conditions de mise en place et de cure, les adjuvants, le conditionnement des agrégats, etc...

Les conditions de cure seront à définir en fonction des conditions climatiques, de l'élément d'ouvrage, des propriétés du béton (voir également la norme SN EN 206 chap. 7.2, tab. no 16 et SIA 262, chap. 6.4.6). Les prestations conformes aux règles de l'art et qui sont comprises dans les prix unitaires sont définies dans les normes SIA 262 et SIA 118/262. Des conseils supplémentaires concernant la cure du béton se trouvent p.ex. dans le Bulletin TFB No. 2 de juillet 2013.

Enrobage des armatures :

L'épaisseur de l'enrobage des armatures sera définie par le projeteur. Le projeteur définit au préalable les procédures de contrôles représentatives pour chaque élément d'ouvrage.

Les exigences concernant l'enrobage et les méthodes de contrôle, ainsi que les mesures à prendre en cas de non-conformité font partie des documents de soumission et du contrat.

Tableau no 2 : Spécifications des trois types de bétons

Types de béton	TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3
Correspondances avec les sortes de béton de la SN EN 206:2013	Sorte C	Sorte D (T1) ¹⁾	Sorte G (T4) ²⁾
Classe de résistance à la compression	C30/37	C25/30	C30/37
Classes d'exposition	XC4(CH) XF1(CH)	XC4(CH) XD1(CH) XF2(CH)	XC4(CH) XD3(CH) XF4(CH)
Dimension maximale nominale du granulat	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32
Classe de teneur en chlorures ³⁾	Cl 0.10	Cl 0.10	Cl 0.10
Classe de consistance ⁴⁾	C3	C3	C3
Perméabilité à l'eau ⁵⁾	1 bar	1 bar	1 bar
Résistance aux chlorures			D _{Cl} ≤ 10 · 10 ⁻¹² m ² /s
Résistance gel/sel		m ≤ 1200 g/m ²	m ≤ 600 g/m ²
Qualité du granulat ⁶⁾	grains non gélifs ≤ 5%	grains non gélifs ≤ 5%	grains non gélifs ≤ 5%

Exigences sur la composition du béton

Rapport E/C maximal	0.50	0.50 ⁷⁾	0.45
Dosage minimal en ciment, kg/m ³	300	300 ⁷⁾	320
Types de ciment admis	XC4/XF1	XF2 ⁸⁾	XF4 ⁸⁾
Teneur en air maximale, vol.-%		5.0 % ⁹⁾	5.0 % ⁹⁾

- 1) Le béton type 2 (sorte D) couvre aussi les exigences des classes d'exposition XF3(CH) et XD2a(CH) (teneur en chlorures ≤ 0.5 g/l, désigné comme « eau douce »).
- 2) Le béton type 3 (sorte G) couvre aussi les exigences de la classe d'exposition XD2b(CH) (teneur en chlorures > 0.5 g/l, désigné comme « eau salée »).
- 3) La classe de teneur en chlorures indiquée convient au béton armé et au béton précontraint.
- 4) Une classe normale a été indiquée à titre d'exemple (consistance : C2 pour béton de grue, C3 pour béton pompé). Celle-ci est à contrôler à chaque fois et le cas échéant à changer. L'entrepreneur adjudicataire est responsable de garantir la consistance exigée au moment et sur le lieu de mise en place.
- 5) Pour le béton étanche à l'eau, il faut se référer au chap. 8.2.3.5 de l'annexe nationale de la norme SN EN 206.
- 6) Selon la norme SN EN 12620 (chap. 5.1.3 de la SN EN 206).
- 7) Le dosage minimal en ciment est valable sans prise en compte des additions.
- 8) Le cas échéant, il est nécessaire de définir par un spécialiste une classe d'exposition avec attaques chimiques. Il en résulte des exigences particulières quant à la composition (ciment, additions, granulats) et les performances du béton (p.ex. perméabilité à l'eau, résistance aux sulfates, etc ...).
- 9) Sur demande, le producteur de béton doit communiquer la valeur minimale de la teneur en air à l'utilisateur du béton.

4 Phase d'exécution

4.1 Essais initiaux

Sur la base des spécifications du béton, la centrale à béton devra proposer un béton remplissant les exigences définies dans le **tableau no 2, resp. no 3** de ce document. L'approbation de la sorte de béton par le maître d'œuvre se base sur **les résultats des essais initiaux et/ou des contrôles de production selon la norme SN EN 206**. Si les essais initiaux répondent aux exigences, la sorte de béton sera approuvée. **Tout en laissant aux producteurs la liberté dans la formulation exacte du béton livré (en respectant l'annexe nationale de la norme SN EN 206) – et donc la réserve qu'ils ont pour remplir les exigences -, ils s'engageront à fournir la formulation choisie et approuvée suite aux essais initiaux (respectivement au contrôle de conformité de la production).**

Tout changement dans la formulation au niveau de la sorte, provenance et dosage du ciment, du granulat et d'éventuelles additions, ainsi que du dosage de l'eau de gâchage implique que le producteur prouve, au moyen de résultats d'essais initiaux, que les exigences de qualité soient toujours remplies (concernant le concept des familles de béton, voir également l'annexe K de la norme SN EN 206 et les chap. 8.2.3.4.10 à 8.2.3.4.13 de l'annexe nationale).

Les essais initiaux servent également à définir les caractéristiques du béton frais, comme par ex. la valeur cible de la consistance et la densité du béton frais. Les essais initiaux doivent être faits à une température définie et documentée. Il faut tenir compte des différences entre le type de malaxeur et les conditions de malaxage pour l'essai initial et ceux utilisés pour la production. L'évaluation de l'évolution de la résistance à la compression doit tenir compte de l'influence d'une différence de température entre les essais initiaux et les conditions climatiques du chantier.

Le projeteur doit spécifier une classe de consistance, de même que l'entrepreneur indiquera à la centrale le mode de mise en place du béton (pompé, mis en place à la grue, etc.). Dans le cadre des essais initiaux, **l'entrepreneur doit convenir avec la centrale à béton d'une valeur cible de consistance à l'intérieur de la classe prescrite** (consistance au moment de la livraison : surtout en montagne, il faut tenir compte des différences de température entre centrale à béton et chantier, ainsi que des durées et types de transport) **et de la méthode de mesure (voir norme SN EN 206, chap. 5.4.1 et 8.2.3.3 / tab. 21)**. La dispersion sur cette valeur cible lors des essais initiaux doit être plus petite ou tout au plus aussi grande que les tolérances admises sur le chantier. **La valeur cible de la consistance, définie sur la base des essais initiaux, doit être approuvée par le projeteur.**

La définition de la valeur cible de la consistance est importante, car sur le chantier les essais sur bétons frais doivent être tels qu'ils n'entraînent pas de retard dans le programme des travaux tout en permettant une évaluation correcte de la qualité du béton livré.

Ainsi la première approbation d'une livraison pour la mise en œuvre du béton se base sur les paramètres de béton frais indiqués dans le **tableau no 3** de ce document. (le rapport E/C, par ex., ne sera contrôlé que par la suite).

Sur le chantier on mesurera pour le contrôle du rapport E/C la teneur en eau totale, ce qui ne correspond pas au rapport E/C maximal exigé par la norme (ce rapport E/C se base sur la teneur en eau efficace). **La méthode de calcul du rapport E/C doit être impérativement définie au préalable et fait partie des documents contractuels.** Dans le cadre des essais initiaux, il faut définir avec la centrale à béton la tolérance sur le facteur E_{tot}/C , afin de pouvoir respecter une tolérance de 0.02 sur la valeur limite spécifiée du rapport E_{eff}/C . En l'absence d'information préalable concernant la valeur de l'absorption d'eau du granulat pour le calcul du rapport E_{eff}/C de la part de la centrale à béton, cette valeur sera considérée égale à zéro.

4.2 Essais de convenance

Si nécessaire, des essais de convenance sont à effectuer. Ceci peut par exemple être le cas, lorsqu'on veut tester les performances du béton dans l'ouvrage, p.ex. l'ouvrabilité d'un béton à prise fortement retardée, la qualité de la surface d'un béton apparent, etc... Ces essais de bétonnage se feront de préférence au début du chantier et sur des éléments d'ouvrage de moindre importance. La procédure d'évaluation et d'approbation sera la même que pour les essais initiaux.

Au cas où des essais de bétonnage sont nécessaires afin de pouvoir spécifier le béton (p.ex. pour un béton apparent), les essais se font en collaboration avec la centrale à béton, à la charge du maître d'œuvre. Ils peuvent servir de modèles de référence lors de la réception de l'ouvrage et font partie des éléments de soumission.

4.3 Contrôles de béton frais et durci : fréquences, valeurs limites et tolérances

Le béton, de formulation approuvée, livré sur le chantier, sera contrôlé régulièrement par l'entrepreneur et de manière sporadique par le maître d'ouvrage selon le programme de contrôle du projeteur et le plan d'essais de l'entrepreneur.

Le contenu des contrôles de béton frais et durci est indiqué dans le **tableau no 3** de ce document.

La fréquence des contrôles de béton frais et durci doit être définie par le projeteur dans le cadre du programme des contrôles en fonction de l'importance de l'ouvrage et de l'élément d'ouvrage. Le plan d'essais de l'entrepreneur reprend ces indications et décrit les essais en fonction de la taille des étapes de bétonnage, de l'avancement prévu des travaux de bétonnage, de la classe de béton et des spécifications particulières ainsi que d'éventuels essais de convenance. ***Le plan d'essais de l'entrepreneur doit être approuvé par le projeteur.*** Le maître d'œuvre procédera également à des contrôles ponctuels sur béton frais et durci, selon le programme de contrôle.

4.4 Procédure lors des contrôles de béton frais

La norme SN EN 206 (chap. 7) prévoit que chaque livraison de béton soit réceptionnée et contrôlée visuellement ainsi qu'au moyen du bulletin de livraison. Il convient d'exiger les protocoles de production par un accord entre la centrale à béton et l'entrepreneur.

Une livraison de béton dont le bulletin de livraison ne correspond pas au type de béton approuvé par le maître d'œuvre et commandé (soit au niveau de la composition, soit au niveau des caractéristiques de béton frais), sera renvoyée.

L'entrepreneur procédera ensuite à la mesure de la température et de la consistance du béton. ***Le béton ne sera pas accepté en cas de non-conformité de sa température ou de sa consistance, il sera renvoyé.***

Si les résultats sont conformes aux valeurs définies lors des essais initiaux, la livraison sera libérée pour la mise en oeuvre, tandis que la densité et le rapport E_{tot}/C (resp. E_{eff}/C) seront contrôlés.

Si le rapport E_{eff}/C n'est pas conforme et dépasse la valeur limite supérieure, même si la livraison a été approuvée auparavant, le bétonnage sera arrêté et le matériel restant renvoyé. Le béton déjà mis en oeuvre sera enlevé aussitôt dans la mesure du possible.

Si le rapport E_{eff}/C se situe sous la valeur limite inférieure (malgré une consistance satisfaisante), on en recherchera les causes (protocoles de charges).

Dans tous les cas, on fabrique des cubes du chargement non-conforme, afin de contrôler la qualité du béton durci.

Les résultats des contrôles de béton frais de l'entrepreneur devront être à chaque fois remis au maître d'oeuvre.

4.5 Contrôles sur béton durci

Selon le plan d'essai du béton,

- une série de cubes sera fabriquée, lors des contrôles de béton frais, pour les essais sur béton durci selon la norme SN EN 12390-3.
- ou des carottes seront prélevées sur l'élément d'ouvrage selon la norme SN EN 12504-1.

Le nombre de cubes et de carottes est fonction du nombre et des types d'essais nécessaires pour contrôler les exigences de base et les exigences complémentaires des propriétés du béton.

Les essais sur béton durci sont effectués par l'entrepreneur. **Les résultats des essais sur béton durci seront contrôlés par le maître d'oeuvre et évalués selon les valeurs limites et les tolérances indiquées dans le tableau no 3 de ce document.**

Tableau no 3 : Essais : Procédures, fréquences, valeurs limites et tolérances, mesures en cas de non-conformité

Contrôles	Essais initiaux			Essais pendant le chantier		Mesures en cas de non-conformités
	Procédures d'essais	Exigences	Tolérances	Essais sur béton frais : tolérances	Fréquence/ nombre d'essais/ prélèvement	
Livraison		SN EN 206 plus autres indications convenues entre entrepreneur et centrale à béton		Contrôle du bulletin de livraison : les indications doivent correspondre à la sorte de béton approuvée	Chaque livraison	Renvoi
Température du béton	Thermomètre avec une précision de lecture de 1°C, calibration bisannuelle	> 5°C° et < 30°C		> 5°C° et < 30°C valeurs limites absolues, à défaut d'autres limites spécifiées, voir chap. 6.4.5.5 de la norme SIA 262	Selon le plan d'essai établi entre le projeteur et l'entreprise (chap. 4.3), par exemple :	Renvoi
Consistance (à la livraison)	SN EN 12350-2 à 12350-5 et SN EN 206, chap. 5.4.1	La classe de consistance étant définie par le projeteur, la valeur cible doit être déterminée et fixée définitivement entre l'entrepreneur et la centrale à béton	≤ celles des contrôles sur chantier du béton frais	<i>Serrage/Walz</i> : 1.25 – 1.11 : ± 0.08 <i>Etalement</i> : ± 30mm	- soit à chaque livraison de béton - soit à chaque étape de bétonnage, inférieure à 100 m ³ (mission d'une demi-journée). - pour des volumes > 100 m ³ , soit tous les 100 à 200 m ³ (journée entière) - soit 1 à 2 fois réparties sur une demi-journée	Renvoi
Densité du béton frais	SN EN 12350-6	A déterminer par la centrale à béton		± 3%	Prélèvement de béton frais selon SN EN 12350-1	Arrêt du bétonnage et renvoi du matériel restant, contrôles sur cube ou sur ouvrage des parties déjà bétonnées. Le béton déjà mis en œuvre sera enlevé aussitôt dans la mesure du possible.
Rapport E/C	SIA 262/1, annexe H	TYPE 1: $E_{eff}/C \leq 0.5$ TYPE 2: $E_{eff}/C \leq 0.5$ TYPE 3: $E_{eff}/C \leq 0.45$	Valeurs limites absolues pour le rapport E/C	≤ 0.02 par rapport à la limite spécifiée du rapport E/C. Les tolérances sur le rapport E_{tot}/C sont à définir lors des essais initiaux		

Tableau no 3, suite 1: Essais : Procédures, fréquences, valeurs limites et tolérances, mesures en cas de non-conformité

Contrôles	Essais initiaux			Essais pendant le chantier		Essais sur ouvrage	Mesures en cas de non-conformités
	Procédures d'essais	Exigences	Tolérances	Fréquence/ nombre d'essais/ prélèvement	Essais sur éprouvettes: tolérances	Essais sur carottes: tolérances	Essais sur des échantillons prélevés dans l'ouvrage
Rés. à la compression précoce	SN EN 12390-2, 12390-3 et 12390-7	$F_{x\text{jours}}$ à déterminer par la centrale à béton	Valeurs limites à ne pas dépasser	A chaque étape de bétonnage (chap. 4.3)	Valeur limite inférieure et supérieure définie par l'ingénieur	Valeur limite inférieure et supérieure définie par l'ingénieur	Vérification sur l'ouvrage de la résistance $f_{28\text{jours}}$, évaluation selon normes en vigueur par l'ingénieur en fonction de l'élément d'ouvrage concerné. 3 cas possibles : - Résistances mécaniques non-conformes, mais suffisantes : moins-value - Résistances mécaniques insuffisantes mais mesures de renforcement possibles - Résistances mécaniques insuffisantes, et mesures de renforcement impossibles ou démesurées: déconstruction et reconstruction
Rés. à la compression 28 jours	SN EN 12390-2, 12390-3 et 12390-7 Vérification sur ouvrage : EN 12504-1	Classe de résistance demandée	SN EN 206 : chap. 8.2.1.3	A chaque étape de bétonnage (chap. 4.3)	SN EN 206, annexe B3	EN 13791	
Gel/sel	Méthode rapide selon TFB, BE I /BE II ¹⁾	\geq résistance haute ou moyenne	Valeur limite à ne pas dépasser	A chaque étape de bétonnage (chap. 4.3)	\geq résistance haute ou moyenne	Essai TFB \geq résistance suffisante	Vérification sur l'ouvrage (essai TFB, âge cf. chap. 2.2.2) : classement de la qualité du béton en suffisante, insuffisante ou mauvaise en fonction des conditions d'exposition. Mesures à prendre : à définir individuellement
	SN EN 206 Tab. NA.14	Δm_{28} : $\leq 600 \text{ g/m}^2$ ou Δm_{28} : $\leq 1200 \text{ g/m}^2$ ($\Delta m_{14} < \Delta m_{28}$)			Δm_{28} : $\leq 1200 \text{ g/m}^2$		
Perméabilité à l'eau	SIA 262/1, annexe A	1 bar Béton étanche à l'eau (chap. 8.2.3.5 SN EN 206)	Valeur limite à ne pas dépasser	A chaque étape de bétonnage (chap. 4.3)	Valeur limite à ne pas dépasser	Valeur limite à ne pas dépasser	Vérification sur l'ouvrage : classement de la qualité du béton en suffisante, insuffisante ou mauvaise en fonction des conditions d'exposition. Mesures à prendre : à définir individuellement ou selon tab. A2

1) Essais BE I / BE II seulement pour béton avec air entraîné.

Tableau no 3, suite 2: Essais : Procédures, fréquences, valeurs limites et tolérances, mesures en cas de non-conformité

Contrôles	Essais initiaux			Essais pendant le chantier		Essais sur ouvrage	Mesures en cas de non-conformités
	Procédures d'essais	Exigences 1)	Tolérance	Fréquence/ nombre d'essais/ prélèvement	Essais sur éprouvettes : tolérances	Essais sur carotte: tolérances	Essais sur des échantillons prélevés dans l'ouvrage
Résistance aux chlorures	SIA 262/1, annexe B	SN EN 206 Tab. no 2	Valeur limite à ne pas dépasser	A chaque étape de bétonnage (chap. 4.3)	SN EN 206 Valeur limite à ne pas dépasser	SN EN 206 Valeur limite à ne pas dépasser	Mesures: à définir individuellement
Résistance aux sulfates	SIA 262/1, annexe D		Valeur limite à ne pas dépasser	Pas d'essais prévus sur cubes ou carottes	Valeur limite à ne pas dépasser	Valeur limite à ne pas dépasser	En cas de non-conformité d'autres paramètres du béton: vérification sur ouvrage et évaluation en fonction de la qualité du béton, de l'exposition, du type d'ouvrage et de la durée de vie par un spécialiste en suffisante, insuffisante et mauvaise . Mesures: à définir individuellement
Enrobage				Programme de contrôle défini pour le projet		5% ²⁾ des mesures avec des épaisseurs insuffisantes ³⁾	Classement de la non-conformité en fonction de la qualité du béton, de l'armature, de l'enrobage exigé, de l'élément d'ouvrage, etc... par un spécialiste.

1) pas de modification de la provenance du granulat, ni de la provenance, de la sorte et du dosage du ciment et d'éventuels additions (sinon il faut répéter le test de performance).

2) en absence de prescriptions plus sévères.

3) la définition de la localisation et du nombre des mesures doit se faire préalablement.

5 Réception de l'ouvrage

5.1 Contrôle de l'enrobage des armatures

L'enrobage des armatures sera contrôlé selon le programme des contrôles (voir chap. 5.2.2 de la norme SIA 262). Ce contrôle sur l'ouvrage réalisé est effectué par le maître d'oeuvre (spécialiste mandaté).

5.2 Traitement des non-conformités

En cas d'insuffisance des résultats des essais sur cube, une vérification sur des échantillons prélevés dans l'étape de bétonnage concernée servira à classer la qualité du béton en suffisante, insuffisante ou mauvaise, selon des critères indiqués dans le tableau no 3 de ce document.

Les méthodes de mesures et d'évaluation et les valeurs limites servant à classer les non-conformités font partie intégrante des documents contractuels.

La planification, la surveillance et le contrôle des vérifications sur ouvrage incombent au maître d'oeuvre. Au besoin, un spécialiste sera consulté pour l'évaluation de la non-conformité. Les frais de contrôle sur l'ouvrage en cas de non-conformités et leur évaluation sont à la charge de l'entrepreneur.

L'évaluation de la gravité d'une non-conformité se basera non seulement sur les critères de qualité du béton, de la qualité d'exécution, de l'exposition de l'ouvrage et de l'importance de l'élément d'ouvrage, mais aussi sur l'importance de l'ouvrage lui-même (convention d'utilisation et base du projet).

L'entrepreneur proposera un bureau d'expert (avec approbation par le maître d'oeuvre) à ses frais qui définira les mesures nécessaires à la mise à niveau des exigences.

Les mesures à prendre en cas de non-conformité doivent être établies de façon détaillée et doivent être adaptées à l'ouvrage en question et nécessitent l'approbation du maître d'oeuvre.

Une fois l'importance de la non-conformité déterminée, les mesures adéquates doivent être prises afin de garantir l'aptitude au service, la durabilité et la résistance prévues de l'ouvrage. Ces mesures sont à la charge de l'entrepreneur.

Tableau no 4 : Eléments du PAQ, responsabilités et compétences des intervenants

Phase	Responsable	Elément du PAQ / Objectifs	Base PAQ	Contrôles / Approbation par le maître d'œuvre (son représentant)	Refus / non-conformité
Convention d'utilisation	Maître d'œuvre / projeteurs	Classement de l'ouvrage (SIA 260, 2.2 et 2.3) : - définition du niveau de contrôle et des mesures en cas de non-conformité	Annexes : Tableaux A1 et A2 ^(*)		
Base du projet	Maître d'œuvre / projeteurs pour les cas spéciaux : soutien par des spécialistes	Classement des éléments d'ouvrages (SIA 260, 2.5) : - définition de la classe d'exposition pour chaque élément d'ouvrage - définition des spécifications de base et exigences complémentaires du béton et de l'enrobage	Tab. no 1 Tab. no 2		
Programme de contrôle		Définition des contrôles d'exécution : - Eléments cadre du plan d'essai (fréquence et contenu, surveillance du maître d'œuvre) - éventuels essais de convenance sur ouvrage	Tab. no 3		
Plan d'essais	Entreprise	Plan d'essais et de contrôles d'exécution : - essais de bétons frais et durcis	Tab. no 3	Correspondance avec le programme de contrôle	
Vérification des exigences du programme de contrôle	Centrale à béton	Essais initiaux - mesures des performances du béton selon les spécifications de base et les exigences complémentaires - définition des valeurs de béton frais associées	Tab. no 2 Tab. no 3	- convenance des formulations des bétons proposées - respect des spécifications du béton - propriétés de béton frais - respect des tolérances	Changement des formulations de béton et répétition des essais initiaux
Exécution	Entreprise et maître d'ouvrage	Essais éventuels de convenances sur ouvrages - mesures des performances du béton selon les spécifications de base et exigences complémentaires - définition des valeurs de bétons frais associées		- convenance des formulations des bétons proposées - respect des spécifications du béton - propriétés de bétons frais - respect des tolérances	Changement des formulations de béton et répétition des essais initiaux et de convenance
	Entrepreneur	Contrôles réguliers de bétons frais et durcis	Tab. no 2 Tab. no 3	- respect des spécifications et des tolérances - essais bétons frais et durcis ponctuels	Vérification sur ouvrage
Réception de l'ouvrage	Maître d'œuvre	Contrôle de l'enrobage selon procédure prévue par le programme de contrôles Vérification sur ouvrage en cas de non-conformités selon plan de contrôle	Tab. no 3	Pour les cas spéciaux : soutien par des spécialistes	Mesures correctives selon convention d'utilisation et base du projet
	Entreprise	Mesures correctives : Garantie des objectifs de durabilité, de la capacité portante et de l'aptitude au service	Annexes : Tableaux A1 et A2 ^(*)		

^(*) Voir Guide d'utilisation – Version complète