

## CHAPITRE -- V --

### BETONS HYDRAUIQUES

#### V .1. Indications générales

##### V .1.1. Facteurs influant sur la qualité des bétons

De nombreux facteurs ont une influence sur la qualité du béton.

- **Avant la fabrication :**

L'état de conservation d'un ciment (en conservant dans un milieu sec).

- **Pendant la fabrication :**

Le choix et dosage du ciment (un excès provoque une tendance à la fissuration ; une insuffisance provoque un manque de résistance et de durabilité).

La nature et de la propreté des granulats.

La quantité et la qualité d'eau dans le gâchage.

L'intensité et la durée du mélange.

La température de bétonnage.

- **Durant la mise en œuvre :**

L'homogénéité du béton.

La qualité des faces coffrantes (éviter les éléments poreux secs).

- **Pendant le durcissement :**

Le maintien du coffrage pendant un temps suffisant.

- **Cas des milieux agressifs.**

La norme NFP18-11, différencie les milieux environnant les ouvrages selon l'agressivité des sols et des solutions aqueuses qu'ils contiennent. Quatre classes d'agressivité sont définies en tableau suivant :

Classe d'agressivité	Faible	moyenne	forte	Très forte
	A1	A2	A3	A4
Agent agressif	(Mg/l)	(Mg/l)	(Mg/l)	(Mg/l)
<b>Eau stagnante ou à faible courant, climat tempéré et pression normale</b>				
CO <sub>2</sub> agressif	15÷30	30÷60	60÷100	> 100
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	250÷600	250÷600	600÷1500	> 6000

Mg <sup>2+</sup>	100÷300	300÷1500	1500÷3000	> 3000
PH	5.5÷6.5	4.5÷5.5	4.0÷4.5	□ 4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.5÷3.0	30÷60	60÷100	□ 100
Limite fixée à 300 mg/l pour l'eau de Mer				
<b>Eau douce</b>				
TAC	≤1.0	-	-	-
Sol en fonction de la teneur en SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>				
% en SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> dans le sol sec	0.24÷0.6	0.6÷1.2	1.2÷2.4	>2.4
Mg/ l de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> extrait	1200÷2300	2300÷3700	3700÷6700	>6700

**Tableau 3 : Classes d'agressivité.**

**Remarque :** TAC : titre d'alcalinité complet.

Les mesures de protections sont :

agressivité	classe	Mesure de protection
Faible	A1	Pas de mesure particulière, le béton fabriqué suivant les règles de l'art doit être compact par ses qualités intrinsèques.
Moyenne	A2	Adaptation de la composition et de la mise en œuvre aux conditions du milieu.
Forte	A3	Dito ci-dessus + action spécifiques sur la nature et dosage.
Très forte	A4	Nécessité d'une protection externe (enduit, peinture) ou interne (imprégnation).

**Tableau 4 : Mesures de protections selon la classe d'agressivité.**

## V.1.2. Causes de dégradation des bétons

### a) Causes chimiques

Elles sont liées à la composition des ciments et à la corrosivité des eaux en contact.

La composition des ciments est à base principalement de silice, de chaux, d'alumine formant divers silicates, et secondairement de fer, de magnésie et d'alcalins. Elle définit un milieu généralement très basique qui comporte une réserve élevée de sels solubilisables.

Lors de la prise du ciment, du Portland en particulier, il y a libération importante de chaux, sous forme de Ca(OH)<sub>2</sub>, et formation d'aluminate tricalcique, de symbole « C<sub>3</sub>A ».

La dégradation chimique peut être due à :

- l'agressivité du CO<sub>2</sub> « libre » ;
- l'attaque par acidité forte ;
- l'action de l'ammonium ;

- l'action des sulfates ;
- l'attaque par alcalinité forte ;
- la corrosion bactérienne avec formation de H<sub>2</sub>S.

#### **a) Agressivité carbonique : cas des eaux douces**

L'attaque des ouvrages par le dioxyde de carbone a lieu en présence d'eaux douces ou dès que la teneur du CO<sub>2</sub> en excès dépasse 15 mg/l.

Toutefois, cette attaque reste superficielle et ne met pas en danger la pérennité des ouvrages. En effet, les bicarbonates produits par l'action du CO<sub>2</sub> sur la chaux du béton (portlandite) vont à leur tour se combiner à la chaux pour donner du carbonate de calcium qui augmente la compacité du béton et ralentit la dégradation.

Pour éviter la dégradation des couches superficielles, il est recommandé de ne pas utiliser de ciments CPA, mais des Portlands composés (CPJ) ou des CLC ou encore des ciments de haut-fourneau (CHF ou CLK). Les autres recommandations sont :

- augmenter les épaisseurs d'enrobage des aciers ;
- prévoir un enduit au mortier de ciment de 2 ou 3 cm d'épaisseur ;
- proscrire les lavages abrasifs tels que les nettoyeurs à pression.

#### **b) Attaque par l'acidité forte**

Cette attaque est d'autant plus grave que les sels de calcium formés sont plus solubles. Une corrosivité croissante est rencontrée en présence des acides suivants : phosphorique, sulfurique, nitrique, chlorhydrique. Les acides organiques sont également nocifs, particulièrement dans les effluents de laiterie ou de fabrication de jus de fruits.

Dans le cas d'acidité modérée, on améliore la résistance de la corrosion en abaissant le rapport eau/ciment et/ou en utilisant des ciments alumineux (de mise en œuvre d'ailleurs plus délicate). Ceci est valable pour des pH supérieurs à 2 et avec certaines précautions.

Mais d'une façon générale, il y a souvent risque de fissuration des ouvrages, dont la protection totale ne peut jamais être assurée que par un revêtement correct. Par ailleurs, plusieurs législations relatives au déversement des eaux résiduaires préconisent de maintenir le pH de l'eau qui circule au contact des parois entre 4,5 (ou 5,5) et 9,5.

#### **c) Actions de l'ammonium**

La présence d'ammonium dans les eaux résiduaires peut intervenir dans les processus de destruction du béton de deux façons :

- par développement de réactions biologiques nitrifiantes, et donc acidifiantes, qui ne peuvent toutefois se développer qu'en milieu aérobie, comme par exemple dans les réfrigérants atmosphériques ;
- par dégagement de l'ammoniac déplacé par la chaux qui accélère la solubilisation de celle-ci et provoque la dégradation du ciment.

Les sels de magnésium peuvent donner lieu au même processus. Les concentrations trop élevées en  $\text{NH}_4$  et en Mg sont donc à éviter, tout particulièrement lorsqu'il y a également présence de sulfates.

#### **d) Actions de sulfates**

Cette action est complexe :

- sulfatation de la chaux libre du ciment produisant du gypse ;
- transformation des aluminates tricalciques en Ettringite très expansive (facteur 2 à 2,5) :  
En présence de magnésie, la décomposition des silicates alcalins du ciment peut également s'ajouter aux deux mécanismes précédents.

La norme de l'agence française de la normalisation (AFNOR) FD P 18-011 définit des classes d'agressivité des eaux salines vis-à-vis des bétons classiques (tableau 10) ainsi que le principe des mesures de protection.

Dans le cas d'eaux très fortement agressives (XA3), le recours à un revêtement est conseillé, tandis que, dans le cas des eaux fortement agressives, l'emploi de ciment à base de laitier présentant un indice d'hydraulicité élevé peut être envisagé, si par ailleurs d'autres paramètres chimiques de l'eau ne sont pas à prendre en compte.

#### **e) Attaque par bases fortes ( $\text{Na OH}$ , $\text{KOH}$ , $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )**

Elle est nocive vis-à-vis de tous les ciments, en raison du risque de solubilisation de certains constituants à base d'alumine ; on conseille, en l'absence de revêtement, de ne pas admettre d'eaux de pH supérieur à 12 au contact de ciments.

#### **f) Corrosion bactérienne avec formation de $\text{H}_2\text{S}$**

Cette corrosion se rencontre dans le transfert des eaux résiduaires urbaines. Le principe du mécanisme de la corrosion en milieu anaérobie a déjà été décrit, mais alors que, dans les circuits de refroidissement, ce processus suit et amplifie une corrosion chimique préalable, dans le cas d'eaux vannes ou d'eaux très sales, il provient généralement de la fermentation anaérobie des matières déposées et comporte deux phases :

- formation et libération de  $\text{H}_2\text{S}$  ;

- oxydation de  $H_2S$ . en présence d'air et formation de  $H_2SO_4$ .

Ces réactions sont accélérées dès que le pH descend au-dessous de 6 et sont d'autant plus rapides que les eaux sont plus chaudes.

En égout, l'attaque s'effectue au-dessus de l'interface eau/air en raison du dégazage et de la condensation de l'eau. L'apport d'oxydant ( $H_2O_2$ ), de précipitant ( $Fe^{2+}$ ) ou de nitrate évite plus ou moins totalement cette formation de  $H_2S$ .

## b) Causes mécaniques

Elles sont de trois ordres :

- perméabilité trop grande : l'obtention d'une compacité très élevée avec des dosages de ciment de 300 à 400  $kg \cdot m^{-3}$  est, en fait, une condition minimale en présence d'eaux agressives ;
- existence de cavernes et/ou de fissures dues à des conditions déficientes de mise en place, (ex. : reprise de bétonnage) et qui peuvent être améliorées en accroissant la plasticité du béton par un dosage eau/ ciment inférieur à 0,45 ou l'emploi de plastifiant ;
- érosion due à des vitesses de circulation de l'eau dans les conduites supérieures à 4  $m/s$ <sup>1</sup> ou à des gradients thermiques trop élevés.

### ❖ Béton de propreté

Le béton de propreté est un béton maigre (faiblement dosé de ciment), il est étalé sur le sol ou au fond de fouille afin de créer une surface de travail plane et non terreuse, il permet de travailler au propre, il est coulé sur les épaisseurs ne dépasse pas 5 à 10 cm.

## V.2. Consistance des bétons

Les classes de consistance sont mesurées selon le test au cône d'Abrams. Elles correspondent à une caractéristique du béton lorsqu'il est encore frais. Ces différentes classes vont vous permettre de mesurer la fluidité de votre béton et d'ajuster votre dosage en fonction des performances recherchées. L'ouvrabilité est une caractéristique à ne pas négliger, surtout lorsqu'il s'agit de la mise en place du béton sur un chantier. Par conséquent, la classe de consistance de votre béton variera en fonction du dosage de votre béton. Si vous recherchez un béton fluide, le dosage en ciment et en eau sera important, ce qui aura également tendance à augmenter le prix du béton.

### Tableau des classes de consistance

Il existe 5 différentes classes de consistance des bétons référencés par la norme NF EN 206-1.

Ces classes sont définies par les essais d'affaissement du béton au cône d'Abrams <sup>(3)</sup>.



**Figure 16 :** Essai d'affaissement au cône d'Abrams.

Classe	Affaissement en mm	Définition	Exemple
1	de 10 à 40 mm	Béton ferme, construction sur une pente forte	Escalier, accès en pente, béton de voirie
S2	de 50 à 90 mm	Béton plastique, construction sur une pente faible	Dalle pleine, ouvrage d'art
S3	de 100 à 150 mm	Béton très plastique, construction sur une surface plane	Dalle, fondation
S4	de 160 à 210 mm	Construction sur une surface plane	Dalle, fondation, voile
S5	≥ 220 mm	Béton fluide, construction sur une surface plane, absence de système de vibration	Dalle, fondation

**Tableau 5 :** Classe de consistance du béton.

La classe de consistance indique une autre caractéristique du béton : sa fluidité.

La consistance se mesure sur béton frais par la méthode d'affaissement du cône d'Abrams.

Les cinq classes de consistance correspondent à un affaissement de plus en plus important, et donc un béton de moins en moins ferme :

- S1 : Béton ferme
- S2 : Béton plastique
- S3 : Béton très plastique
- S4 : Béton fluide
- S5 : Béton très fluide.

<sup>(3)</sup> L'essai d'affaissement au cône d'Abrams est un essai réalisé sur le béton de ciment frais peu fluide pour déterminer sa consistance.



**Figure 17 :** Classes de consistance des bétons.

Ce test, également nommé Slump test ou essai au cône d'Abrams, s'effectue en disposant du béton frais dans un cône tronconique qu'on déversera ensuite sur un support afin de constater son affaissement. Un béton sera considéré comme ferme si son affaissement est inférieur à 3 cm. Le béton sera considéré comme très fluide si son affaissement est supérieur à 16 cm.

### V.3. Dosages et compositions

Le béton est un matériau hétérogène multiphasique, constitué d'un mélange de granulats et d'une pâte, elle-même constituée à partir de ciment et d'eau. La pâte de ciment représente 25 à 40 % du volume total du béton. Chaque constituant joue un rôle bien défini, celui de liant hydraulique pour la pâte de ciment, et celui de remplissage atténuateur de variations volumiques (retrait) et source de résistance pour les granulats.

Un béton hydraulique est constitué :

- D'une pâte pure (ciment + eau),
- D'un mélange granulaire,
- De produits additionnels (adjuvants, additions minérales, ...).

On désigne habituellement sous le nom :

- De matrice ou de mortier : le mélange (liant + eau + sable),
- De squelette solide ou de squelette granulaire: le mélange des granulats.

Les ciments usuels sont aussi appelés liants hydrauliques car ils ont la propriété de s'hydrater en présence d'eau et parce que cette hydratation transforme la pâte liante, qui a une consistance plus ou moins fluide, en un solide pratiquement insoluble dans l'eau.

Il ne faut pas confondre:

Le ciment, poudre commercialisée en sac ou en vrac, avant son gâchage avec l'eau;

La pâte de ciment, au moment du gâchage du ciment avec l'eau;

Le ciment hydraté ou pâte de ciment durcie lorsque le mélange eau + ciment s'est solidifié.

Le dosage par mètre cube de béton en œuvre en fonction des utilisations sont les suivants :

Type de béton	Dosage de liant (kg)	Classe de liant
Béton maigre ou de propreté	150	250
Béton pour fondation	250	250
Béton non armé	300	325
Béton coulé dans l'eau	350	325
Béton pour béton armé	350	325

**Tableau 6 :** Dosage et classe de liant des bétons.

L'utilisation de béton manufacturé livré sur chantier est recommandée si le béton provient d'une centrale de la marque de conformité à la norme.

Pour le cas des mortiers, les masses de liant par mètre cube de sable sec sont, selon la nature du liant et des utilisations, les suivants :

Utilisations	Dosage (kg)	Classe minimale de liant
Mortier au ciment	300	250
Enduits et chapes ordinaires	400	250
Joints de tuyau, enduits étanches	450	250

#### V .4. Résistance des bétons

Un béton est défini par une valeur de sa résistance à la compression à l'âge de 28 jours ( $f_{c28}$ ). Cette résistance varie en fonction de l'âge du béton en jours.

La mesure de sa résistance en compression est assurée à l'aide des éprouvettes.

Cette résistance diminue si on augmente la quantité d'eau dans le béton et augmente si on augmente la quantité de ciment. On soumet ces éprouvettes (en général 28 jours après avoir confectionné les éprouvettes) à une force d'écrasement et on mesure l'effort nécessaire pour casser l'éprouvette. La résistance à la compression des bétons courants est comprise entre 20 et 50 MPa (au-delà de cette résistance on parle de bétons à hautes performances).

La résistance à la traction du béton à j jours est exprimée en MPa notée par ( $f_{tj}$ ). Conventionnellement il est calculée par :

$$f_{tj} = 0.6 + 0.06 f_{cj} \quad \text{si} \quad f_{c28} \leq 60 \text{ MPa.}$$

$$\text{Et : } f_{tj} = 0.275 f_{cj}^{2/3} \quad \text{si} \quad 60 < f_{c28} \leq 80 \text{ MPa.}$$

#### V .5. Choix des matériaux de composition

##### V .5.1. Eau de gâchage

L'eau entrant dans la composition ne doit pas contenir d'éléments nuisibles et d'impuretés en quantités ou provoquer la corrosion des armatures.

L'eau potable convient à tous types de bétons.

L'eau de ruissellement, les eaux pompées de la nappe phréatique, les eaux de rejets industrielles doit subir un essai convenance.

L'eau de Mer et eaux saumâtres peuvent être utilisées pour du béton non armé uniquement. Les eaux usées et eaux de vannes ne conviennent pas.

## V .5.2. Granulats

Un granulat est constitué par l'ensemble de grains minéraux appelés fines, sable, gravillons ou cailloux suivant leurs dimensions comprises entre 0 et 80 mm.

Diamètre (mm)	fine	sable	gravillons	cailloux	graves
	□ 0.08	0.08 à 6.3	≤ 31.5	≤ 80	6.3 à 80 inclus

### Critère de choix des granulats

On doit prendre en compte trois grands critères :

#### Critère 1 : adéquation granulats/ béton

Le tableau ci dessous précise l'influence de certaines caractéristiques des granulats sur la qualité du béton.

caractéristiques	Influence sur le béton
Nature minéralogique	La plupart des granulats conviennent pour le béton. Influence défavorable des argiles, des calcaires marneux (gonflement et altération à terme).
Présence de matière organique	Influence défavorable sur la prise et le durcissement. Chute de résistance.
Teneur élevée en sulfates, sulfure et chlorure	Réaction avec le ciment, fissuration, corrosion des armatures.
Propreté des granulats	Critère important. Les impuretés perturbent l'hydratation du ciment et entraînent des défauts d'adhérence granulats/ plate.
Forme des grains et angularité	Peu importante généralement ; certains sables concassés peuvent parfois être défavorables à la mise en œuvre du béton et à sa compacité finale.
granulométrie	Importante pour la bonne composition du béton.

*Tableau 7 : Critères granulométriques du choix des bétons.*

#### Critère 2 : aptitude à l'emploi selon la roche d'origine.

Roche d'origine	Propriété	Possibilité d'emploi pour le béton
éruptive		
Granite	Dures et compact, bonne résistance au gel	Oui pour la plus part
Diorite		
Porphyres		

Basalte		
Métamorphique		
Quartzite	Dures et compact inattaquables chimiquement	Granulat de qualité utilisé pour les parements
Marbre	-	oui
Schiste	Sensible au gel	Uniquement schistes durs
Gneiss		
sédimentaire		
Calcaire	Bonne adhérence au mortier	oui
Dolomies	-	Essai préférable

**Tableau 8 :** Critères selon le type de la roche pour choix des bétons.

**Critère 3 :** choix selon l'emploi du béton on peut utiliser les granulats selon la nature du béton.

Emploi		Densité	granulats
Béton classique pour le chantier ou la préfabrication		2.2 à 2.4	Tous granulats roulés ou concassés avec préférence pour les siliceux, calcaires ou silico- calcaire.
Bétons apparents architectoniques			Dito – ci-dessus + porphyres, basalte, granites, diorite, qui offre une palette très riche d'aspect et de teinte.
Bétons légers	De structure	1.5 à 1.8	Argile ou schiste expansé, laitier expansé
	Semi – isolants Semi porteur	1 à 1.5	Argile expansé, pouzzolane, ponce
	isolants	0.3 à 0.8	Vermiculite, liège, bois, polystyrène expansé, verre expansé.
Bétons lourds		3 à 5	Corindon, barytine, magnétite.
Bétons réfractaires		2.2 à 2.5	Corindon, déchets de produits réfractaires, brique, silico- alumineux, laitier, granulas spéciaux.
Bétons ou chape pour dallage industriels (abrasion importante).		2.4 à 3	Corindon, carborundum, granulats métalliques

**Tableau 9:** Critères selon l'emploi du béton.

Le dosage en ciment varie beaucoup puisqu'il dépend des contraintes en services et de l'ouvrage à réaliser.

### V .5.3. Ciment

Les ciments usuels sont aussi appelés liants hydrauliques, car, ils ont la propriété de s'hydrater en présence d'eau et parce que cette hydratation transforme la pâte liante, qui a une consistance plus ou moins fluide, en un solide pratiquement insoluble dans l'eau.

Il ne faut pas confondre:

Le ciment, poudre commercialisée en sac ou en vrac, avant son gâchage avec l'eau;

La pâte de ciment, au moment du gâchage du ciment avec l'eau;

Le ciment hydraté ou pâte de ciment durcie lorsque le mélange eau + ciment s'est solidifié.

## **V .6. Fabrication des bétons**

Le choix des malaxeurs, centrale à béton ou d'une bétonnière dépend de sa capacité de production, de son aptitude à malaxer différents types de mélanges. Pour donner des bétons réguliers adaptés aux exigences d'un chantier.

Pour les petits chantiers est avant le commencement de la fabrication du béton, il faut : préparer et assurer une zone plane de gâchage, installer l'outil de gâchage à proximité des tas d'agréats et prévoir une source d'eau.

La production de béton dépend du provisionnement de la bétonnière et du malaxage. Le mode de prélèvement des granulats doit permettre d'obtenir des matériaux de granulométrie et de teneur en eau régulière. Le dosage des constituants est pondéral et doit prendre en compte la teneur en eau des granulats. La durée de malaxage doit être suffisante pour assurer l'homogénéité du mélange : on tenant compte 2 à 3 minute pour les bétonnières courantes et un peu moins pour les malaxeurs.

## **V .7. Transport, manutention et ouvrabilité**

Toutes préventions sont prises pour éviter en cours de transport la ségrégation des éléments et évaporation excessive.

La hauteur de déversement du béton en chute libre ne dépasse pas 1,50 m. le béton émergé est mis en place avec un tube.

Le béton doit être vibré ou pervibré partout à l'étanchéité et requise.

Lorsque la température extérieure est inférieure à 0°C, la mis en place du béton est dé fondue.

Le transport du béton est assuré par des camions bennes sur des distances maximales de 30 km ou par des camions toupies.

Le transport du béton de la centrale doit se faire en respectant les conditions suivantes :

- Transport assez rapide pour que le béton puisse être vibré avant le début de la prise ;
- Mélange de bonne qualité et sans ségrégation.

Le béton est mise en place par levée successive de 1 à 1.5 m. la hauteur de ces levées est limitée par les raisons suivantes :

- Dissipation de l chaleur de prise du béton avant nouvel apport du béton frais.
- Réduction des poussées sur les coffrages.
- Réduction des capacités maximales de bétonnages.

Le temps de transport est limité à 1h30 sauf si des produits retardateurs de prise ont été ajoutés au béton au moment de la fabrication en centrale.

La mise en place de béton se fait toujours de l'aval vers l'amont pour que les surfaces de contact de coulées différentes soient les plus normales possibles aux efforts. Il doit déposer aussi près que possible de sa position définitive. L'épaisseur des coulées est habituellement comprise entre 30 à 50 cm.

La méthode de coulage dite « en escalier » paraît plus rationnelle mais elle complique le travail de l'entreprise par rapport à la méthode des lits horizontaux superposés.

Pour les radier inclinés, il est tentant d'utiliser des bétons très raides non vibrés.

Pour mettre en place le béton sur un radier incliné ; le coffrage glissant doit être en acier, lesté en non vibré. Le béton doit être chargé par la partie supérieure.

Le décoffrage ne doit intervenir qu'après durci ciment partiel du béton, il faut alors éviter la dessiccation superficielle du béton soit par arrosage.

#### ❖ reprise de bétonnage

Elle doit assurer un bon contact mécanique et bonne étanchéité.

Pour mettre en place une nouvelle coulée de béton, il faut que la précédente ait suffisamment refroidi et que les réactions chimiques du durcissement n'y soient pas terminées, ce qu'améliore la liaison

La surface de reprise est préparée de la manière suivante :

\*/ en fin de prise on élimine la laitance au moyen d'un jet d'eau ou d'air et d'eau. Cette préparation de la surface réduit le risque de fissuration et la laisse assez rugueuse. Le stockage des reprises et quelques fois exigés : c'est une opération longue et coûteuse qui devrait, semble-t-il, être abandonné.

\*/ la nouvelle levée est mise en place après nettoyage de la surface à l'air comprimé.

\*/ lorsque les bétons de la levée précédente sont trop anciens ou que sont état de surface ne permet pas un bon accrochage, on peut utiliser les résines pour améliorer le contact.

### V.8. Adjuvants

Un adjuvant est produit incorporé aux bétons, mortiers lors de malaxage ou avant la mise en œuvre qui modifie certaines de leurs propriétés l'état frais ou durci.

Chaque adjuvant a une fonction principale, caractérisée par la (ou) les modifications majeures apportées et des modifications secondaires. L'emploi des adjuvants, dosé normalement ( $\square$  5 % de la masse de ciment), ne peut entraîner une diminution de certaines caractéristiques du béton. On peut distinguer :

### **a) Adjuvants modifient l'ouvrabilité**

E modifiant le comportement rhéologique des bétons, mortiers à l'état frais avant le début de prise, il diminue la viscosité de la pâte.

#### **a-1) Réducteurs d'eau plastifiants**

Ils augmentent les résistances mécaniques par une réduction de la teneur en eau. Cela entraîne une compacité et donc une durabilité accrue du béton.

#### **a-2) Les superplastifiants**

Ils provoquent un fort accroissement de l'ouvrabilité.

### **b) Adjuvants modifiant la prise et le durcissement**

Produits chimiques solubles dans l'eau, ils modifient les solubilités des différents constituants des ciments est surtout leurs vitesses de dissolutions.

#### **b-1) accélérateurs de prise et de durcissements**

Les premiers diminuent les temps de débuts et de fins de prise du ciment alors que les seconds accélèrent le développement des résistances initiales.

#### **b-2) retardateurs de prise**

Introduits dans l'eau de gâchage, ils augmentent les temps de débuts et de fin de prise du ciment dans les bétons ou mortiers (ils freinent, en général, la diffusion de la chaux libérée par l'hydratation du ciment et retardant de ce fait la cristallisation).

### **c) Adjuvant modifiant certaines propriétés du béton**

#### **c-1) entraîneurs d'air**

Ils provoquent la formation dans les bétons, mortiers ou coulis de microbulles d'air (uniformément réparties dans la masse) jouant le rôle de chambre d'expansion. L'ouvrabilité est améliorée, mais on constate une diminution des résistances mécaniques non compensée par la réduction possible de la quantité d'eau.

#### **c-2) hydrofuge de masse**

Il diminue l'adsorption capillaire des bétons, mortier ou coulis durcis et confèrent une bonne étanchéité au béton si celui-ci a été correctement composé.

## V.9. Essais de contrôle du béton et des produits bitumineux

Le contrôle de béton a pour but de vérifier la régularité de la fabrication et la mise en œuvre des bétons et de contrôler si leur résistance normale prévue au marché est bien atteinte. Les essais portent essentiellement sur la maniabilité (essai d'affaissement), la composition, la densité et la résistance mécanique.

La surveillance portera notamment sur les points suivants :

- Contrôle de la granulométrie des agrégats, par tamisage si nécessaire, et de leur propriété, la propriété des sables est déterminée par la méthode d'équivalent de sable.
- Contrôle de dosage des constituants est en particulier de l'eau de gâchage. Un excès d'eau de gâchage de 20% fait perdre au béton environ 25% de sa résistance.
- Contrôle le temps de malaxage, des conditions de transports et de mise en œuvre du béton et notamment de sa vibration qui ne doit en aucun cas entraîner une ségrégation de celui-ci.
- Contrôle de la consistance des bétons frais, par la méthode d'affaissement du cône d'Abrams. Cet affaissement doit être de l'ordre de 2,5 à 5 cm pour des bétons vibrés.
- Le béton doit être protégé contre la dessiccation et le gel pendant au moins 72 heures après sa mise en place.

Parallèlement à ces contrôles destinés à garantir la bonne qualité des bétons à des essais systématiques seront effectuées sur des éprouvettes prélevées en cours de bétonnage. Ces essais consistent en la mesure de résistance à la rupture à la compression et à la traction des éprouvettes de béton à 7 jours et à 28 jours après la fabrication, ainsi qu'en la mesure de la densité de béton. Le prélèvement des éprouvettes sera au minimum de 3 par partie d'ouvrage de grande importance ou par semaine de bétonnage.

Les essais de contrôle des éprouvettes sont souvent effectués dans les laboratoires extérieurs de chantiers.

Le contrôle du mastic bitumineux porte essentiellement sur la température de mise en œuvre du mastic généralement voisine de 200°C, et sur sa composition.

## Bibliographie

- (1) *André DUPONT, avril 1988. Hydraulique urbaine. Tome 2, 6 ième éditions, Paris, EYROLLES, 484p.*
- (2) *DIDIER. D e al. 1999. Chantier matériels et matériaux, mise en œuvre, normalisation, AFNOR, ISBN Nathan : 2-09-178624-1. 244p.*
- (3) *Michel L et al, 1980. Guide de l'assainissement en milieu urbain et rural. Edition MONITEUR, Paris, 415p.*
- (4) *M. Olivier HEHN, 13 juillet 2006. Analyse expérimentale et simulation thermo mécanique de soudage bout à bout des conduites de Polyéthylène. Thèse de Doctorat, école des Mines de Paris, Paris, 206p.*
- (5) *Ministère de l'agriculture, 1974. Technique des barrages en aménagement rurale. France. 325p.*