

# LE BETON

## SOMMAIRE :

- Les Liants hydrauliques
- Les Granulats
- Les Adjuvants
- L'Eau de gâchage

# LES LIANTS HYDRAULIQUES

## I – PRESENTATION

Les liants hydrauliques permettent de réaliser avec des granulats et de l'eau les mortiers ( $D < 4\text{mm}$ ) et les bétons ( $D > 4\text{mm}$ ). Ce sont des produits pulvérulents formant avec l'eau une pâte qui se solidifie en agglomérant les autres éléments d'un mortier ou d'un béton.

Un produit hydraulique a la propriété de faire prise, de durcir à la température ambiante, par simple gâchage à l'eau, même en milieu humide privé d'air.

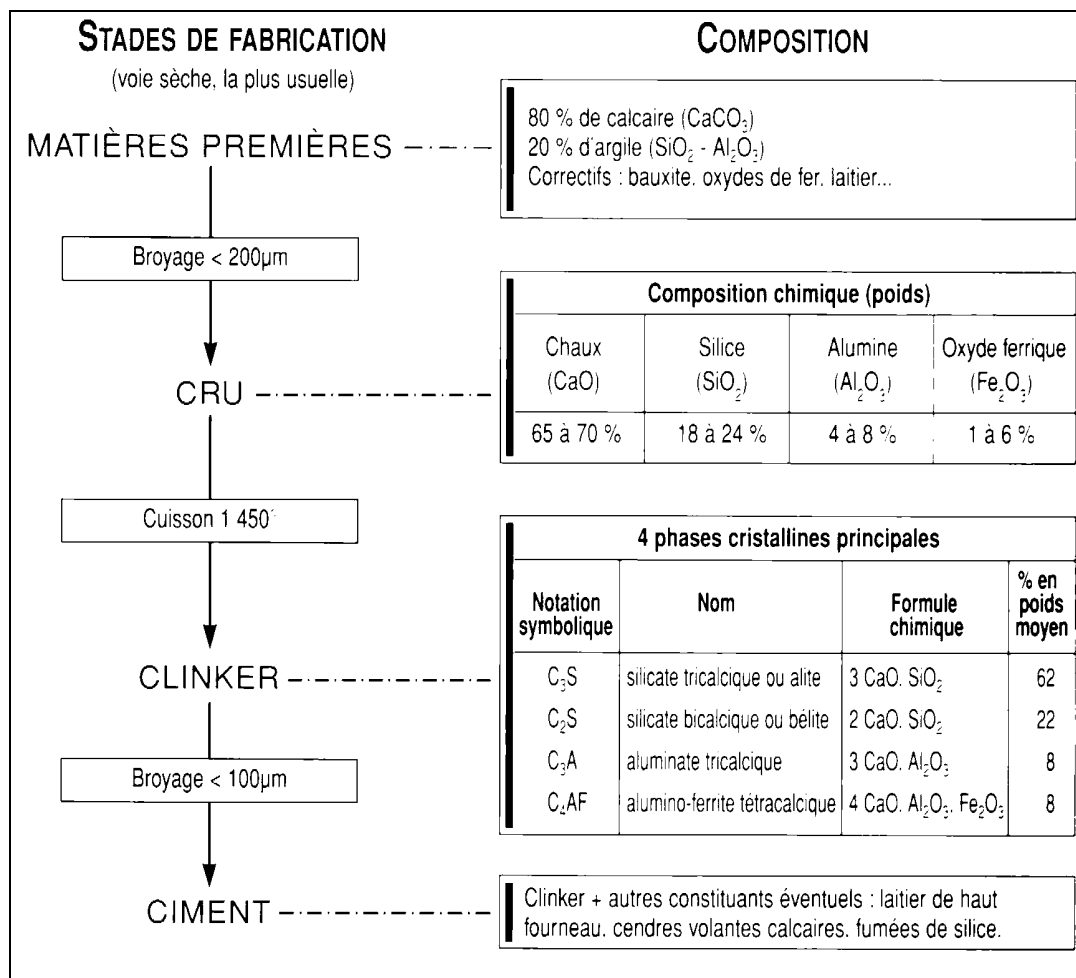
## II – FABRICATION DU CIMENT

**Extraction :** une cimenterie dispose d'une carrière de calcaire et d'une carrière d'argile. Les matières premières sont extraites et les blocs obtenus sont concassés pour obtenir des éléments inférieurs à 50 mm.

**Préparation du mélange :** les matières premières sont très soigneusement dosées et mélangées de façon à obtenir une composition parfaitement régulière. Le mélange est très finement broyé dans des broyeurs rotatifs à boulets. Il est ensuite préparé à la cuisson suivants différents procédés. Le cru se présente sous forme d'une pâte liquide dans la voie humide, d'une farine dans la voie sèche, de granules dans la voie semi-sèche.

**Cuisson :** La cuisson se fait à une température de  $1450^\circ\text{C}$ . Elle est très généralement réalisée dans un four rotatif dans lequel la matière chemine lentement, venant à la rencontre de la source de chaleur.

**Broyage :** Le clinker est finement broyé pour obtenir le ciment portland. Il est incorporé du gypse ( $>5\%$ ) pour régulariser sa prise. Les autres ciments sont obtenus en ajoutant d'autres constituants (voir §IV).



### III – PROPRIETES DES LIANTS HYDRAULIQUES

#### Propriétés du ciment anhydre :

Le ciment est une poudre dont on peut mesurer la masse volumique absolue, la granulométrie, et la surface spécifique. La masse volumique absolue varie de 2.90 à 3.20 g/cm<sup>3</sup> suivant les constituants du ciment.

L'intervalle granulaire va de 0 à 200 µm.. La détermination de la surface spécifique est une façon de mesurer la réactivité des ciments. Plus la surface spécifique est grande, plus il y a de grains fins et plus le ciment réagit vite.

#### Hydratation, prise et durcissement :

Examinons une pâte de ciment gâchée à l'eau ; elle reste molle et reste en apparence inaltérée pendant un certain temps, quelques minutes, plusieurs heures, suivant la nature du liant. Puis on observe une augmentation brusque de la viscosité : c'est le **début de prise** ; simultanément on peut noter un dégagement de chaleur. **La fin de prise** correspond à l'instant où la pâte cesse d'être déformable.

On constate ensuite que la résistance mécanique du ciment continue à s'accroître durant des jours et des mois : c'est le phénomène du **durcissement**.

Le début de prise des ciments les plus couramment employés se situe entre 2 et 3 heures après l'introduction de l'eau, mais certains ciments commencent leurs prises quelques minutes seulement après le gâchage.

La fin de prise se situe en général 15 à 20 heures après le gâchage, mais peut avoir lieu au bout quelques minutes pour les ciments les plus rapides.

**La quantité de chaleur dégagée**, appelée chaleur d'hydratation varie suivant la classe du ciment et les proportions des constituants. Elle est importante pour les classes de ciment élevées. Elle est faible pour les ciments contenant une faible proportion de clinker. Les ciments à forte chaleur d'hydratation sont souvent ceux dont le retrait d'hydratation est le plus fort, c'est à dire avec lesquels les risques de fissuration précoce peuvent être les plus grands.

**Les résistances mécaniques des ciments** sont mesurées sur prisme 4x4x16 de "mortier normal". La norme NF P 15301 fixe les classes de résistances à l'intérieur desquelles doivent se trouver les résistances des ciments fabriquées industriellement (voir paragraphe V).

Toutes les caractéristiques du ciment, en cours d'hydratation ou durci, sont sensibles à la température du mélange au moment du gâchage, puis à la température de conservation. La chaleur accélère la prise et le durcissement, le froid par contre les ralentit et peut même arrêter toute réaction.

**Retrait et gonflement:** la mesure du gonflement dans l'eau et du retrait à l'air est effectué sur prisme 4x4x16 de mortier "normal" (norme NF P 15-433).

### IV - LES DIFFERENTS CONSTITUANTS DES CEMENTS

**Le laitier de haut fourneau (S) :** Le laitier de haut fourneau est un produit de l'industrie métallurgique ayant des propriétés hydrauliques. Il est obtenu par refroidissement rapide de la scorie fondue provenant de la fusion du minerai de fer dans un haut fourneau.

**Les pouzzolanes naturelles (Z) :** Cette roche volcanique réduite en poudre réagit en présence d'eau avec la chaux et forme des hydrates développant des résistances mécaniques.

**Les cendres volantes :** Les cendres volantes sont obtenues par dépoussiérage électrostatique ou mécanique de particules pulvérulentes provenant du courant de gaz des chaudières, alimentées au charbon pulvérisé. Elles peuvent avoir des propriétés pouzzolaniques et en plus des propriétés hydrauliques.

**La schistes calcinés (T) :** Les schistes calcinés sont produits dans un four spécial à une température d'environ 800°C et sont finement broyés. Ils ont de fortes propriétés hydrauliques et des propriétés pouzzolaniques.

**Les calcaires (L)**

**Les fumées de silice (D) :** Les fumées de silices proviennent de la réduction de quartz de grande pureté par du charbon dans des fours à arc électrique utilisés pour la production de silicium et d'alliage de ferrosilicium.

**Les constituants secondaires (ou filler) :** Les fillers (F) sont des produits obtenus par broyage de certaines roches. Ils sont inertes et améliorent les propriétés physiques des ciments (ouvrabilité par exemple).

**Le sulfate de calcium :** Le sulfate de calcium doit être ajouté en faible quantité aux autres constituants du ciment au cours de sa fabrication, en vue de régulariser sa prise. Le sulfate de calcium peut être du gypse.

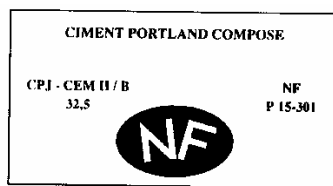
## V - TYPES DE CIMENT, COMPOSITION ET DESIGNATION NORMALISEE

Les ciments courants sont subdivisés en cinq types principaux :

- CPA-CEM I Ciment Portland
- CPJ-CEM II Ciment Portland composé
- CHK-CEM III Ciment de haut fourneau
- CLK-CEM IV Ciment pouzzolanique
- CLC-CEM V Ciment au laitier et aux cendres

Les ciments sont identifiés par leur type et par un chiffre indiquant la classe de résistance. Si le ciment a une résistance élevée au jeune âge, la lettre R est ajoutée.

Exemples de marquages :



### Composition des ciments courants :

Ciment % en masse (1)	Notation	K	S (14)	D (2)	Z	Cendres volantes		T	L	Constituants secondaires
						V	W			
Portland	CPA-CEM I	95-100								0-5
Portland composé	CPJ-CEM II/A	80-94	6-20 (3) (4)							
	CPJ-CEM II/B	65-79	21-35 (3) (4)							
De haut fourneau	CHF-CEM III/A	35-64	36-65							
	CHF-CEM III/B	20-34	66-80							
	CLK-CEM III/C	5-19	81-95							
Pouzzolanique	CPZ-CEM IV/A	65-90			10-35 (4)					0-5
	CPZ-CEM IV/B	45-64			36-55 (4)					
Au laitier et aux cendres	CLC-CEM V/A	40-64	18-30		18-30 (4)					
	CLC-CEM V/B	20-34	31-50		31-50 (4)					

(1) Relatif au noyau de ciment.  
 (2) Limité à 10 % dans tous les ciments.  
 (3) La proportion de fillers est limitée à 5 %.  
 (4) Le fabricant s'engage à ne pas faire varier ces proportions au-delà d'une fourchette de plus ou moins 5 points.

### Résistances des ciments courants :

Classes	Résistance à la compression (MPa)					
	au jeune âge	normale		limites inférieures garanties		
	2 j	28 j		2 j	7 j	28 j
	Li	Li	Ls			
32,5	-	32,5	52,5	-	17,5	30
32,5 R	13,5	32,5	52,5	12	-	30
42,5	12,5	42,5	62,5	10	-	40
42,5 R	20	42,5	62,5	18	-	40
52,5	20	52,5	-	18	-	50
52,5 R	30	52,5		28	-	50

Li = Limite inférieure ; Ls = Limite supérieure.

La résistance normale d'un ciment est la résistance mécanique à la compression déterminée conformément à la norme NF EN 196-I, après 28 jours. Trois classes de résistance normale sont couverte : 32,5, 42,5 et 52,5 (voir tableau ci-dessus). La résistance au jeune âge d'un ciment est la résistance mécanique à la compression, déterminée conformément à la norme NF EN 196-1, après deux ou sept jours

### LES AUTRES CEMENTS :

**Ciment de laitier à la chaux :** CLX (NF P 15-306)

Ce ciment est un mélange de chaux hydrauliques et de laitier granulé de haut fourneau.

**Ciment à maçonner :** CM (NF P 15-307)

Ce ciment contient les mêmes éléments actifs que le CPA mais ses résistances sont moins élevées.

**Ciment naturel :** CN (NF P 15-308)

Ce ciment résulte de la mouture de roches clinkérisées, obtenues par la cuisson de calcaires marneux de composition très régulière et voisine de celle des mélanges d'argile et de calcaire servant à la fabrication du ciment Portland artificiel.

**Ciment prompt naturel :** CNP (NF P 15-314)

Le ciment prompt naturel, à prise et durcissement rapides, résulte de la cuisson à température modérée d'un calcaire argileux de composition régulière, extrait de bancs homogènes, suivi d'un broyage fin.

**Ciment alumineux fondu :** CA (NF P 15-315)

Le ciment alumineux fondu est un liant hydraulique qui résulte de la mouture, après cuisson jusqu'à fusion, d'un mélange composé principalement d'alumine, de chaux, d'oxydes de fer et de silice, dans des proportions telles que le ciment obtenu renferme au moins 30 % de sa masse d'alumine. Il est réfractaire.

**Ciment pour travaux à la mer :** PM (NF P 15-317)

Ces ciments présentent des teneurs limitées en aluminat tricalcique qui leur permettent de conférer au béton une résistance accrue à l'agression des ions sulfate en présence des d'ions chlorure.

## VI – PRECONISATION D'EMPLOI DES CIMENTS COURANTS

L'absence de signe dans une colonne n'interdit pas l'utilisation du ciment correspondant mais signifie que d'autres liants sont conseillés pour des raisons économiques ou techniques.	32,5	42,5					42,5R			52,5			52,5R	
	CPJ	CLK	CHF	CLC	CPJ	CPA	CLK	CPJ	CPA	CHF	CPJ	CPA	CPJ	CPA
Maçonnerie														
Béton courant (non armé ou fondation)														
Béton armé (structures porteuses)														
Béton armé avec décoffrage accéléré														
Produits préfabriqués en béton non armé														
Eléments préfabriqués en béton armé (poutres, prédalles, panneaux)														
Béton précontraint														
Stabilisation des sols et graves ciment														
Travaux en grandes masses														
Travaux en milieux agressifs (eau de mer ou eaux sulfatées, terrains gypseux) (prise mer)														
Travaux par temps froid														

***Tout en respectant les spécifications des normes qui fixent les conditions d'emplois d'emploi de chaque liant, il faut retenir que :***

Les CPJ-CEM II 32.5 conviennent bien pour les travaux de maçonnerie et les bétons peu sollicités.

En fondation, si le milieu est agressif il faudra utiliser des ciments à forte teneur en laitier (CHF, CLK et CLC). (les eaux agressives attaquent les ciments à base principale de clinker).

En élévation, il faut au contraire éviter l'emploi des ciments riches en laitier parce qu'ils sont sensibles à la dessiccation, qui durcissent moins vite que les portland et qui peuvent provoquer des efflorescences.

Pour réaliser des bétons de masse il est préférable d'utiliser des ciments à faible chaleur d'hydratation (*ex.*: CPJ).

Pour les travaux de béton armé on peut utiliser tous les ciments portland (CPA et CPJ)

Pour les travaux de béton précontraint on utilise tous le ciment portland artificiel (CPA)

Pour le traitement des sols, la réalisation d'assise de chaussée ou de chaussée béton on utilise les CPJ.

Les classes R seront préférés pour les travaux exigeant des hautes résistances initiales pour permettre un décoffrage rapide par exemple).

# GRANULATS POUR BETON HYDRAULIQUE

Un granulat est constitué par un ensemble de grains minéraux appelés fines, sables, gravillons ou cailloux suivant leurs dimensions comprises entre 0 et 80 mm. Les granulats constituent le « squelette » du béton. Peu déformables, ils améliorent la résistance de la matrice de ciment en s'opposant à la propagation des micro-fissures provoquées dans la pâte par le retrait.

Terminologie	Fines	Sable	Gravillons	cailloux	Graves
d (mm)	-	< 1	> 1	> 20	
D (mm)	< 0.08	0.08 à 6.3 inclus	< 31.5	< 80	6.3 à 80 inclus

Terminologie des granulats selon leurs dimensions.

## I – CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

### Granulométrie (XP P 18-540) :

Elle permet, par tamisage du granulat sur une série de tamis à mailles carrées de dimensions d'ouverture décroissantes et pesée du refus sur chaque tamis, de déterminer la granularité, c'est-à-dire l'échelonnement des dimensions des grains contenus dans un granulat.

La courbe granulométrique donne les pourcentages cumulés en masse, de grains passant dans les tamis successifs (fig. 1).

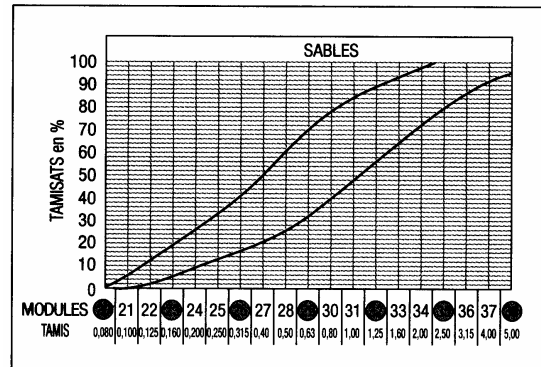


Fig. 1. Exemple de courbes granulométriques des sables.

### Classe granulaire (XP P 18-540) :

Elle est notée  $d/D$ ,  $d$  et  $D$  sont respectivement la plus petite et la plus grande dimension des grains du granulat (tableau 1). Si  $d < 0,5$  mm, le granulat est désigné  $0/D$ .

Une granulométrie discontinue, à partir de deux classes granulaires faciles à trouver chez les distributeurs de granulats (ex. : sable 0/5 et gravillon 15/25), convient pour les bétons courants tout en limitant les stockages sur chantier.

### Module de finesse d'un sable ( $M_f$ ) (XP P 18-540) :

Il caractérise la granularité et a pour expression :  $M_f = 1/100 (\sum r_i)$

avec  $r_i$  refus cumulés en % pour les tamis 0,16 ; 0,315 ; 0,63 ; 1,25 ; 2,5 ; 5 ; 10 ; 20 ; 40 ; 80.

On préférera utiliser un sable tel que  $M_f = 2,5 \pm 0,3$  sachant que pour une fourniture donnée, la tolérance maximale est de 20 %.

### Forme des grains (XP P 18-540) :

Elle est caractérisée par un coefficient d'aplatissement  $A$  fonction de la plus grande dimension des grains et de son épaisseur conventionnelle. On doit avoir  $A < 30$  %.

## II – CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

### Masse volumique apparente (NF P 18-554 et -555) :

C'est la masse du granulat sec occupant l'unité de volume. Elle dépend du tassement des grains.

Les granulats stockés sur chantier sont souvent humides. Leur teneur en eau notée  $w(\%)$ , déterminée sur petit chantier par séchage et pesées, doit être connue afin de déduire la quantité d'eau apportée lors d'un dosage de béton. Les sables foisonnent (augmentation de volume pouvant atteindre 20 à 25 % pour des teneurs en eau de 4 à 5 %). Leur dosage, s'il est fait en volume, devra être corrigé.

Masse volumique	Kg / m <sup>3</sup>
Apparente	1400 à 1600
Absolute (vide entre grains déduits)	2500 à 2600

Tableau 2. Granulats roulés silico-calcaires.

**Porosité** : C'est le rapport (en %) du volume des vides contenu dans les grains au volume des grains. Elle est très faible pour les granulats courants, importante pour les granulats légers.

### Propreté des granulats :

Pour les cailloux et gravillons : c'est le pourcentage de passant au tamis de 0,5 mm ; le seuil est fixé à 2 % et 5 % pour des granulats concassés s'ils satisfont au Nota 2 du tableau 3.

Pour un sable, la propreté est définie par l'essai d'équivalent de sable (tableau 3) sur la fraction 0/5 mm (NF P 18-598 : séparation du sable des matières argileuses par lavage).

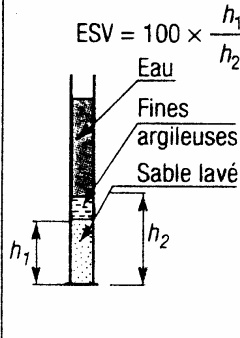
Définition de (E.S.V.)	Valeurs imposées (NF P 18-301)	
 $ESV = 100 \times \frac{h_1}{h_2}$	Nature du sable	ESV $\geq$
	Sable de concassage et de broyage	65
	Autres sables	75
	(1) Ces valeurs peuvent être portées à 80 pour certaines utilisations. (2) Si ESV est inférieur à ces valeurs, le sable est conforme si la valeur de bleu (NF P 18-595) est inférieure ou égale à 1 g pour 100 grammes de fines	

Tableau 3. Essai d'Équivalent de Sable à Vue (ESV) (NF P 18-598).

La présence de particules argileuses dans le sable, en abaissant l'adhérence « pâte de ciment/granulats », est défavorable à la mise en œuvre et aux performances finales du béton. D'autres impuretés (matières organiques, sulfates ou sulfures, chlorures, éléments coquilliers, lignites ou scories) sont à limiter selon la norme NF P 18-301.

### III – CARACTERISTIQUES MECANQUES

#### *Essai Derval et Micro Deval (NF P 18-572 et -577) :*

On reproduit les phénomènes d'usure auxquels sont soumis notamment les granulats utilisés pour les bétons routiers. Pour un granulat donné, la résistance à l'usure est caractérisée par le coefficient Micro-Deval (MDE), rapport de la masse des fragments passant au tamis de 1,6 mm mesurée en fin d'essai à la masse de l'échantillon d'essai.

#### *Essai Los Angeles (NF P 18-573) :*

On détermine la résistance à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements réciproques. Pour un granulat donné, cette résistance est caractérisée par le coefficient Los Angeles (LA), rapport de la masse des fragments passant au tamis de 1,6 mm mesuré en fin d'essai à la masse de l'échantillon d'essai. Pour des granulats susceptibles d'être soumis aux effets du gel, on peut mesurer le LA après une série de 25 cycles gel/dégel (- 25°C, + 25°C) et le comparer au LA de référence.

### IV – LES DIFFERENTS TYPES DE GRANULATS

Quand le terme « granulats » est employé sans qualificatif, il s'agit de granulats naturels de masse volumique absolue (Mvabs) comprise entre 2 000 et 3 000 kg/m<sup>3</sup>.

#### *Les granulats naturels courants :*

Ils n'ont subi que des opérations de transformation de type mécanique: concassage, criblage, lavage...

On les distingue selon leur origine :

- **Origine minéralogique :** roches sédimentaires (siliceuses ou calcaires), roches métamorphiques (quartz ou quartzites), roches éruptives (basaltes, granites, porphyres).
- **Origine « d'extraction »**
  - Granulats alluvionnaires dits roulés (forme acquise par l'érosion).
  - Granulats de carrières aux formes angulaires (obtenus par abattage et concassage).

#### *Les granulats artificiels :*

On distingue :

- les sous-produits industriels (concassés ou non) : laitier concassé et laitier granulé
- les granulats très durs (ferreux) élaborés industriellement et notamment utilisés pour renforcer la résistance à l'usure de dallages industriels;
- les granulats légers obtenus par expansion ou frittage: les plus usuels sont l'argile ou le schiste expansé (NF P 18-309) et le laitier expansé (NF P 18-307) ;
- les granulats très légers (20 à 100 kg/m<sup>3</sup> pour des bétons de masse volumique comprise entre 300 et 600 kg/m<sup>3</sup>) d'origine végétale, minérale ou organique (ex. : bois, polystyrène expansé...). Ils sont utilisés pour des bétons d'isolation, blocs coffrants, blocs de remplissage.

## V – CRITERES DE CHOIX DES GRANULATS

*On doit prendre en compte trois « grands » critères :*

### • Critère 1 : Adéquation granulats/béton

Caractéristique	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 matières organiques	Influence défavorable sur la prise et le durcissement. Chutes de résistance.
Teneur élevée en sulfates, sulfures, chlorures	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/pâte.  Peu importante généralement ; certains sables concassés peuvent parfois être défavorables à la mise en œuvre du béton et à sa compacité finale.  Importante pour la bonne composition du béton.
Forme des grains et angularité	
Granulométrie	

### • Critère 3 : Choix selon l'emploi du béton

Emploi	Densité	Granulats
Bétons classiques pour le chantier ou la préfabrication	2,2 à 2,4	Tous granulats roulés ou concassés avec préférence pour les siliceux, calcaires ou silico-calcaires.
Bétons apparents architectoniques		Dito ci-dessus + porphyres, basaltes, granites, diorites, qui offrent une palette très riche d'aspects et de teintes.
Bétons légers	de structure	1,5 à 1,8 Argile ou schiste expansé, laitier expansé.
	semi-isolants semi-porteurs	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, briques, silico-alumineux, laitiers, granulats spéciaux.
Bétons ou chapes pour dallages industriels (abrasion importante)	2,4 à 3	Corindon, carborundum, granulats métalliques.

### • Critère 2 : Adéquation à l'emploi selon la roche d'origine

Roche d'origine	Coefficient MDE	Dilatation $\mu\text{m/m } ^\circ\text{C}$	Propriétés	Difficultés rencontrées	Possibilité d'emploi pour le béton
Éruptives					
Granites	15 à 19	8 à 12	Dures et compactes, bonne résistance au gel		Oui pour la plupart
Diorites	16				
Porphyres	16/17				
Basaltes	20				
Métamorphiques					
Quartzites	17 à 20	10	Dures et compactes Inattaquables chimiquement		Granulats de qualité utilisés pour les parements
Marbres	15 à 20	10 à 12			Oui
Schistes			Sensibles au gel	Présence de fines friables	Uniquement schistes durs
Gneiss					
Sédimentaires					
Calcaires	12 à 15	6 à 8	Bonne adhérence au mortier		Oui
Dolomies	10 à 12				Essais préalables



# LES ADJUVANTS

Un adjuvant est un produit incorporé aux bétons, mortiers ou coulis (notés (B, M, C)) lors du malaxage ou avant la mise en oeuvre qui modifie certaines de leurs propriétés à l'état frais ou durci.

Chaque adjuvant a une fonction principale, caractérisée par la (ou les) modification(s) majeure(s) apportée(s), et des fonctions secondaires (souvent indépendantes de la fonction principale) pouvant entraîner des effets non recherchés.

L'emploi d'un adjuvant, dosé normalement (< 5 % de la masse du ciment), ne peut entraîner une diminution de certaines caractéristiques du béton que dans les limites autorisées par la norme NF P 18-103, sans altérer les armatures ou les fils de précontrainte.

NF P 18-		342					337	342	
<i>Adjuvant</i>		Réducteurs d'eau	Plastifiants	Super-plastifiants	Accélérateur de durcissement	Accélérateur de prise	Retardateur de prise	Entraîneur d'air	Hydrofuge de masse
<i>Propriété modifiée</i>									
Ouvrabilité			+	+					
Temps de prise						-	+		
Résistance	Court terme (3j)	+			+	+	-		
	Long terme (<28j)	+					+		
Air occlus								+	
Perméabilité sous pression hydraulique				-					-
Résistance au gel du béton durci								+	
Compacité		+	+	+					
Etat de surface		+					+		
+ : augmentation ; - : diminution									

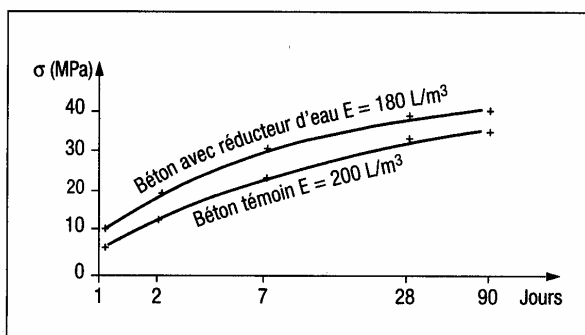
## ADJUVANTS MODIFIANT L'OUVRABILITE

En modifiant le comportement rhéologique des bétons, mortiers et coulis à l'état frais avant le début de prise, ils diminuent la viscosité de la pâte.

### Les réducteurs d'eau-plastifiants :

Ils augmentent les résistances mécaniques (voir figure ci-contre) par une réduction de la teneur en eau (10 à 35 L/m<sup>3</sup> de béton), à même ouvrabilité. Cela entraîne une augmentation de la compacité et donc une durabilité accrue du béton.

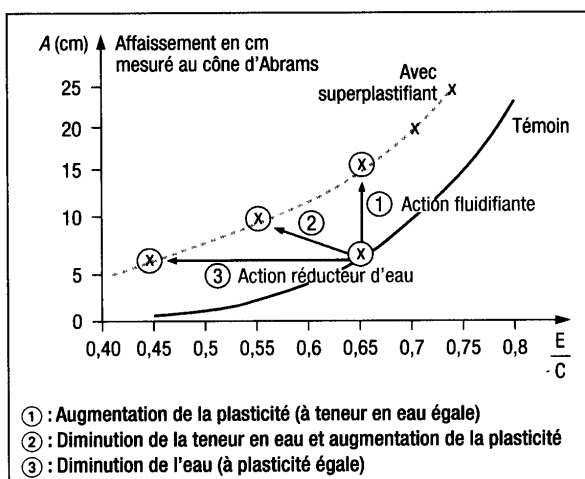
Augmentation de la résistance à l'aide d'un adjuvant réducteur d'air ➡



### Les superplastifiants :

Ils provoquent un fort accroissement de l'ouvrabilité (pendant 30 à 60 min) à même teneur en eau. Introduits en général peu avant la mise en oeuvre, il n'y a ni ségrégation, ni ressuage si des précautions sont prises.

Modes d'action des superplastifiants ➡



## **ADJUVANTS MODIFIANT LA PRISE ET LE DURCISSEMENT**

Produits chimiques solubles dans l'eau, ils modifient les solubilités des différents constituants des ciments et surtout leur vitesse de dissolution. Leur action se traduit par une évolution différente de la résistance d'un béton, mortier ou coulis adjuvanté comparée à celle du témoin.

### ***Accélérateurs de prise et de durcissement (NF P 18-342) :***

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

L'accélération recherchée a parfois pour contrepartie une résistance mécanique ultérieure plus faible que celle du témoin non adjuvanté.

Ils sont à recommander pour les bétonnages par temps froid, les décoffrages rapides, les scellements, les travaux en galerie, les travaux sous l'eau...

### ***Retardateurs de prise (NF P 18-337) :***

Introduits dans l'eau de gâchage, ils augmentent les temps de début et de fin de prise du ciment dans les bétons, mortiers ou coulis.

Par rapport au témoin, l'augmentation du temps de début de prise est comprise entre 1 heure et 3 jours.

Ils nécessitent une parfaite maîtrise du dosage. En excès, ils peuvent stopper totalement la prise.

Ils sont particulièrement recommandés pour les bétonnages par temps chaud, pour le béton prêt à l'emploi, les bétonnages en grande masse et la technique des coffrages glissants. Ils permettent aussi de faciliter les reprises de bétonnage.

## **ADJUVANTS MODIFIANT CERTAINES PROPRIETES DU BETON**

### ***Entraîneurs d'air (NF P 18-342) :***

Ils provoquent la formation, dans les bétons, mortiers ou coulis, de micro bulles d'air (uniformément réparties dans la masse) jouant le rôle de « chambres d'expansion ». Ces micro bulles, mieux réparties que les bulles d'air naturellement contenues dans le béton (environ 30 L/m<sup>3</sup> soit 3 %), coupent les réseaux des capillaires et limitent le développement des contraintes dues au gel de l'eau.

L'ouvrabilité est améliorée. Mais on constate une diminution des résistances mécaniques non compensée par la réduction possible de la quantité d'eau. Il est donc préférable d'augmenter l'ouvrabilité à l'aide d'un plastifiant ou d'un superplastifiant.

### ***Hydrofuges de masse (NF P 18-342) :***

Ils diminuent l'absorption capillaire des bétons, mortiers ou coulis durcis et confèrent une bonne étanchéité au béton. Ils sont utilisés pour les bétons d'ouvrages hydrauliques (canaux, murs de fondation, retenues d'eau...) et les mortiers d'étanchéité (chapes, joints de maçonnerie, galeries de tunnels).

---

# **L'EAU DE GACHAGE**

L'eau entrant dans la composition du béton ne doit pas contenir d'éléments nuisibles et d'impuretés en quantités telles qu'ils pourraient porter préjudice à la prise, au durcissement et à la durabilité du béton ou provoquer une corrosion des armatures.

Les eaux potables fournies par un réseau public de distribution conviennent à tous les types de béton.

Les eaux de rinçage et de recyclage d'installation du bétonnage sont habituellement utilisables: leur aptitude est à vérifier pour certains bétons.

Les eaux de ruissellement, les eaux pompées dans la nappe phréatique, les eaux de rejets industriels doivent subir un essai de convenance (NF P 18-303).

L'eau de mer, les eaux saumâtres peuvent être utilisées pour du béton non armé uniquement.

Les eaux usées et les eaux vannes ne conviennent pas.