

***Les Principes
de formulation
du Béton***

Les Principes de formulation du Béton

I – Généralités sur le béton

Le béton est le matériau composite le plus utilisé pour la construction dans le monde !

**Environ 50 Milliard de tonnes en 2011
soit 3 m³ par personne**

- Façonnable à volonté
- Façonnable à température ambiante
- Ne nécessite pas de cuisson
- Accessible à tous
- Il peut être coulé sur place ou pré-façonné (préfabrication en éléments)

Les matériaux de construction misent sur le marché doivent être conçus à des niveaux de performances à la hauteur des ouvrages dans lesquels ils sont incorporés à fin de répondre aux 6 exigences essentielles:

- 1 – La stabilité et la résistance mécanique (charges permanentes et charges d'exploitations),
- 2 – La résistance aux contraintes externes (pluie, neige, chocs, attaques chimiques, séismes, volcans, ...),
- 3 – L'hygiène, la santé et l'environnement,
- 4 – La sécurité (lors de la construction et surtout pendant l'exploitation),
- 5 – La protection contre le bruit ([isolation acoustique](#)),
- 6 – L'économie d'énergie et l'isolation thermique.

Qu'est ce qui peut influencer la formulation d'un béton ?

- 1 – Le liant (ciment, bitume, résine, argile) quantité et qualité
- 2 – Granulat (disponibilité, granulométrie, densité, nature ...)
- 3 – L'eau de gâchage (nature, quantité relative, ...)
- 4 – la mise en œuvre et la mise en place :



C'est sur qu'il y'a une différence entre malaxer un béton manuellement ou à l'aide d'une bétonnière ou dans une centrale à béton; puis même le temps du malaxage joue, (moins de temps qu'il en faut ou plus de temps peut influencer sur la qualité du béton).

Béton non vibré

Béton vibré



Le temps de transport et le moyen aussi peuvent influencer sur le béton

Un béton compacté est mieux qu'un autre, le béton vibré est encore mieux, tandis qu'un béton autoplaçant donne des résultats incomparables.

5 - le climat (température, humidité, cycle de gel)

6 - La nature chimique des produits en contact permanent

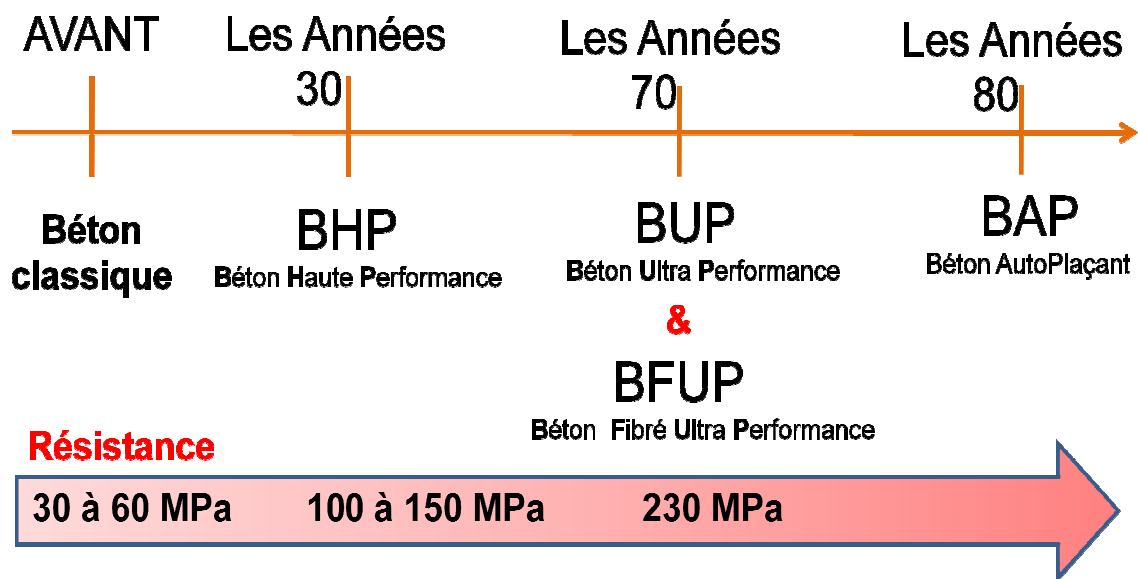
7 - ... etc.

Les propriétés rhéologiques du béton à l'état frais peuvent permettre de distinguer différents types de béton :

- **béton vibré** : nécessite une vibration (aiguille vibrante, banche vibrante ...) pour une bonne mise en place dans le coffrage ;
- **béton compacté au rouleau** : béton très raide qui est mis en place à l'aide d'un rouleau compresseur (utilisé principalement pour les chaussées, les pistes d'atterrissage ou les barrages);
- **béton projeté** : béton raide mis en place par projection sur une surface verticale ou en surplomb (il existe deux techniques : la projection par voie humide et la projection par voie sèche) ;
- **béton pompé** : béton fluide qui peut être acheminé sur plusieurs centaines de mètres à l'aide d'une pompe à béton ;
- **béton auto-plaçant** et **béton auto-nivelant** : bétons très fluides qui ne nécessitent pas de vibration, la compaction s'effectuant par le seul effet gravitaire.

II L'évolution des bétons

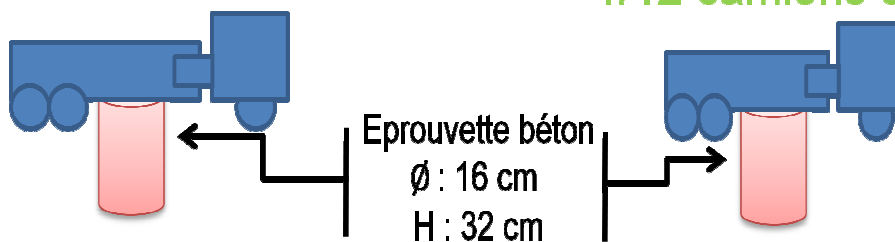
Le béton, comme tout autre matériau et technique, a connu une évolution très remarquable ces dernières années, l'illustration suivante montre comment la résistance à la compression du béton a pu passer de 30 à plus de 230 MPa :



ainsi, grâce aux recherches scientifiques (nous faisons allusions aux différentes techniques de formulation du béton) et à la naissance des centrales à béton, le contrôle des livraison se fait de moins en moins, pour passe d'un camion sur cinq à un camion sur douze.

1/5 camions de 38 t

1/12 camions de 38 t



III - Principes de formulation du Béton

Le Béton, matériau de construction le plus utilisé, est Constitué d'au moins 4 composants :

- 1) Le liant (**sur ce chapitre nous n'allons étudier que le ciment**)
- 2) Les Granulats
- 3) L'Eau de gâchage
- 4) L'Air
- 5) éventuellement un ou plusieurs adjuvants.

Le Ciment

(voir le chapitre Ciment)



On appelle granulats les matériaux d'origine minérale, (gravillons, sables, sablons et fillers) ou artificiel (Polystyrène, copeaux d'acier, copeaux ou sciure de bois...) qui entrent dans la composition des bétons.

I - Différents types de granulats

Les granulats utilisés pour le béton sont soit d'origine naturelle, soit artificiels.

1. Les granulats naturels

En roche meuble (sédimentaire) :

- Silice
- Silico-calcaire
- Calcaire massif

En roche éruptive (volcanique) :

- Basalte
- Granite
- Porphyre
- Diorite

En roche métamorphique :

- Quartzite
- Schistes
- Marbre et Gneiss

La masse volumique réelle de ces granulats est comprise entre 2,5 et 2,9 g/cm³.

Granulats roulés et granulats de carrières

Indépendamment de leur origine minéralogique, on classe les granulats en deux catégories:

1. Les granulats alluvionnaires, dits roulés, dont la forme a été acquise par l'érosion. Ces granulats sont lavés pour éliminer les particules argileuses, nuisibles à la résistance du béton et cribléton et criblés pour obtenir différentes classes de dimension. Bien qu'on puisse trouver différentes roches selon la région d'origine, les granulats utilisés pour le béton sont le plus souvent siliceux, calcaires ou silico-calcaires.

2. Les granulats de carrière sont obtenus par abattage et concassage, ce qui leur donnent des formes angulaires. Une phase de précriblage est indispensable à l'obtention de granulats propres. Différentes phases de concassage aboutissent à l'obtention des classes granulaires souhaitées. Les granulats concassés présentent des caractéristiques qui dépendent d'un grand nombre de paramètres: origine de la roche, régularité du banc, degré de concassage La sélection de ce type de granulats devra donc être faite avec soin et après accord sur échantillon.

2. Les granulats artificiels

Sous-produits industriels, concassés ou non

Les plus employés sont le laitier cristallisé concassé et le laitier granulé de haut fourneau obtenus par refroidissement à l'eau.

La masse volumique apparente est supérieure à 1 250 kg/m³ pour le laitier cristallisé concassé, 800 kg/m³ pour le granulé.

Ces granulats sont utilisés notamment dans les bétons routiers. Les différentes caractéristiques des granulats de laitier et leurs spécifications font l'objet des normes NF P 18-302 et 18-306.

Granulats à hautes caractéristiques élaborés industriellement

Il s'agit de granulats élaborés spécialement pour répondre à certains emplois, notamment granulats très durs pour renforcer la résistance à l'usure de dallages industriels (granulats ferreux, carborundum...) ou granulats réfractaires.

Granulats allégés par expansion ou frittage

Ces granulats, très utilisés dans de nombreux pays comme la Russie ou les Etats- Unis, n'ont pas eu en Europe le même développement, bien qu'ils aient des caractéristiques de résistance, d'isolation et de poids très intéressantes.

Les plus usuels sont l'argile ou le schiste expansé (norme NF P 18-309) et le laitier expansé (NF P 18-307). D'une masse volumique variable entre 400 et 800 kg/m³ selon le type et la granularité, ils permettent de réaliser aussi bien des bétons de structure que des bétons présentant une bonne isolation thermique.

Les grains de poids intéressants puisque les bétons réalisés ont une masse volumique comprise entre 1200 et 2000 kg/m³.

Les granulats très légers

Ils sont d'origine aussi bien végétale et organique que minérale (sciure de bois, polystyrène expansé).

Très légers - 20 à 100 kg/m³ - ils permettent de réaliser des bétons de masse volumique comprise entre 300 et 600 kg/m³.

On voit donc leur intérêt pour les bétons d'isolation, mais également pour la réalisation d'éléments légers: blocs coffrants, blocs de remplissage, dalles, ou rechargements sur planchers peu résistants.

3. Autres granulats

- Légers : Argile expansée, pouzzolane, Polystyrène, sciure de bois, billes de verre.
- Lourds : Barytes, hématites, copeaux d'acier, laitiers.
- Matériaux de recyclage : Granulats à base de matériaux recyclés (bétons, briques, ...).

La masse volumique réelle de ces granulats est comprise entre 0,15 et 7,9 g/cm³.

II - Classification des granulats

On trie les granulats par dimension au moyen de tamis (mailles carrées) et de passoirs (trous circulaires) et on désigne une classe de granulats par un ou deux chiffres. Si un seul chiffre est donné, c'est celui du diamètre maximum D exprimé en mm; si l'on donne deux chiffres, le premier désigne le diamètre minimum d, des grains et le deuxième le diamètre maximum D.

Il existe quatre classes granulaires principales caractérisées par les dimensions des granulats rencontrées (Norme NFP18-101):

Fillers	→	D < 2 mm avec plus de 70% ≥ 0,063 mm
Sablons	→	D ≤ 1 mm avec moins de 70% ≥ 0,063 mm
Sables	→	1 mm < D ≤ 5 mm
Gravillons	→	1 mm ≤ D ≤ 150 mm naturel – 125 mm Artificiel

Il peut être utile dans certains cas d'écrire la classification suivante:

Classes granulaires des granulats

APPELLATION		Maille des tamis (mm)
Pierres cassées et cailloux	Gros	50 à 80
	Moyens	31,5 à 50
	petits	20 à 31,5
Gravillons	Gros	12,5 à 20
	Moyens	8 à 12,5
	petits	5 à 8
Sable	Gros	1,25 à 5
	Moyens	0,31 à 1,25
	petits	0,08 à 0,31
Fines, Farines et Fillers		< à 0,08

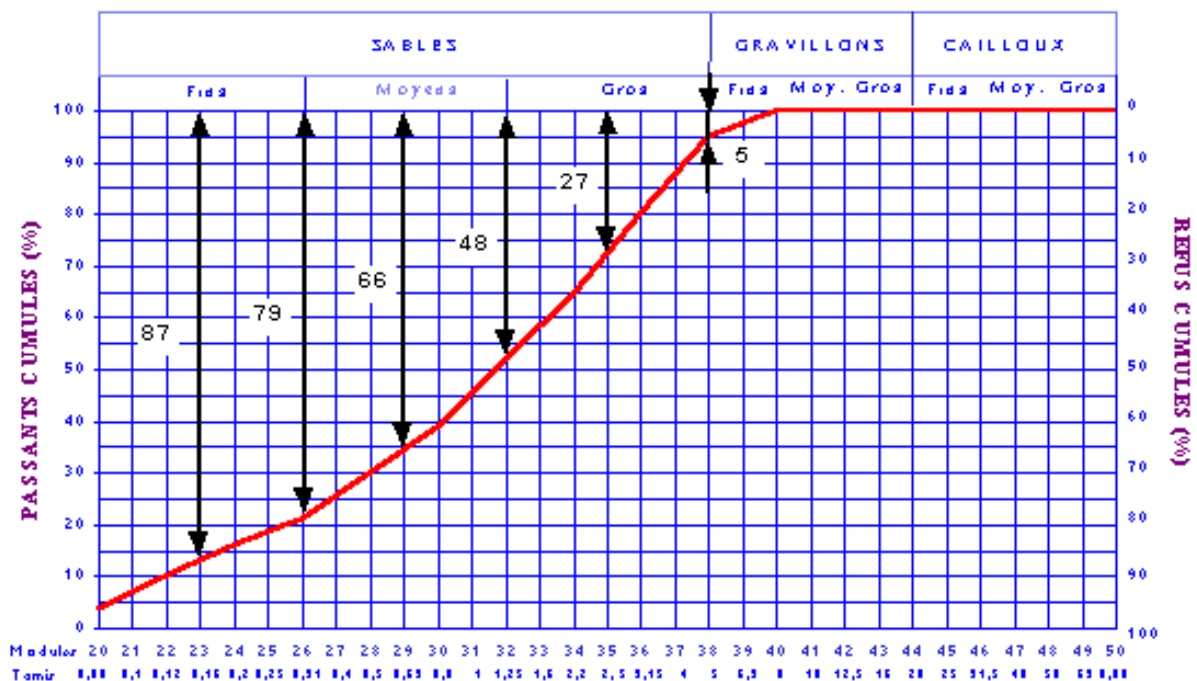


III - Module de finesse

Le module de finesse (Mf) d'un granulat est égal au 1/100 de la somme des refus cumulés (exprimée en pourcentage) des fraction granulaires obtenues sur les tamis de modules :

23 - 26 - 29 - 32 - 35 - 38 - 41 - 44 - 47 - 50 (respectivement des tamis de la série 0,16 mm - 0,315 mm - 0,63 mm - 1,25 mm - 2,5 mm - 5 mm - 10 mm - 20 mm - 40 mm et 80 mm).

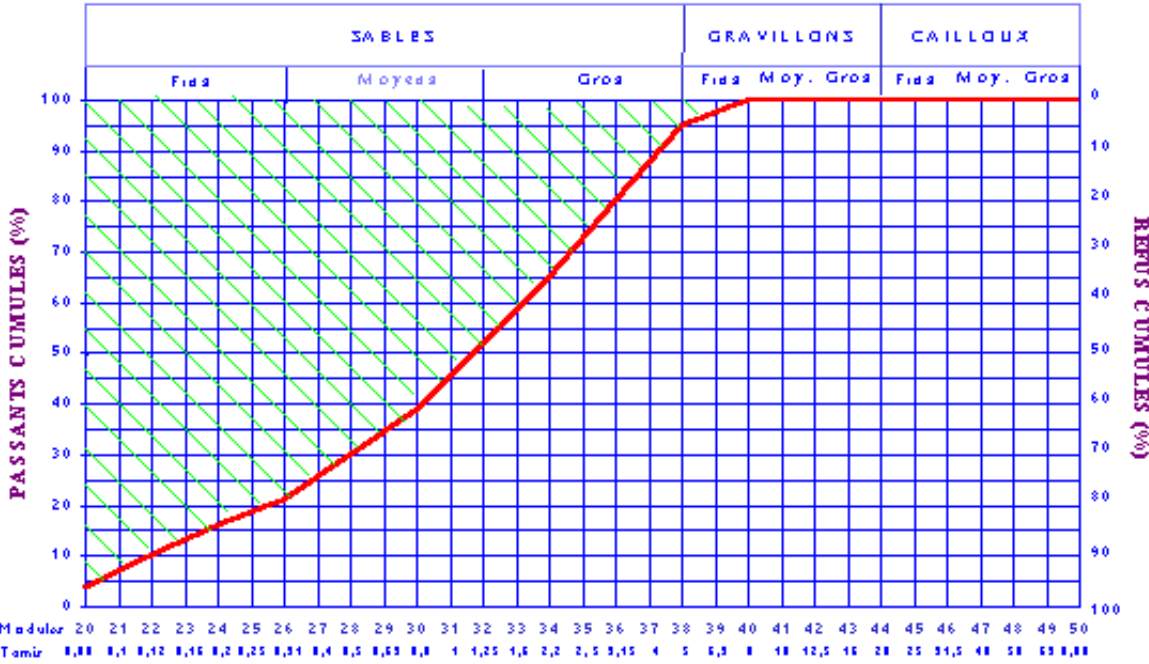
ANALYSE GRANULOMETRIQUE



Exemple 1 : $M_f = (87 + 79 + 66 + 48 + 27 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0) / 100 = 3,12\%$

Le module de finesse est un nombre compris entre 0 et 10 qui caractérise la finesse des granulats du matériau. Un matériau grossier à un module de finesse qui se rapproche de 10, un matériau fin à un module de finesse qui tend vers zéro. Le module de finesse est proportionnel à la surface située au-dessus de la courbe granulométrique du matériau (surface hachurée en vert sur l'exemple suivant).

ANALYSE GRANULOMETRIQUE



Exemple 1 : $M_f = (87 + 79 + 66 + 48 + 27 + 5 + 0 + 0 + 0 + 0) / 100 = 3,12\%$

Dans la formulation du béton le rapport $\frac{\text{Gravillon}}{\text{Sable}}$ influence sur :

Compacité : légèrement plus élevée pour $\frac{\text{G}}{\text{S}}$ supérieur à 1,2.

Résistance à la compression : meilleure pour $\frac{\text{G}}{\text{S}}$ supérieur à 1,2.

Ouvrabilité : un peu moins bonne pour $\frac{\text{G}}{\text{S}}$ supérieur à 1,2.

Pour les bétons courants il convient de ne pas dépasser un **G/S** supérieur à 1,2.

Compacité : Qualité témoignant du rapport entre le volume théorique absolu, c'est-à-dire sans vide, d'un corps sec et son volume apparent. Une compacité de 0,95 indique que 5 % de vides subsistent dans le matériau considéré.

Résistance à la compression : Capacité d'un béton à résister à des sollicitations de compression à l'état frais et surtout après durcissement.

Ouvrabilité : Qualification de l'aptitude d'un béton à être mis en oeuvre, par exemple à être coulé dans un coffrage.

L'EAU DE GÂCHAGE

Seule l'eau potable peut être reconnue pour la fabrication du béton; L'eau de mer est interdite pour les bétons armés et précontraints.

Toutes les eaux usées, de rejets industriels, de ruissellements doivent faire l'objet d'un contrôle selon la norme en vigueur.

La teneur en chlorure dans l'eau ne doit jamais excéder 500mg/litre.

L'hydratation s'accompagne d'un dégagement de chaleur.

Pour hydrater 100 Kg de Ciment, entre 25 et 50 litres d'eau sont nécessaires selon le but recherché.

Le Rôle de l'Eau

- l'eau permet l'hydratation de la pâte de ciment.
- elle mouille la surface des granulats pour que la pâte de ciment puisse y adhérer.
- elle favorise la maniabilité du béton (la mise en œuvre et la mise en place)

Rapport important dans la formulation du béton

La quantité d'eau relative à la quantité du ciment a des impacts sur le béton à l'état frais et après durcissement.

$\frac{\text{Eau}}{\text{Ciment}}$

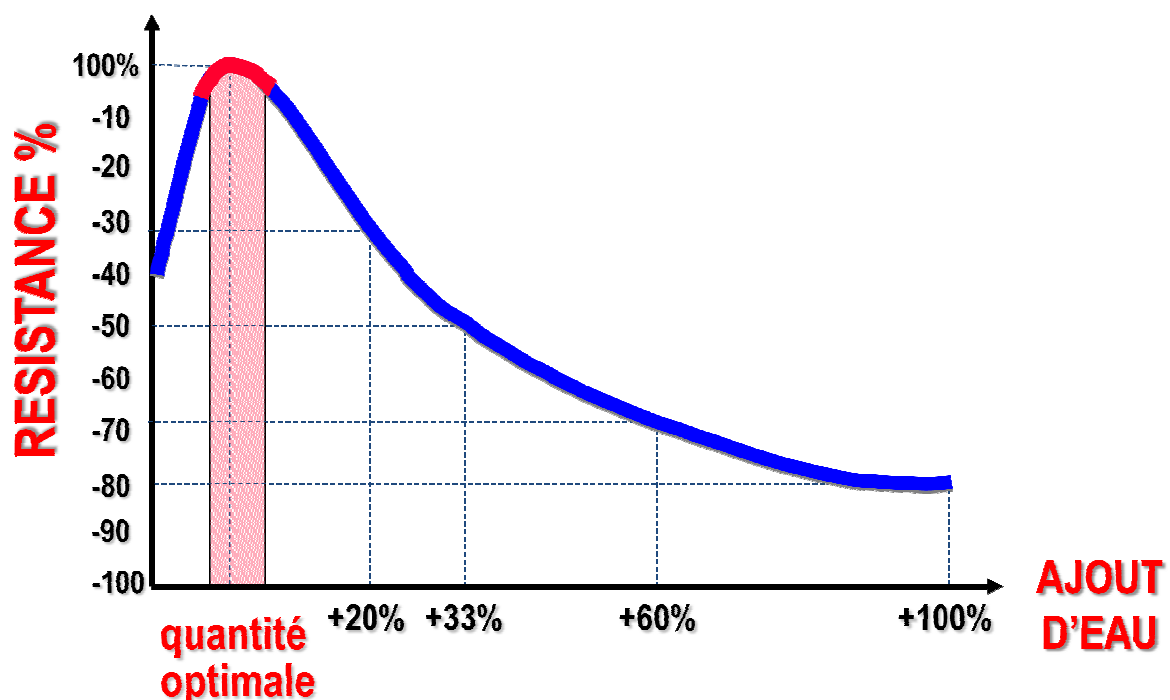
influence sur :

- la résistance mécanique
- la porosité
- le retrait hydraulique

Exemple de $\frac{G}{S}$:

- = 0,3 pour les bétons BHP & BUHP
- = 0,5 pour les bétons courants
- > 0,6 à éviter

Une modification du dosage en eau par rapport à la quantité optimale entraîne une incidence importante sur les résistances mécaniques



IV - Principes fondamentaux

En vue de satisfaire aux objectifs :

- de résistance mécanique,
- de durabilité,
- d'esthétique,
- d'étanchéité,
- ...

formuler un béton consiste à intégrer des paramètres essentiels tels que :

- la qualité des matériaux disponibles,
- la nature du projet à réaliser,
- les moyens de mise en œuvre disponibles sur le site,
- la qualité de l'environnement dans lequel va "vivre" l'ouvrage à réaliser,
- les conditions de mise en place (pompage, vibration, compactage, ...),
- les délais de décoffrage et de réalisation.
- ...

Désignation de la norme

La norme **EN 206-1** définit trois types de bétons :

- les Bétons à Propriétés Spécifiées : **BPS**
- les Bétons à Composition Prescrite : **BCP**
- les Bétons à Composition Prescrite dans une Norme : **BCPN**

Les BPS :

Il s'agit de béton pour lequel les propriétés requises et les caractéristiques supplémentaires sont spécifiées au producteur qui est responsable de fournir un béton satisfaisant à ces exigences.

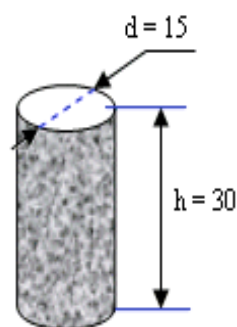
Les spécifications de base conforment à la norme NF EN 206-1 sont les suivantes:

- 1) Classe de résistance en compression.
- 2) Classe de consistance.
- 3) Classe de teneur en chlorures.
- 4) Dimension maximale des granulats.
- 5) Classe d'exposition.

La teneur en ciment pour les BPS découle du choix de la classe d'exposition.

1) Classe de résistance en compression.

La classe de résistance à la compression des bétons à 28 jours est désignée par la lettre C de "Concrète" suivi de deux nombres correspondant aux résistances mesurées $\pm 5\%$ (en MPa) respectivement sur une éprouvettes cylindriques (généralement de $h=300\text{mm}$ et $\varnothing=150\text{mm}$) et une autre cubiques (généralement du côté $c=150\text{mm}$) (par exemple C20/25 ; C30/37).



La dimension de l'éprouvette pour mesurer la résistance en compression

2 faces planes,
perpendiculaires aux
généatrices



Le surfaçage au soufre de l'éprouvette pour l'essai sous presse

La résistance d'un béton est une notion toute relative et elle dépend de la méthode d'essai utilisée (comprenant la forme des éprouvettes) la classe de ciment, dès le choix de la qualité des granulats, la chaîne de bétonnage etc.

Le béton de l'ouvrage a des résistances différentes de celles du même béton essayé sur éprouvettes d'essai normalisé (il y a l'effet de masse et une hydratation différente du fait des évolutions des températures elles-mêmes différentes).

N.B : - La norme XP P18-305 admettait 10% de résultats en dessous de la résistance caractéristique spécifiée jusqu'à 30MPa et 5% au-dessus de 30MPa.

- La norme NF EN 206-1 impose donc des spécifications plus sévères et gage de plus grande qualité.

pour les bétons de masse volumique normale et les bétons lourds		
Classe de résistance à la compression	Résistance caractéristique minimale	
	sur cylindres	sur cubes
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

2) Classe de consistance

La consistance d'un béton est l'état de sa fermeté et de sa compacité avant le début de sa prise.

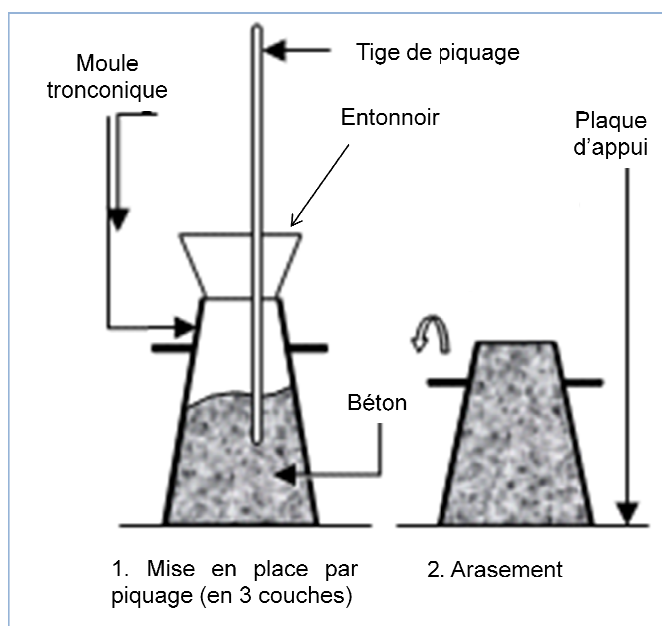
La caractéristique essentielle du béton frais est l'ouvrabilité, qui conditionne non seulement sa mise en place pour le remplissage parfait du coffrage et du ferrailage, mais également ses performances à l'état durci.

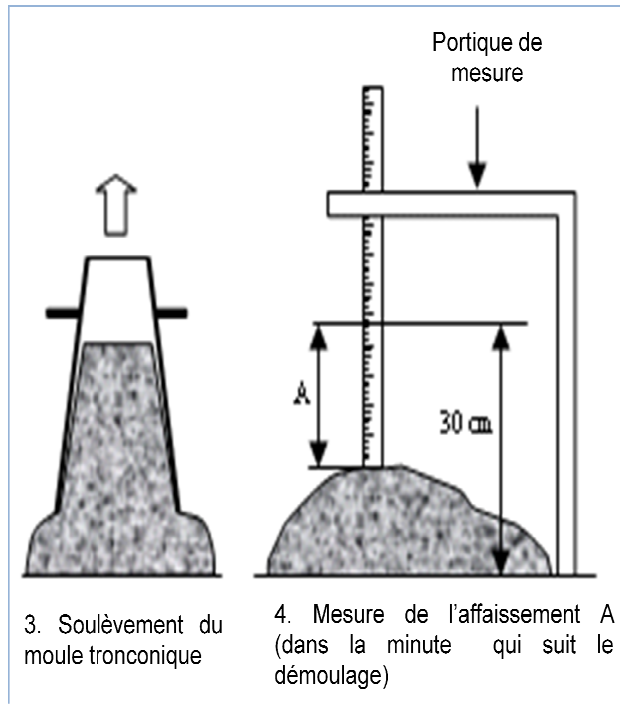
Il existe un très grand nombre d'appareils de mesure de l'ouvrabilité du béton reposant sur des principes différents. Certains mesurent une compacité, d'autres un temps d'écoulement ou encore utilisent l'énergie potentielle du béton ou nécessitent un apport d'énergie extérieur.

On comprend qu'il est difficile de convenir d'un tel appareil tenant compte de tous les bétons possibles pour tous les usages et qui tiennent compte aussi des différents facteurs de l'ouvrabilité. Certains appareils sont utilisés à la fois par les laboratoires et par les chantiers. La distinction proposée est donc parfois assez artificielle, sauf dans le cas d'appareillage très élaboré.

Affaissement au cône d'Abrams.

Cet essai (slump-test) est incontestablement un des plus simples et des plus fréquemment utilisés, car il est très facile à mettre en œuvre. Il ne nécessite qu'un matériel peu coûteux et peut être effectué directement sur chantier par un personnel non hautement qualifié mais ayant reçu simplement les instructions nécessaires au cours de quelques séances de démonstration.





Les classes d'affaissement au cône d'Abrams sont les suivantes :

**BPS
NF EN 206-1**

S1
S2
S3
S4
S5 (nouvelle classe)

	S1	S2	S3	S4	S5
Affaissement en mm	10-40	50-90	100-150	160-210	>220
	béton extrudés	béton plastique	béton très plastique	béton fluide	béton auto plaçant

3) Classe de teneur en chlorure

Selon la norme **NF EN 206-1** cette classe est définie par le rapport (masse total des chlorures présent dans le béton) / (masse de ciment)

Ainsi la classe de teneur en chlorure est désignée comme suit :

CL 0,20	Béton précontraint	avec 0,20% de chlorure
CL 0,40	Béton armé	avec 0,40% de chlorure
CL 0,65	Béton armé CEM III	avec 0,65% de chlorure
CL 1,00	Béton non armé	avec 1,00% de chlorure

CEM III amène des chlorures non nocifs consommés par le laitier

4) Dimension maximale des granulats

[Voir la partie dédiée aux granulats](#)

5) Classe d'exposition

Selon la Norme **NF EN 1992-1-1** Section 4 Article 4.2 : Actions physiques et chimiques auxquelles la structure est exposée en plus des actions mécaniques :

Prescrire un béton durable nécessite d'apprécier, dès sa conception, l'ensemble des contraintes environnementales, agressions et attaques potentielles qu'il aura à subir pendant toute sa durée d'utilisation.

Le Choix de la classe d'exposition est la Responsabilité du donneur d'ordre

La norme définit **SIX CLASSES D'EXPOSITION**, -sous formes de deux grandes familles, la 1^{ère} se converge vers les expositions courantes et la 2^{ème} vers les expositions particulières- en fonction des actions dues à l'environnement.

L'application du nouveau contexte normatif conduit à poser en amont les questions associées à la durabilité attendue. Il faut anticiper les conditions d'environnement et d'exploitation de l'ouvrage, ce qui peut entraîner des itérations et des choix du meilleur compromis entre alternatives.

Les deux grandes familles des expositions d'expositions :

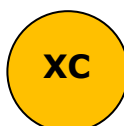
Les expositions courantes

- X0 aucun risque de corrosion ni attaque (béton non armé)
- XC corrosion induite par carbonatation (béton armé)
- XF risques d'attaque due aux cycles gel/dégel

les expositions particulières

- XS corrosion induite par des chlorures d'origine marin
- XD corrosion induite par des chlorures non marin
- XA attaques chimiques

Risque de corrosion par carbonatation










Béton armé ou précontraint

CLASSE D'EXPOSITION	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT
XC1	Sec ou Humide en permanence
XC2	Humide, rarement sec
XC3	Humidité modérée
XC4	Alternance d'humidité et sécheresse



Risque de gel dégel

XF

Gel 		
Faible Modéré		
Sévère		



Corrosions des armatures par les chlorures

XD ou XS

Béton armé ou précontraint

CLASSE D'EXPOSITION	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT
XS1	Exposé à l'air véhiculant du sel marin, mais pas en contact direct avec l'eau de mer
XS2	Immergé en permanence
XS3	Zones de marnage, zone soumises à des projections ou à des embruns
XD1	Humidité modérée
XD2	Humide, rarement sec
XD3	Alternance d'humidité et de séchage

Avec existence du sel non marin

Attaques chimiques



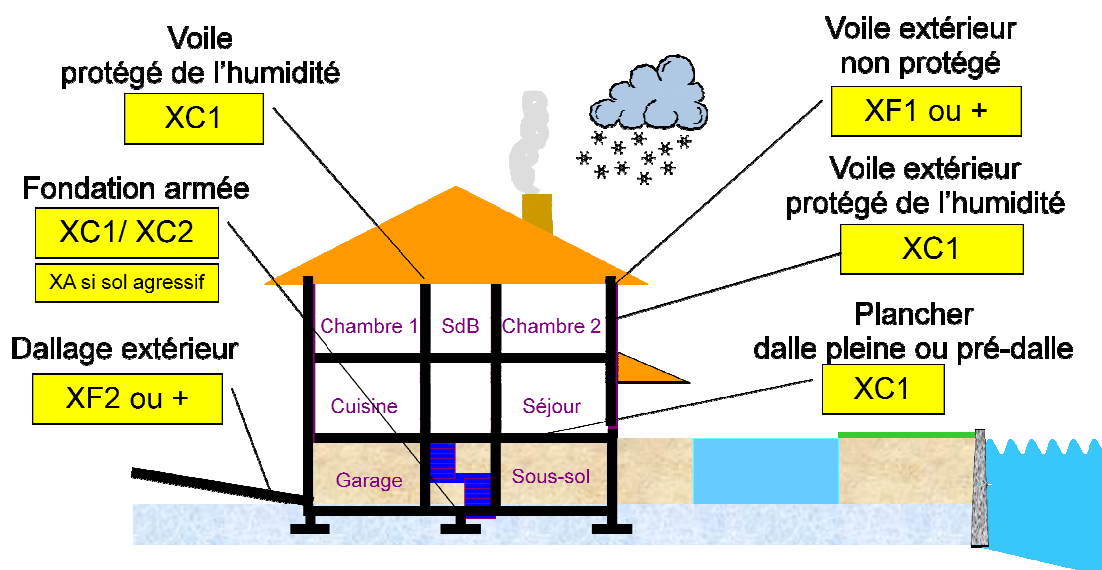
Eaux de surface et souterraines :

	XA1	XA2	XA3
Sulfate mg/l	>200 et <600	>600 et < 3000	>3000 et < 6000
Ph	<6.5 et >5.5	<5.5 et >4.5	<4.5 et >4.0
Ammoniac mg/l	>15 et <30	>30 et < 60	>60 et < 100
Gaz carbonique mg/l	>15 et <40	>40 et < 100	> 100
Magnésium mg/l	>300 et <1000	>1000 et < 3000	>3000

Sol :

Sulfate mg/kg	>2000 et <3000	>3000 et < 12000	>12000 et < 24000
---------------	----------------	------------------	-------------------

Exemple des classes d'expositions



X0 Pour les bétons non armés ou faiblement armés avec enrobage d'au moins 5 cm ne subissant aucune agression,

Comparaison entre les classes d'expositions

	Aucun risque de corrosion ou d'attaque	Corrosion induite par carbonatation			
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4
Rapport E/C maximal	-	0,60	0,60	0,60	0,60
Classe de Résistance minimale	-	C 20 - 25	C 20 - 25	C 25 - 30	C 25 - 30
Qté minimal de Ciment (kg/m3)	150	260	260	280,00	280,00
Teneur minimale en air (%)	-	-	-	-	-
Cendres volantes (*)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Fumées de silice (*)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Laitier moulu (*)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Addition calcaire (*)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Addition siliceuse (*)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Ciment au Label	-	-	-	-	-

(*) Rapport maximal A/A+C
E = eau efficace & C = liant équivalent

	Attaque gel / dégel			
	XF1	XF2	XF3	XF4
Rapport E/C maximal	0,60	0,55	0,55	0,45
Classe de Résistance minimale	C 25 - 30	C 25 - 30	C 30 - 37	C 30 - 37
Qté minimal de Ciment (kg/m3)	280	300	315	340
Teneur minimale en air (%)	-	4	4	4
Cendres volantes (*)	0,30	0,30	0,30	0,15
Fumées de silice (*)	0,10	0,10	0,10	0,10
Laitier moulu (*)	0,30	0,30	0,30	0,15
Addition calcaire (*)	0,25	0,25	0,25	0,05
Addition siliceuse (*)	0,20	0,20	0,20	0,05
Ciment au Label	-	PM	-	PM - ES

(*) Rapport maximal A/A+C
E = eau efficace & C = liant équivalent

	Corrosion induite par les chlorures					
	Eau de mer			Chlorures d'origine non marin		
	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3
Rapport E/C maximal	0,55	0,55	0,50	0,60	0,55	0,5
Classe de Résistance minimale	C 30 - 37	C 30 - 37	C 35 - 45	C 25 - 30	C 30 - 37	C 35 - 45
Qté minimal de Ciment (kg/m3)	330	330	350	280	330	350
Teneur minimale en air (%)	-	-	-	-	-	-
Cendres volantes (*)	0,15	0,15	0,15	0,30	0,15	0,15
Fumées de silice (*)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Laitier moulu (*)	0,15	0,15	0,15	0,30	0,15	0,15
Addition calcaire (*)	0,05	0,05	0,05	0,25	0,05	0,05
Addition siliceuse (*)	0,15	0,15	0,15	0,20	0,15	0,15
Ciment au Label	PM	PM	PM	PM	PM	PM

(*) Rapport maximal A/A+C
E = eau efficace & C = liant équivalent

	Environnements chimiquement agressifs		
	XA1	XA2	XA3
Rapport E/C maximal	0,55	0,50	0,45
Classe de Résistance minimale	C 30 - 37	C 35 - 45	C 40 - 50
Qté minimal de Ciment (kg/m3)	330	350	385
Teneur minimale en air (%)	-	-	-
Cendres volantes (*)	0,30	0,30	0,00
Fumées de silice (*)	0,10	0,10	0,10
Laitier moulu (*)	0,30	0,30	0,00
Addition calcaire (*)	0,00	0,00	0,00
Addition siliceuse (*)	0,00	0,00	0,00
Ciment au Label	PM - CP	ES	ES

(*) Rapport maximal A/A+C
E = eau efficace & C = liant équivalent

Les BCP :

Il s'agit de béton pour lequel la composition et les constituants à utiliser sont spécifiés au producteur par le prescripteur.

la responsabilité du producteur se limite au respect de la composition prescrite.

Les spécifications de base conforment à la norme NF EN 206-1 sont les suivantes:

- 1) Dosage en ciment.
- 2) Classe de résistance à la compression.
- 3) Rapport **Eau** efficace / **Liant** équivalent ou consistance.
- 4) Dimension maximale des granulats.
- 5) Type et catégorie des granulats.
- 6) Type et quantité des adjuvants ou additions.

La teneur en ciment pour les BPS découle du choix de la classe d'exposition.

Dosage en ciment.

Pour le béton "standard" tous usages : il faut le doser à 350 Kg de ciment par mètre cube de béton. Ce dosage s'obtient très facilement par la règle des 1-2-3 : pour remplir la bétonneuse, mettre 1 seau de ciment, 2 seaux de sable, 3 de graviers.

Dosage en masse pour obtenir 1 m³ de produit

Produit	Volume de ciment	Volume de sable	Volume de graviers	Volume d'eau
Béton pour fondations, scellement de piquets de clôture, etc.	1 300 kg/m³	2,5 720 kg	3,5 1165 kg	1/4 à 1/2 150 litres
Béton tous usages linteaux, poteaux	1 350 kg/m³	2 680 kg	3 1175 kg	1/3 à 1/2 175 litres
Mortier	1 400 kg/m³	4 1400 kg	0	1/3 à 1/2 200 Litres

N.B : Le volume d'eau est désigné par rapport à la masse du ciment.

Les BCP dans une Norme :

Ce type de béton est réservé à certains ouvrages simples de bâtiment, cas d'ouvrage d'Art. (chantier de catégorie A, tel que défini dans la norme NF P 18-201 article 6.5)