



APPUI TECHNIQUE

Les mortiers et bétons

SOMMAIRE

1 GENERALITES	Page 03
----------------------------	----------------

2 MORTIERS & BETONS	Page 03
--------------------------------------	----------------

a) Les liants	Page 05
---------------	---------

b) Les granulats	Page 09
------------------	---------

c) L'eau de gâche	Page 10
-------------------	---------

d) Les adjuvants	Page 11
------------------	---------

e) Les fibres	Page 14
---------------	---------

3 LES BETONS NORMALISES	Page 15
--------------------------------------	----------------

4 EN RESUME	Page 24
--------------------------	----------------

1) Généralités

Economique et facilement manipulable, le béton peut être utilisé dans **divers domaines** tels que dans la construction ou l'art. A la fois **résistant et durable**, il répond à de nombreux **critères de performance**, ce qui explique son omniprésence actuelle. Sa composition **variant** en fonction des différents constituants présents dans le mélange, il est dorénavant possible de fabriquer le béton de vos envies !

De quoi est composé votre béton ?

Avant d'entrer dans les détails de sa composition, il est nécessaire de donner une définition au béton. Ce dernier est ce qu'on appelle un **matériau composite**. Il est le résultat de différents constituants mélangés dans des proportions pouvant varier. De manière générale, les principaux ingrédients employés sont le sable, le gravier, le ciment, le tout gâché avec de l'eau.

Le saviez-vous ?

Quelle est la différence entre le béton et le mortier ?

La recette est en fait presque la même ! Mais contrairement au béton, le mortier est **dépourvu de graviers**. Ils ne jouent donc pas le même rôle. Le mortier est plus souvent utilisé comme matériau de liaison mais on peut également faire appel à lui pour réparer ou enduire.

2) Mortiers & bétons

Définitions:

Le béton est une roche artificielle composée de granulats agglomérés par un liant hydraulique (en général du ciment). Le béton permet de réaliser, par moulage, banchage, ou coffrage, toutes sortes de pièces et de volumes qui, après durcissement, présentent une bonne cohésion et une résistance élevée, surtout en compression.

Le mortier est "un béton" de granulats limités aux sables ($D \leq 6,3$ mm). Les mortiers sont utilisés pour lier (maçonner les petits éléments), pour enduire (imperméabilisation et parements des murs, chapes), mais aussi pour coller, ragréer, jointoyer, isoler, sceller...

Principes de composition des mortiers et des bétons :

Comment faire du béton ? Avant tout, il faut savoir pourquoi on en a besoin car le **dosage change** en fonction des nécessités ! Voici donc une liste non-exhaustive de dosages pour différents usages.

Selon le choix des constituants, et leurs dosages respectifs, on peut obtenir des bétons et des mortiers aux caractéristiques très diverses, dont certaines peuvent être modifiées ou améliorées par l'adjonction d'adjuvants.

Le dosage est exprimé en poids de liant par mètre cube de granulats. Tout dosage ainsi constitué avec un m³ de granulats donne à peu près un m³ de béton ou de mortier.

Les dosages courants dans le bâtiment :

BÉTONS		MORTIERS	
Dosage	Utilisation	Dosage	Utilisation
200 kg/m ³	Béton de propreté	350 kg/m ³	Mortier de pose
250 kg/m ³	Semelles béton ordinaire	400 kg/m ³	Chapes et Enduits
300 kg/m ³	Murs en béton banché	700 kg/m ³	Arases étanches
350 kg/m ³	Ouvrages en béton armé		

Pour ouvrages courants, pour ouvrages en milieu agressif augmenter le dosage.

Liste non-exhaustive de dosages pour différents usages :

	Dosage pour 1 m ³ de béton		
	Béton de fondation	Dallage béton	Béton armé
Ciment	350 kg	300 kg	400 kg
Granulat	1050 kg	1100 kg	980 kg
Sable	800 kg	830 kg	720 kg
Eau de gâchage	175 L	155 L	195 L

Les constituants des bétons et mortiers :

- a - Des liants.**
- b - Des granulats.**
- c - De l'eau.**
- d - Des adjuvants.**
- e - Des fibres.**

a. Les liants

Ce sont les “**agents collants**” qui doivent “**souder**” les granulats.

Les 2 principaux sont : *Les ciments.
 *Les chaux.

Les liants hydrauliques sont des poudres minérales qui forment avec l’eau une pâte **faisant prise et durcissant progressivement**, même à l’abri de l’air, notamment sous l’eau.

LES CIMENTS :

- **LA NATURE DU CIMENT.**

On distingue les cinq catégories principales de ciments :

Désignation	Équivalent	Utilisations
CEM I CPA	Ciment Portland	Béton Armé, Béton Précontraint, bétons HP Préfabrication béton, travaux courants de bâtiment et d’ouvrages d’arts...
CEM II CPJ	Ciment Portland composé	Travaux courants de bâtiment et de Génie Civil, bétons armés ou non, BPE, enduits, mortiers bâtards...
CEM III CHF	Ciment de haut-fourneau	BPE pour les bétons courants, ouvrages d’arts soumis aux environnements agressifs et les ouvrages massifs.
CEM IV CLK	Ciment de laitier au clinker	Bétons en milieux agressifs ou humides
CEM V CLC	Ciment au laitier et aux cendres	Bétons armés ou non en contact avec des milieux agressifs, travaux souterrains et bétons en grande masse.

Nota : CEM représente les 3 premières lettres de CEMENT (ciment en anglais)

• DENOMINATION DES CEMENTS SPECIAUX.

Principaux types	Notation des 27 produits (types de ciment courant)		Composition (pourcentage en masse) ^{a)}											Constituants secondaires
			Constituants principaux											
			Clinker	Laitier de haut fourneau	Fumée de silice	Pouzzolanes		Cendres volantes		Schiste calciné	Calcaire			
						Naturelle	Naturelle calcinée	Silicieuse	Calorique					
K	S	D ^{b)}	P	Q	V	W	T	L	LL					
CEM I	Ciment Portland	CEM I	95-100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
CEM II	Ciment Portland au laitier	CEM II/A-S	80-94	6-20	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
		CEM II/B-S	65-79	21-35	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
	Ciment Portland à la fumée de silice	CEM II/A-D	90-94	—	6-10	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
	Ciment Portland à la pouzzolane	CEM II/A-P	80-94	—	—	6-20	—	—	—	—	—	—	0-5	
		CEM II/B-P	65-79	—	—	21-35	—	—	—	—	—	—	0-5	
		CEM II/A-Q	80-94	—	—	—	6-20	—	—	—	—	—	0-5	
		CEM II/B-Q	65-79	—	—	—	21-35	—	—	—	—	—	0-5	
	Ciment Portland aux cendres volantes	CEM II/A-V	80-94	—	—	—	—	6-20	—	—	—	—	0-5	
		CEM II/B-V	65-79	—	—	—	—	21-35	—	—	—	—	0-5	
		CEM II/A-W	80-94	—	—	—	—	—	6-20	—	—	—	0-5	
		CEM II/B-W	65-79	—	—	—	—	—	21-35	—	—	—	0-5	
	Ciment Portland au schiste calciné	CEM II/A-T	80-94	—	—	—	—	—	—	6-20	—	—	0-5	
		CEM II/B-T	65-79	—	—	—	—	—	—	21-35	—	—	0-5	
	Ciment Portland au calcaire	CEM II/A-L	80-94	—	—	—	—	—	—	—	6-20	—	0-5	
		CEM II/B-L	65-79	—	—	—	—	—	—	—	21-35	—	0-5	
		CEM II/A-LL	80-94	—	—	—	—	—	—	—	—	6-20	0-5	
		CEM II/B-LL	65-79	—	—	—	—	—	—	—	—	21-35	0-5	
	Ciment Portland composé ^{c)}	CEM II/A-M	80-94	← 6-20 →									0-5	
		CEM II/B-M	65-79	← 21-35 →									0-5	
CEM III	Ciment de haut fourneau	CEM III/A	35-64	36-65	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
		CEM III/B	20-34	66-80	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
		CEM III/C	5-19	81-95	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
CEM IV	Ciment pouzzolanique ^{c)}	CEM IV/A	65-89	—	← 11-35 →					—	—	—	0-5	
		CEM IV/B	45-64	—	← 36-55 →					—	—	—	0-5	
CEM V	Ciment composé ^{c)}	CEM V/A	40-64	18-30	—	← 18-30 →			—	—	—	—	0-5	
		CEM V/B	20-38	31-50	—	← 31-50 →			—	—	—	—	0-5	

a) Les valeurs indiquées se réfèrent à la somme des constituants principaux et secondaires.

b) La proportion de fumées de silice est limitée à 10 %.

c) Dans le cas des ciments Portland composés CEM II/A-M et CEM II/B-M, des ciments pouzzolaniques CEM IV/A et CEM IV/B et des ciments composés CEM V/A et CEM V/B, les constituants principaux, autres que le clinker, doivent être déclarés dans la désignation du ciment (voir un exemple à l'article 8).

- Le classement des ciments couramment utilisés :

Désignation de la classe	Résistance à la compression (en MPa)			
	Résistance à court terme		Résistance courante	
	à 2 jours	à 7 jours	à 28 jours	
32,5 N	–	≥ 16	≥ 32,5	≤ 52,5
32,5 R	≥ 10	–		
42,5 N	≥ 10	–	≥ 42,5	≤ 62,5
42,5 R	≥ 20	–		
52,5 N	≥ 20	–	≥ 52,5	–
52,5 R	≥ 30	–		

Nota : Chaque classe de ciment (32,5-42,5-52,5) est complétée d'une sous-classe :

N (normal)

R (rapide) : résistance élevée à court terme

Exemple de marquage



LES CHAUX :

Leurs propriétés sont proches de celles des ciments :

- **XHN** : chaux hydrauliques naturelles.
- **XHA** : chaux hydrauliques artificielles.

Les chaux sont utilisées pour la fabrication des mortiers de pose ou d'enduit.

Appui technique – Les mortiers et bétons

Les avantages et inconvénients des 2 liants principaux :

• **Le ciment** : donne des mortiers à durcissement rapide, très résistants, mais sujets à la fissuration (pas de souplesse). (d : 1,1).

• **La chaux** : donne des mortiers à durcissement lent, moins résistants, mais beaucoup moins sensibles aux retraits. Un mortier de chaux est plus souple donc plus facile à mettre en œuvre. (d : 0,8).

Nota : Dans de nombreux cas d'utilisation, ces deux liants hydrauliques se complètent pour donner, par exemple, des mortiers dit « **bâtards** ».

Les mortiers doivent être adaptés à la dureté des éléments de construction :

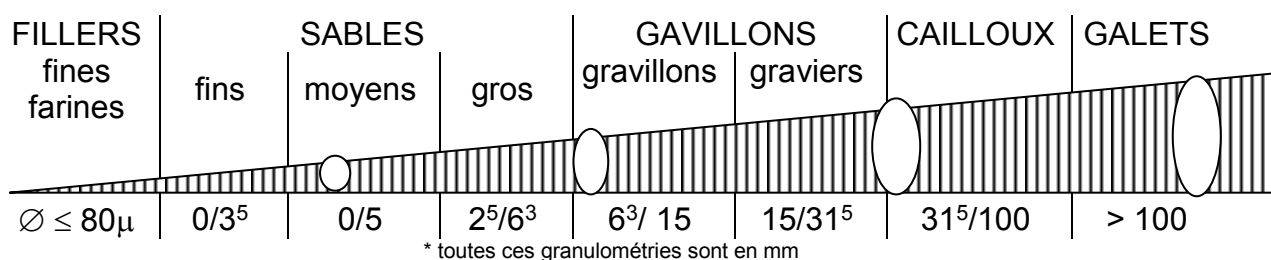
Mortier	Destination
Mortier de ciment.	- Maçonnerie d'agglos et de pierres dures, chapes.
Mortier bâtard. Ciment + chaux.	- Maçonnerie de briques et de pierres tendres. - Enduits sur murs maçonnés.
Mortier de chaux.	- Rénovation et constructions provisoires.

b. Les granulats

La norme XP P 18-540 indique la terminologie usuelle des granulats selon leurs dimensions :

- **Fillers** 0/D : D < 2 mm
- **Sablons** 0/D : D < 1 mm
- **Sables** 0/D : 1 < D < 6,3 mm
- **Gravillons** d/D : d > 1 mm ; D < 125 mm
- **Graves** 0/D : D > 6,3 mm
- **Ballast** d/D : d ≥ 25 mm ; D ≤ 50 mm

Le classement commun des granulats (ou agrégats) :



Les granulats doivent être propres (pas de poussière, ni d'argile) et inertes (ils ne doivent pas provoquer de réaction chimique avec le ciment).

Chaque classe doit présenter une granulométrie constante et régulière.

Les granulats ont deux origines principales :

LES ROULÉS	LES CONCASSÉS
De sablières	De carrières
D'origine alluvionnaire, ces granulats ronds se mettent facilement en œuvre et leur résistance supérieure, par leurs formes arrondies, convient à la fabrication des bétons pour le bâtiment.	Ce sont des roches massives minées puis broyées, les granulats qui en sont issus sont donc fragilisés. Leurs formes anguleuses les rendent difficiles à mettre en œuvre, en revanche ils se coincent sans liant.
Utilisation : bétons, mortiers bâtiment	Utilisation : V.R.D.

*** Granularité pour le béton : (en général).**

2/3 de gros grains.

1/3 de grains fins.

*** Granulométrie du béton : (exemples)**

Continue : Béton Armé (0/14).

Gravillon 10/14 + gravillon 6/10 + sable 0/6.

Discontinue : Béton Drainant.

Gravier 15/25 + sable 0/5.

Utilisation des granulats pour les différents types de béton :

Nature de béton ou de l'ouvrage		Masse volumique du béton	Nature des granulats
Bétons classiques pour le chantier ou la préfabrication		2 200 à 2 400 kg/m ³	Tous granulats roulés ou concassés avec préférence pour les siliceux, calcaires ou silico-calcaires.
Bétons apparents, architectoniques		2 200 à 2 400 kg/m ³	Les mêmes mais aussi les porphyres, basaltes, granites, diorites, qui offrent une palette très riche d'aspect et de teinte.
Bétons légers	Pour structure	1 500 à 1 800 kg/m ³	Argile ou schiste expansé, laitier expansé.
	Semi-isolant	1 000 à 1 500 kg/m ³	Argile expansée, pouzzolane, ponce.
	Isolant	300 à 800 kg/m ³	Vermiculite, liège, bois, polystyrène expansé, verre expansé.
Bétons lourds		3 000 à 5 000 kg/m ³	Corindon, barytine, magnétite.
Bétons réfractaires		2 200 à 2 500 kg/m ³	Corindon, déchets de produits réfractaires, briques, silico-alumineux, laitier, granulats spéciaux.
Bétons ou chapes pour dallages industriels (abrasion importante)		2 400 à 3 000 kg/m ³	Corindon, carborundum, granulats métalliques.
Usages routiers		2 200 à 2 300 kg/m ³	Toutes origines roulés ou concassés.

c- L'eau de gâchage

L'eau forme avec les liants hydrauliques une pâte **faisant prise** et **durcissant progressivement**, c'est le résultat d'une réaction chimique qui dégage de la chaleur. Dans certains cas nous devons tenir compte de ce dégagement important de chaleur qui peut perturber l'aspect, voire la solidité de l'ouvrage en béton, surtout pour les grosses masses.

L'eau, pour partie, aide à la mise en œuvre en lubrifiant les agrégats.

Résumé : Eau \Rightarrow réaction chimique avec le liant hydraulique \cong 50%
Eau \Rightarrow lubrifiant pour la mise en œuvre du béton. \cong 50%

Calcul de la quantité d'eau pour 1 m³ de béton :

$$E = \frac{C}{2}$$

E : quantité d'eau en Kg.
C : quantité de ciment en Kg.

Nota : Nous pouvons remplacer l'eau servant à la lubrification (mise en œuvre) par des adjuvants, afin de diminuer le risque de fissuration de la peau par retrait important.

LA FABRICATION DES MORTIERS ET DES BÉTONS :

- *Mortier de ciment de base :** pour 1 m³ 1,200 m³ de sable 0/6.
350 kg de ciment.
175 litres d'eau.
- *Mortier bâtard de base :** pour 1 m³ 1,200 m³ de sable 0/6.
220 kg de ciment.
160 kg de chaux.
180 litres d'eau.
- *Béton de base :** pour 1 m³ 0,800 m³ de gravillons 6/10 + 10/14.
0,400 m³ de sable 0/6.
350 kg de ciment.
175 litres d'eau

d - Les adjuvants

Se sont des produits, qui ajoutés au béton sous forme de liquide ou de poudre, accroissent leurs performances et leurs possibilités d'emploi.

Quelques exemples d'adjuvants :

*Les plastifiants

Facilitent la mise en œuvre, permettent de réduire l'eau de gâchage, limitent les risques de fissuration.

*Les fluidifiants

*Les retardateurs de prise

*Les accélérateurs de prise

Les entraîneurs d'air
Rendent les bétons plus maniabiles (ouvrables), puis plus résistant au gel.

*Les hydrofuges

*Les produits de cure

Utilisés lorsque l'on veut éviter l'évaporation trop rapide de l'eau de gâchage (enduits, dalles en été...).

Ils se pulvérisent sur les surfaces à protéger.

*Les antigels et antigélifs.

	Plastifiants réducteurs d'eau	Superplastifiants
Dosages	Généralement < 0,5%.	Généralement 0,5% à 3%.
Introduction	Dans l'eau de gâchage.	Dans le béton avant sa mise en œuvre.
Effets sur la mise en œuvre du béton	A maniabilité constante, réduction d'eau > 6,5%.	A rapport eau/ciment constant, grande fluidification du béton : gain d'affaissement d'au moins 8 cm.
Résistances à toutes échéances	Supérieures à celles du témoin. Augmentation minimum 10%.	Par rapport au témoin, légère diminution possible. (≥ 90% des résistances du témoin.)
Effets secondaires favorables	•Augmentation de compacité, diminution de la perméabilité. •Possibilité d'améliorer la résistance du béton aux agents chimiques agressifs.	L'emploi de ces adjuvants peut permettre de réaliser des bétons à hautes performances en utilisant de faibles rapports eau/ciment.
Autres effets	Possibilité d'une légère augmentation de retrait.	
Adjuvants normalisés modifiant la mise en œuvre des bétons et mortiers. (Extrait du guide SYNAD)		

		Accélérateurs de prise	Accélérateurs de durcissement	Retardateurs de prise
Dosage		1 à 3 %	0,2 à 3 %	0,1 à 1 %
Introduction		Dans l'eau de gâchage		
Effets sur la prise		Accélération très variable suivant les dosages, les ciments et la température.		Retard très variable suivant dosages, ciment, température.
Effets sur les résistances	initiales (avant 3 jours)	Augmentées à 1 ou 2 jours.	Augmentées.	Diminuées à 1 ou 2 jours.
	finales (après 28 jours)	Légèrement diminuées (d'autant plus que la prise aura été accélérée).	Inchangées ou légèrement diminuées.	Légèrement augmentées.
Effets secondaires favorables				Amélioration de la maniabilité avec possibilité de réduction d'eau.
Autres effets		Possibilité d'une légère augmentation du retrait.		
Adjuvants normalisés modifiant la prise et le durcissement du ciment. (Extrait du guide SYNAD.)				

	Entraîneurs d'air	Hydrofuges
Dosages	0,01 à 0,5 %	1 à 3 %
Résistances aux cycles gel/dégel	Emploi obligatoire. Bonne amélioration.	
Résistance aux agressions atmosphériques, CO ₂ , atmosphère maritime...	Effet variable.	Amélioration de la résistance grâce à la diminution de la perméabilité à l'air.
Résistance aux agents chimiques agressifs (eaux séléniteuses, eau sulfatée...).	Amélioration possible.	Amélioration grâce à la diminution de la perméabilité du béton.
Effets secondaires favorables.	Amélioration du parement.	

	Rétenteurs d'eau
Dosage	Généralement < 0,5%
Effet sur la mise en œuvre du béton	Diminution du ressuage de 50%
Résistances à toutes échéances	Par rapport au témoin, légère diminution possible (>80% des résistances du témoin)
Effets secondaires favorables	Amélioration de la rhéologie du béton frais dans le cas d'un manque en éléments fins.

En résumé :

		Réducteurs d'eau	Plasti- fiants	Super- plasti- fiants	Accélé- rateurs de durcis- sament	Accélé- rateurs de prise	Retar- dateurs de prise	Entraîneurs d'air	Hydrofuges de masse
Ouvrabilité.			+	+				+	
Temps de prise.						-	+		
Résistances.	Court terme (3 j)	+		+	+	+	-	-	
	Long terme (> 28 j)	+		+		=	+	-	
Air occlus.								+	
Perméabilité sous pression hydraulique.				-					-
Résistance au gel du béton durci.		+						+	
Compacité.		+	+	+					
État de surface.			+					+	

e - Les fibres

Le rôle des fibres est de renforcer, voire de remplacer, l'action des armatures traditionnelles en s'opposant à la propagation des microfissures.



Les fibres courtes contournées par la fissure



Verrouillage d'une fissure par des fibres longues

Les fibres s'opposent à la propagation des microfissures.

Exemples de fibres métalliques

■ Applications

Des propriétés précédentes découlent les applications des bétons de fibres de polypropylène :

- dallages industriels et chaussées ;
- pièces préfabriquées (panneaux décoratifs) ;
- sculptures ;
- éléments réalisés avec coffrages glissants ;
- mortiers projetés ;
- enduits.



3) Les bétons normalisés

La Norme NF EN 206-1 et le DTU 21

La norme NF EN 206-1, avec son annexe nationale, devient la base normative pour tous les bétons de structure.

La norme européenne NF EN 206-1 s'applique à tous les bétons de structure : bétons fabriqués sur chantier, bétons prêts à l'emploi et bétons pour produits préfabriqués, Cette norme s'impose dans l'application des documents d'exécution des ouvrages, en bâtiment notamment le DTU 21 (NF P 18-201), « **Travaux de bâtiment - Exécution des ouvrages en béton** »

NF EN 206-1 (avril 2004) : Béton - Partie 1 : spécification, performances, production et conformité + Amendement A1 (avril 2005) + Amendement A2 (octobre 2005) (Indice de classement : P18-325-1)

3.1 - LA NORME NF EN 206-1 DÉFINIT UNE NOUVELLE TERMINOLOGIE

▪ Les Bétons à Propriétés Spécifiées "BPS" :

Ce sont des bétons dont les performances sont garanties par le fournisseur de BPE. Pour ces bétons, le client-prescripteur doit fournir au producteur la spécification normative complète du béton (classe d'exposition, classe de résistance, classe de chlorures, classe de consistance (classe d'affaissement) et dimension maximale nominale des granulats (D_{max}),...).

▪ Les Bétons à Composition Prescrite "BCP" :

Ce sont des bétons pour lesquels la composition est spécifiée au producteur par le client-prescripteur. Ce dernier a la responsabilité de s'assurer que la composition est conforme aux exigences de la norme et qu'elle peut atteindre les performances attendues dans l'ouvrage. Le producteur est responsable de fournir un béton respectant cette composition prescrite.

Il existe **deux types de BCP** : le **BCP "étude"** et le **BCP "norme"**.

Les classes d'exposition tiennent compte à la fois de la situation du béton (intérieur, extérieur) et des agressions auxquelles il risque d'être soumis.

La prise en compte des environnements climatiques courants (secs ou humides) ainsi que des milieux agressifs (marins ou chimiques), dans lesquels ils sont mis en œuvre, permet d'obtenir des bétons adaptés aux ouvrages.

3. 2 - LE CHAMP D'APPLICATION

La norme européenne NF EN 206-1 est applicable à tous les bétons de structure. Elle contient des règles précises concernant la spécification, la formulation, la fabrication, la livraison et le contrôle de conformité des bétons.

Elle impose la mise à jour des documents d'exécution des ouvrages, en particulier le DTU 21 "**Exécution des ouvrages en béton**" publié en mars 2004. La norme NF EN 206-1 s'impose à l'entreprise de construction et au concepteur d'ouvrages en béton, Elle référence expresse, établie par le Code des Assurances, au respect des règles de l'art, des DTU et des normes, la norme NF EN 206-1 devient **incontournable**.

3. 3 - LES AVANCEES DE LA NOUVELLE NORME

Sécurité et fiabilité des bétons produits, grâce à **l'augmentation des contrôles qualité et à l'augmentation de la résistance moyenne des bétons courants** et en raison d'une réduction des marges de tolérance par rapport à la résistance garantie.

Une meilleure durabilité car la norme NF EN 206-1 définit 18 classes d'exposition, regroupées par risque de corrosion ou d'attaques, en fonction des conditions environnementales auxquelles le béton est soumis. Le client-prescripteur fera un choix, lors de sa commande, parmi ces différentes classes.

Une plus grande clarté : la commande des BPS doit préciser la classe de résistance, la classe d'exposition, la classe de consistance, la dimension maximale nominale des granulats et la classe de chlorures.

Les bétons prêts à l'emploi utilisés sur chantiers doivent être conformes aux spécifications de la norme NF EN 206-1. Ils sont utilisés dans tous types de structure en béton armé, non-armé et précontraint.

3. 4 - LES BPS

Les Bétons à Propriétés Spécifiées (BPS) sont formulés de façon à garantir la qualité pour la classe d'exposition spécifiée.

Fabriqués par les centrales de béton prêt à l'emploi, les BPS se substituent aux anciens BCN de la norme XP P 18-305. Les spécifications de base des BPS sont les suivantes :

a. La classe de consistance

Elle est choisie parmi les classes d'affaissement mesurées au cône d'Abrams :

Classes d'affaissement	Affaissement en mm
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	150-210
S5	≥ 220

b. La classe de résistance à la compression

Lors de sa commande, le client indique la classe de résistance à la compression dont il a besoin pour son ouvrage. Cette classe de résistance à la compression est exprimée sous la forme "**C X / Y**" où :

- X est la résistance caractéristique du béton à 28 jours mesurée sur cylindre
- Y la résistance caractéristique du béton à 28 jours mesurée sur cube.
(Y est supérieur à X du fait de la forme des éprouvettes utilisées).

Les classes courantes sont les suivantes : **C20/25, C25/30, C30/37 et C35/45.**

c. La classe d'exposition

La norme NF EN 206-1 définit plusieurs classes d'exposition suivant le type d'agression que le béton peut avoir à subir dans l'ouvrage :

> **Aucun risque de corrosion ou d'attaque :**

- * **X0** : Béton non armé ou faiblement armé avec un enrobage d'au moins 5 cm ne subissant aucune agression.

> **Corrosion des armatures induite par carbonatation :**

- * **XC1** : Sec (faible humidité de l'air ambiant).
- * **XC2** : Humide, rarement sec (ex. un grand nombre de fondations ; en France cette classe est assimilée à **XC1**).
- * **XC3** : Humidité modérée (humidité de l'air ambiant moyenne ou élevée ; en France cette classe est assimilée à XF1).
- * **XC4** : Alternance d'humidité et de séchage (en France cette classe est assimilée à XF1).

> **Corrosion induite par les chlorures ayant une origine autre que marine (sels divers) :**

- * **XD1** : Humidité modérée (surfaces de bétons exposées à des chlorures transportés par voies aérienne ; en France cette classe est assimilée à XF1).
- * **XD2** : Humide, rarement sec (ex. piscines en béton non complètement protégé).
- * **XD3** : Alternance d'humidité et de séchage (ex. dalles de parc de stationnement de véhicules).

> **Corrosion induite par des chlorures présents dans l'eau de mer :**

- * **XS1** : Béton exposé à l'air véhiculant du sel marin (ouvrages situés sur une zone de 1 km le long du littoral ; en France cette classe est assimilée à XS2).
- * **XS2** : Béton immergé en permanence dans l'eau de mer.
- * **XS3** : Zones de marnage ou zones soumises à des projections ou des embruns.

> Cycles de gel/dégel, avec ou sans sels de déverglaçage (sauf spécifications particulières) :

- * XF1 : zone de gel faible ou modéré.
- * XF2 : zone de gel faible ou modéré + sels de déverglaçage.
- * XF3 : zone de gel sévère.
- * XF4 : zone de gel sévère + sels de déverglaçage.

Les zones de gel sont définies par la carte donnée en figure NA.2 de la norme NF EN 206-1, complétée par le fascicule Afnor de documentation FD P 18-326 « Zones de gel en France » de novembre 2004.

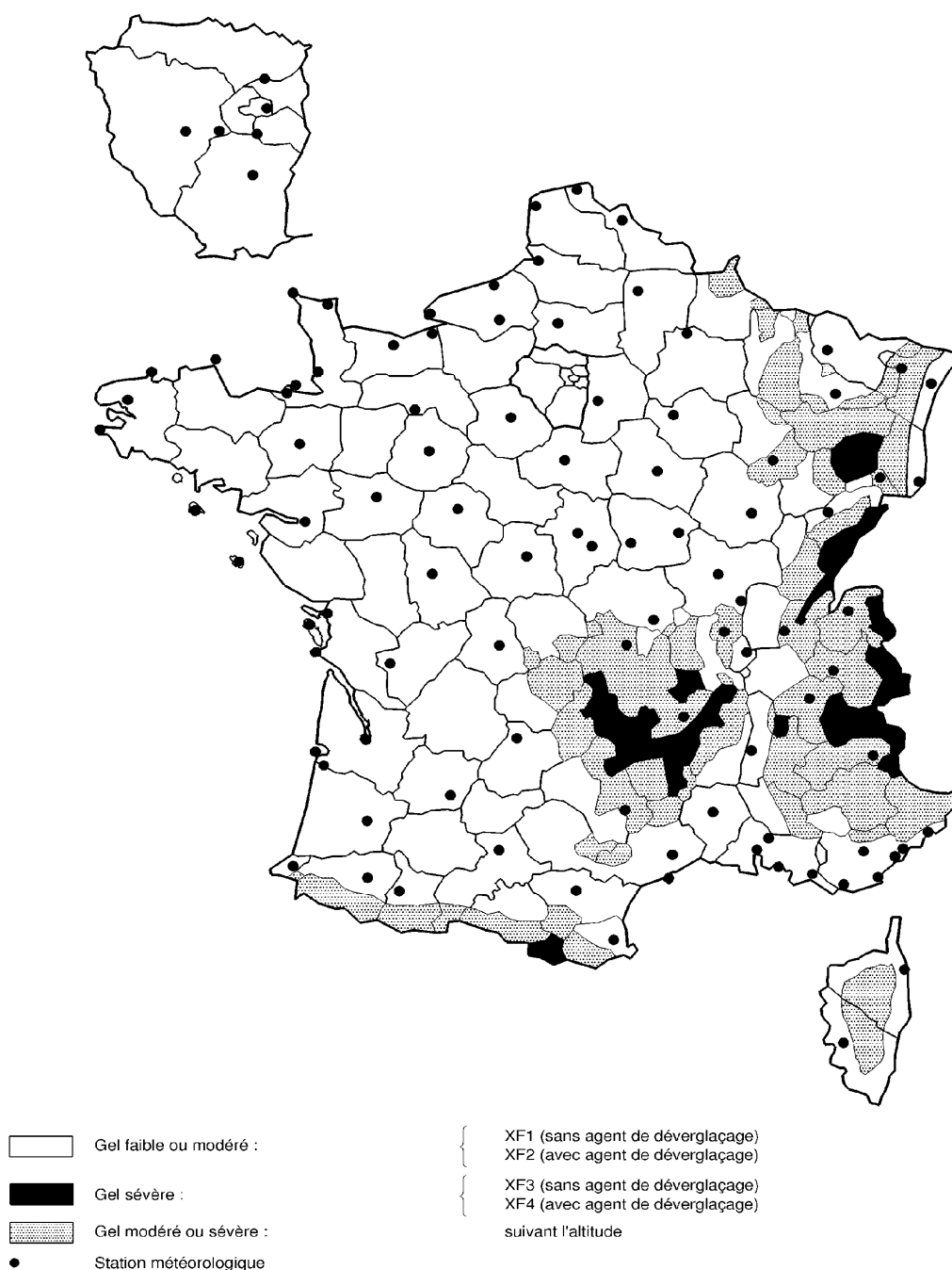


Figure NA.2 de la norme NF EN 206-1 Carte des zones de gel en France.

> Attaques chimiques :

* **XA1 - XA2 - XA3** : Environnements à agressivité chimique faible, modérée ou forte.

La classe **XA3** ne prend en compte que les **pH jusqu'à 4**. Au-dessous, des préconisations supplémentaires sont nécessaires (protections, résines,...).

Les attaques chimiques peuvent résulter du contact du béton, avec des eaux de surface ou souterraines, ainsi que de sols contenant des substances agressives (sulfates, acidité, CO₂ dissous dans l'eau, ammoniacque...).

Exemples de spécifications selon les classes d'exposition :

- Voile protégé de l'humidité XC1.
- Plancher dalle pleine ou prédalle XC1.
- Voile extérieur non protégé XF1 ou +... protégé de l'humidité XC1.
- Dallage extérieur XF1 ou +...
- Fondation armée XC2 - XC1 ou XA...

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

- Rapport Eau eff. / Liant eq. - 0,65 - 0,60 - 0,55.
- Classe de résistance minimale - C 20/25 – C 25/30 – C 25/30.
- Teneur minimale en liant équivalent (kg/m³) 150 – 260 – 280 – 300.
- Teneur minimale en air entraîné (en %) - - - 4.

d. La classe de chlorures

Il s'agit de la quantité totale en ion chlorure admissible dans le béton, en fonction de la présence ou non d'armatures.

Cette quantité est exprimée en pourcentage de la masse de liant.

- > **CI 0,20** : Pour les bétons contenant des armatures de précontrainte en acier.
- > **CI 0,40** : Pour les bétons contenant des armatures en acier ou des pièces métalliques noyées.
- > **CI 0,65** : Pour les bétons contenant des armatures en acier ou des pièces métalliques noyées, et formulés avec des ciments de type CEM III.
- > **CI 1,0** : Pour les bétons ne contenant ni armatures en acier, ni pièces métalliques noyées.

e. La dimension maximale nominale des granulats

Le béton est classé selon la dimension maximale nominale des granulats. La classification est fonction de la dimension nominale supérieure du plus gros granulats présent dans le béton. Cette dimension est appelée D_{max} .

Exemple de désignation d'un BPS NF EN 206-1 :

- > **XF1 (F)** : (Classe d'exposition).
- > **C25/30** : (Classe de résistance à la compression sur cylindre/sur cube).
- > **S3** : (Classe d'affaissement).
- > **CI 0,40** : (Classe de chlorures).
- > **22,4** : (Dimension maximale nominale des granulats).

3. 5 - LES BCP

Les Bétons à Composition Prescrite (BCP) sont des bétons pour lesquels la composition et le type de constituants à utiliser sont spécifiés au producteur par le client-prescripteur, le producteur n'étant responsable dans ce cas que du seul respect de la composition prescrite.

a. BCP résultant d'une "étude-client" (BCPE)

Il appartient au client-prescripteur de ce béton de définir une prescription de composition à partir d'une étude qu'il réalise et qui vise à vérifier que le béton satisfait bien aux exigences requises dans l'ouvrage.

L'utilisateur est également tenu d'effectuer, en cours de chantier, des contrôles dont la fréquence est fixée, par exemple par le DTU 21, suivant le type d'ouvrage à réaliser.

Selon les termes de la norme NF EN 206-1, un BCP résultant d'une "étude-client" ne doit être spécifié que par un prescripteur expérimenté, disposant d'une réelle compétence dans la formulation du béton. Pour le BCP "étude", les principales spécifications sont le dosage en ciment, le type et la classe de résistance du ciment, le rapport E/C ou la consistance, le type des granulats, leur dimension maximale nominale et leur teneur maximale en chlorures, le type et la quantité d'adjuvant.

b. BCP définis dans une "norme" (BCPN)

Pour la France, les spécifications de ces bétons sont définies dans le paragraphe 4.5 du DTU 21 (norme NF P 18-201) de mars 2004. Ils ne peuvent être utilisés que pour :

- Des bétons de masse volumique normale, armés ou non,
- Une résistance prise en compte dans les calculs de l'ouvrage, inférieure ou égale à 20 MPa,
- Une classe d'exposition courante (X0 - XC1 - XC2 - XC3 - XC4 - XD1 ou XF1),
- Un chantier de catégorie A, tel que défini par le DTU 21 (maison individuelle ou bâtiments assimilés).

Contrairement aux BCP résultant d'une "étude-client", la prescription par l'utilisateur d'un BCP défini dans une "norme", peut être limitée au seul dosage en ciment.

De plus, aucune justification de la résistance du béton par des essais n'est requise, à condition que la résistance prise en compte dans le calcul de l'ouvrage soit plafonnée aux valeurs suivantes :

- 20 MPa pour un dosage en ciment de 400 kg/m³.
- 16 MPa pour un dosage en ciment de 350 kg/m³.
- 12 MPa pour un dosage en ciment de 300 kg/m³.
- 8 MPa pour un dosage en ciment de 250 kg/m³.

Le DTU 21 (NF P 18-201) et la norme NF EN 206-1

Le DTU 21 “Exécution des ouvrages en béton” a été publié en mars 2004, après révision et mise en conformité avec la norme NF EN 206-1. Il remplace ainsi la version précédente de mai 1993.

Le DTU 21 définit les conditions d'exécution des ouvrages en béton ou béton armé, coulés en place ou préfabriqués sur le chantier ou en usine pour la construction de bâtiments.

Il s'applique aux ouvrages utilisant des bétons dont la résistance caractéristique à 28 jours est inférieure ou égale à 80 MPa (C80/95 de la norme NF EN 206-1).

Il fixe les contrôles techniques qui incombent à l'entreprise et ne concernent pas directement le producteur de béton.

Il stipule que le matériau béton utilisé doit être conforme à la norme NF EN 206-1 et à son annexe nationale, quelle que soit son origine :

- livraison à partir d'une centrale de béton prêt à l'emploi.
- fabrication sur chantier par l'utilisateur.

Dossier initial du DTU 21.

Quel que soit le lieu de fabrication du béton, l'entrepreneur a la responsabilité, avant le début des travaux, de constituer un “**dossier initial**”, ayant notamment pour objet de préciser pour chaque béton utilisé.

1. Le type de béton prévu.

- > Béton à Propriétés Spécifiées (BPS).
- > Béton à Composition Prescrite (BCP).
- > Béton à Composition Prescrite dans une “norme”.

2. La catégorie du chantier.

- > Catégorie A : Chantier de petite importance avec construction comportant au plus deux étages sur rez de chaussée et un sous-sol. Cette catégorie concerne en particulier les maisons individuelles isolées, jumelées, en faible nombre.
- > Catégorie B : Chantier de moyenne importance (jusqu'à 5000 m³ de béton). Cette catégorie concerne en particulier les bâtiments d'au plus 16 niveaux, un ensemble pavillonnaire important ou une construction industrielle courante.
- > Catégorie C : Chantier de grande importance ne comportant que des éléments de dimensions courantes et normalement sollicités. Cette catégorie concerne en particulier les immeubles de plus de 16 niveaux, les entrepôts industriels à fortes charges ou les complexes sportifs de grandes dimensions.

3. La classe d'exposition, telle que définie dans la norme NF EN 206-1.

En outre, dans le cas de bétons à composition prescrite sur étude ou de bétons à composition prescrite dans une "norme", le prescripteur doit indiquer dans le dossier initial :

- La résistance caractéristique à la compression à 28 jours de chaque béton, retenue pour le calcul de l'ouvrage.
- Le procès verbal d'essai initial pour les bétons à composition nouvelle (pour les BCPE seulement).

L'essai initial est à réaliser dans les conditions définies à l'annexe A de la norme NF EN 206-1.

Il vise à vérifier que le béton prévu est de nature à atteindre les performances requises dans l'ouvrage.

Pour les bétons à composition prescrite dans une "norme", la justification de la résistance par des essais n'est pas nécessaire.

Contrôles effectués par l'entreprise en cours de travaux dans le cadre du DTU 21 :

1/ Contrôles de résistance sur des BPS fournis par une centrale de BPE pour des chantiers de catégorie A, B ou C :

Ces contrôles viennent en complément de ceux réalisés par le producteur. Pour chaque type de béton utilisé, il faut réaliser :

- * Un contrôle au démarrage du chantier.
- * Un contrôle par lot de 1000 m³ pour les bétons titulaires d'une certification NF, ou un contrôle par lot de 500 m³ pour les autres bétons, avec, au minimum, un contrôle par mois continu de bétonnage.

2/ Contrôle de résistance des BCP fournis par le BPE ou fabriqués sur chantier :**-Pour les chantiers de catégorie B ou C :**

- * Un contrôle sur chaque type de béton, par lot de 250 m³, pour les chantiers de catégorie B.
- * Un contrôle sur chaque type de béton, par lot de 150 m³, pour les chantiers de catégorie C, avec, pour chacune de ces catégories, au minimum un contrôle par mois continu de bétonnage.

-Pour les chantiers de catégorie A (maisons individuelles ou bâtiments assimilés) :

*Aucun contrôle de résistance n'est requis, pour autant que les dosages minimaux en ciment, ci-dessous, associés aux plafonnements des résistances caractéristiques prises en compte pour le calcul des ouvrages, soient respectés :

- **20 MPa pour un dosage en ciment de 400 kg/m³,**
- **16 MPa pour un dosage en ciment de 350 kg/m³,**
- **12 MPa pour un dosage en ciment de 300 kg/m³,**
- **8 MPa pour un dosage en ciment de 250 kg/m³.**

Il s'agit dans ce cas de bétons à composition prescrite dans une "norme". Ces bétons sont utilisables exclusivement sur des **chantiers de catégorie A**, situés en exposition **X0, XC1, XC2, XC3, XC4, XD1 ou XF1**. Si, pour un **chantier de catégorie A**, l'entreprise se conforme aux conditions de contrôle **des bétons de catégorie B ou C**, le plafonnement de résistance caractéristique n'est plus applicable.

4) En résumé

4. 1. Quel béton prescrire :

BCP défini dans une « norme » : au dosage en ciment prédéfini (art. 4.5.3 du DTU 21).

Le client prescripteur a la possibilité, pour des ouvrages d'importance limitée à R+2, de choisir des dosages prédéfinis correspondant à des résistances maximum prises en compte :

Désignation autorisée V	Exemple d'utilisation V	Exemple de correspondance*
250 kg (= 8 MPa)	Fondations en bétons ordinaires	C8/10
300 kg (= 12MPa)	Murs banchés	C12/15
350 kg (= 16MPa)	Ouvrages en béton armé	C16/20
400 kg (= 20 MPa)	Ouvrages en béton précontraint	C20/25

** pour une classe d'exposition normale*

4. 2. Exemple de désignation d'un BPS NF EN 2006-1 :

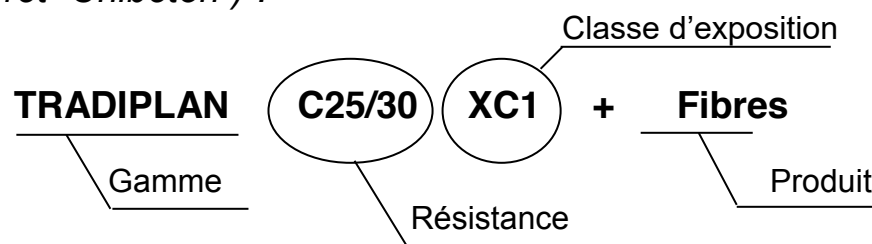
- > **XF1 (F)** : Classe d'exposition.
- > **C25/30** : Classe de résistance à la compression sur cylindre/sur cube.
- > **S3** : Classe d'affaissement.
- > **Cl 0,40** : Classe de chlorures.
- > **22,4** : Dimension maximale nominale des granulats.

4. 3. Comment passer une commande :

Le nom du produit est composé de :

- Le nom de gamme.
- La classe de résistance à la compression à 28 jours.
- La classe d'exposition.
- Le produit.

Exemple (béton prêt "Unibéton") :



Les classes d'expositions courantes⁽¹⁾ :
(Remplacent les classes d'environnement de la précédente norme).

Corrosion induite par carbonatation⁽²⁾ :

XC1 : Sec.

XC2 : Humide, rarement sec.

Attaque gel / dégel⁽³⁾

XF1 : Gel faible ou modéré.

XF3 : Gel sévère.

XF2 : Gel faible ou modéré + sels de déverglaçage.

XF4 : Gel sévère + sels de déverglaçage.

La responsabilité du choix de la classe d'exposition incombe au client prescripteur.

⁽¹⁾ pour les autres classes d'exposition, se référer à la norme NF EN 206-1.

⁽²⁾ réaction chimique qui peut menacer les armatures de corrosion.

⁽³⁾ pour le choix de la classe se reporter à la carte des zones de gel.

4. 4. La consistance :

La consistance du béton :

Elle devra être précisée à la commande pour permettre une mise en œuvre aisée, adaptée à l'élément à couler.

Les rajouts d'eau sont interdits par la norme.

Ils peuvent en effet réduire gravement les résistances, l'homogénéité et la durabilité du béton.

Il convient donc de commander un béton de consistance suffisamment fluide pour éviter à tout prix les rajouts d'eau à la mise en place.

D'une façon générale les **constructions traditionnelles** nécessitent l'utilisation de bétons de consistance **très plastique** ou **fluide**.

CLASSE	AFFAIBLISSEMENT au Cône d'Abrams en mm	ANCIENNE DÉSIGNATION	USAGES FRÉQUENTS
S1	10 – 40	Ferme	Bétons extrudés Bétons de VRD
S2	50 – 90	Plastique	Génie civil Ouvrages d'art Bétons de masse
S3	100 – 150	Très plastique	Ouvrages courants
S4	105 – 210	Fluide	Dalles et Voiles minces
S5	≥ 220 Galette étalement ≥ 70 cm	Auto plaçant	Voiles de grande hauteur "béton poussé" Prémurs

QUESTIONNAIRE

1) De manière générale, quels sont les principaux ingrédients employés dans la composition d'un béton ?

2) Quel est la différence entre le béton et le mortier ?

3) Le mortier ne joue pas le même rôle que le béton, quel est son utilisation ?

4) Quels sont les 2 principaux liants utilisés comme « agents collants » servant à « souder » les granulats ?

5) Expliquez la signification des chiffres et des lettres composant la désignation normalisée du ciment suivant CPJ-CEM II B-S 32,5.

6) *Quel est le dosage courant pour 1 m³ de béton de fondation ?*

7) *Qu'est-ce qu'un mortier bâtard ? A quoi l'utilise-t-on et pourquoi ?*

8) *Quel est le classement normalisé commun des granulats ?*

Questionnaire – Les mortiers et bétons

9) *Quelle quantité d'eau de gâchage est nécessaire pour fabriquer 1 m³ de béton dosé à 350 kg de ciment ?*

10) *Quelle norme NF et quel DTU sont les bases normatives et de mise en œuvre pour les bétons de structure ?*

11) *Suivant cette norme, quelle est la terminologie de ces bétons ?*

12) *Quel est la différence entre un béton « BPS » et un béton « BCP » ?*

13) *Quel est la différence entre un béton « BCP étude » et un béton « BCP norme » ?*

14) *Contrairement aux BCP résultant d'une étude client, à quoi peut être limitée la prescription d'un BCP défini dans une norme ?*

15) *Dans ce cas précis à quelle condition la justification de la résistance du béton par des essais n'est pas requise ?*

CRÉDITS

➤ ŒUVRE COLLECTIVE DE L'AFPA

Sous le pilotage de la Direction de l'ingénierie

➤ EQUIPE DE CONCEPTION

Valérie DELIERRE (Ingénieur de formation)

Alain BARREAU (Formateur)

Philippe CORSAUT (Médiatiseur)

➤ DATE DE MISE A JOUR

19/02/2018

AFPA

Reproduction interdite

Article L 122-4 du code de la propriété intellectuelle.

« Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la reproduction par un art ou un procédé quelconques ».