

Ciments et bétons



Avant-propos

Cette brochure a pour objectif de présenter de façon très synthétique les données essentielles relatives aux ciments et aux bétons dans leur diversité.

Le rappel de règles fondamentales sur la nature des constituants, la formulation des bétons, leur mise en œuvre et leurs champs d'application, constitue ainsi un aide-mémoire à partir duquel les utilisateurs pourront approfondir leurs connaissances.

Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que cette brochure ne montre que partiellement l'évolution constante des bétons qui apportent à tous les acteurs de l'acte de construire, tant au quotidien que dans les cas exceptionnels : durabilité, performances et esthétique.

Sommaire

- > LES LIANTS HYDRAULIQUES
Les ciments • les chaux p. 5
- > LES CEMENTS Fabrication p. 7
- > LES CEMENTS Domaines d'emploi p. 11
- > L'EAU DE GÂCHAGE • LES ADJUVANTS p. 13
- > LES GRANULATS p. 15
- > PRISE • DURCISSEMENT • MANIABILITÉ
Le ciment • Le béton frais p.17
- > LES MORTIERS p.19
- > LES BÉTONS Formulation
Fabrication et transport p. 21
- > LES BÉTONS Mise en œuvre p. 23
- > LES BÉTONS Performances
Diversité p. 25
- > LES BÉTONS Domaines d'emploi p. 27
- > LES BÉTONS Filières de réalisation p. 29
- > LES BÉTONS Matière d'apparence et d'esthétique
Matière de l'aménagement urbain p. 31
- > Principales normes ciments et bétons p. 32
- > Documents complémentaires p. 33
- > En savoir plus p. 34
- > Lexique p. 35



**EXEMPLE DE MARQUAGE
CONFORME À LA NORME EUROPÉENNE NF EN 197-1**



Marquage CE



Marque NF

Les ciments – Les chaux

Les liants hydrauliques sont des produits ayant la propriété de durcir au contact de l'eau, et qui, après durcissement, conservent leur résistance et leur stabilité même sous l'eau.

Les types de ciments

Les liants hydrauliques les plus utilisés dans la construction sont les ciments qui représentent une production d'environ 21 millions de tonnes en France en 2005. Les chaux hydrauliques qui constituent une autre famille représentent environ 400 000 tonnes.

Ce sont des matériaux qui font l'objet de fabrications industrielles et de contrôles garantissant leur conformité aux normes.

Les ciments courants bénéficient d'un double marquage CE + NF qui atteste :

- pour le marquage CE, que les produits sont conformes aux réglementations européennes en matière de santé, de sécurité et de respect de l'environnement, et sont donc réglementairement aptes à l'usage ;
- pour la marque NF associée au marquage CE, que les produits bénéficient de garanties complémentaires sur leur composition, leurs performances et leur contrôle.

La norme de référence des ciments courants est la norme européenne EN 197-1 publiée par l'AFNOR sous la référence NF EN 197-1 « Ciment – partie 1 : composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants ».

Les ciments sont subdivisés en cinq types selon la nature et la proportion des constituants.

Ciments Portland	CEM I
Ciments Portland composés ⁽¹⁾	CEM II / A ou B ⁽²⁾
Ciments de haut-fourneau	CEM III / A, B ou C ⁽²⁾
Ciments pouzzolaniques	CEM IV / A ou B ⁽²⁾
Ciments composés	CEM V / A ou B ⁽²⁾

1. Les ciments Portland composés concernent six ciments contenant un constituant autre que le clinker précisé par un symbole D, L, P, S, T, V (ou W) selon la nature du constituant : fumée de silice, calcaire, pouzzolane, laitier, schistes calcinés ou cendres volantes. Dans ce type de ciments figure également un ciment contenant plusieurs des constituants ci-dessus.

2. Les lettres A, B, C fournissent une information sur la proportion de constituants autres que le clinker.

Les classes de résistance

Les ciments sont répartis en trois classes, 32,5 - 42,5 - 52,5, définies par la valeur minimale de la résistance normale du ciment à 28 jours.

La résistance normale d'un ciment est la résistance mécanique à la compression mesurée à 28 jours conformément à la norme NF EN 196-1 et exprimée en N/mm² (1 N/mm² = 1 MPa = 10 daN/cm² = 10 bars).

Désignation de la classe de résistance	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	–		

La classe R correspond à une résistance au jeune âge plus élevée que la classe normale correspondante (N).

Ciments à usage spécifique

Ciment prompt naturel	CNP norme NF P 15-314
Ciment d'aluminates de calcium	CAC norme NF EN 14647
Ciment à maçonner	MC norme NF EN 413-1

Ainsi que les chaux hydrauliques naturelles

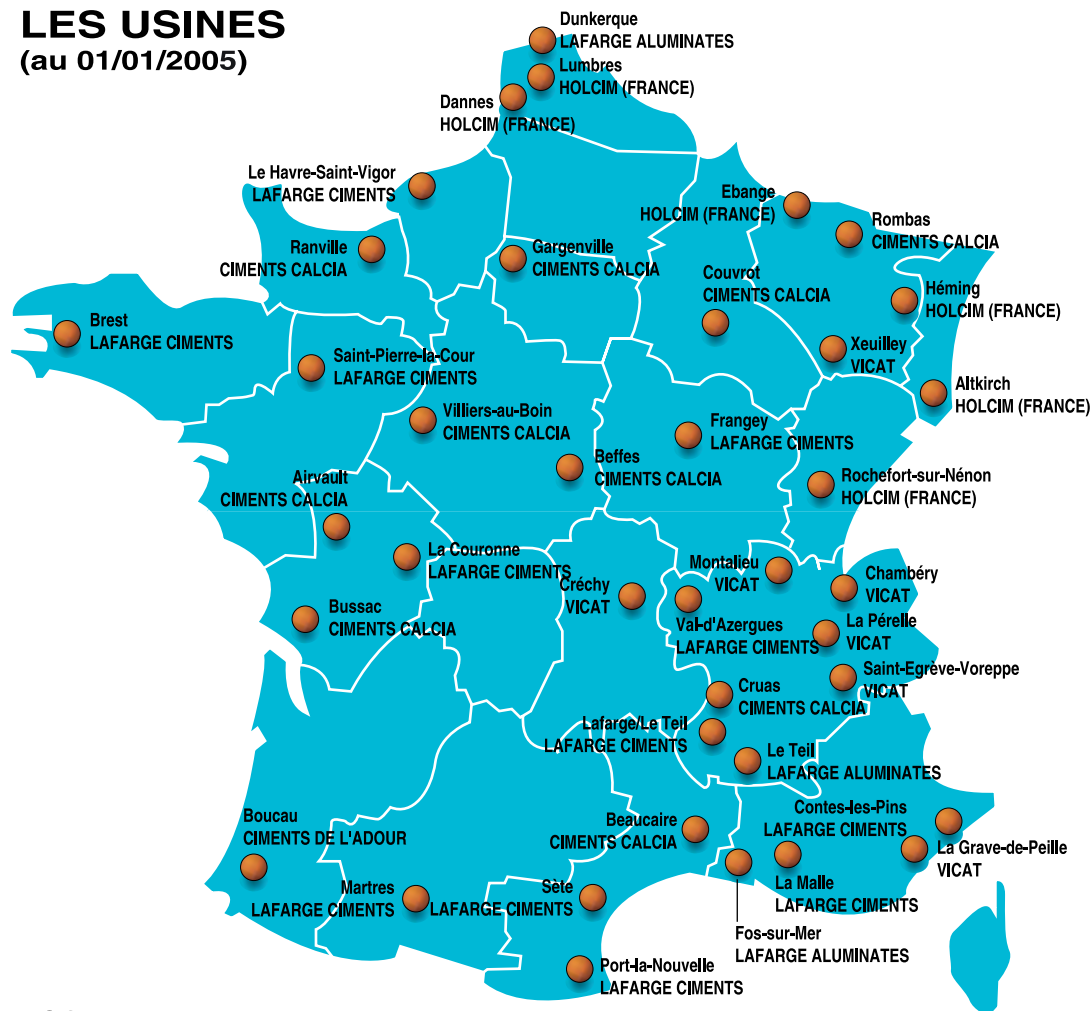
Chaux hydrauliques naturelles	NHL norme NF EN 459-1
-------------------------------	-----------------------

Ciments courants à caractéristiques complémentaires

Ciment pour travaux à la mer	PM norme NF P 15-317
Ciment pour travaux en eau à haute teneur en sulfates	ES norme NF P 15-319
Ciment à teneur en sulfures limitée	ou _{CP1} ^{CP2} norme NF P 15-318

LES USINES

(au 01/01/2005)



● Sites industriels

ALLIER • **Créchy** / Vicat
 ALPES-MARITIMES • **Contes-Ies-Pins** / Lafarge Ciments
 • **La Grave-de-Peille** / Vicat
 ARDECHE • **Cruas** / Ciments Calcia
 • **Le Teil** / Lafarge Ciments
 • **Le Teil** / Lafarge Aluminates
 AUDE • **Port-la-Nouvelle** / Lafarge Ciments
 BOUCHES-DU-RHÔNE • **Fos-sur-Mer** / Lafarge Aluminates
 • **La Malle** / Lafarge Ciments
 CALVADOS • **Ranville** / Ciments Calcia
 CHARENTE • **La Couronne** / Lafarge Ciments
 CHARENTE-MARITIME • **Bussac** / Ciments Calcia
 CHER • **Beffes** / Ciments Calcia
 FINISTERE • **Brest** / Lafarge Ciments
 GARD • **Beaucaire** / Ciments Calcia
 HAUTE-GARONNE • **Martres** / Lafarge Ciments
 HERAULT • **Sète** / Lafarge Ciments
 INDRE-ET-LOIRE • **Villiers-au-Bouin** / Ciments Calcia
 ISERE • **La Pérelle** / Vicat
 • **Montalieu** / Vicat
 • **Saint-Egrève-Voreppe** / Vicat

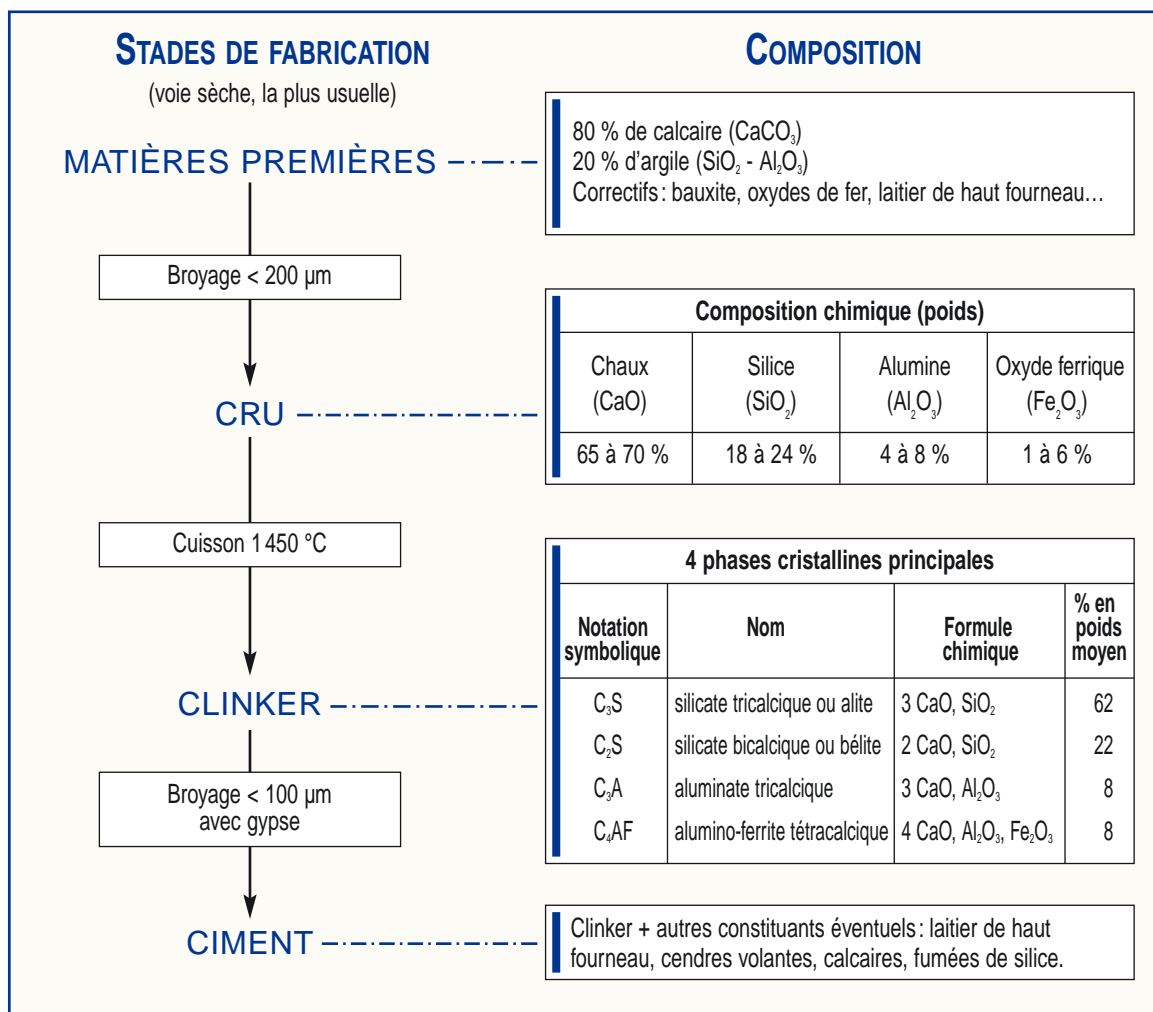
JURA • **Rochefort-sur-Nénon** / Holcim France
 MARNE • **Couvrot** / Ciments Calcia
 MAYENNE • **Saint-Pierre-la-Cour** / Lafarge Ciments
 MEURTHE-ET-MOSELLE • **Xeuilley** / Vicat
 MOSELLE • **Ebange** / Holcim France
 • **Héming** / Holcim France
 • **Rombas** / Ciments Calcia
 NORD • **Dunkerque** / Lafarge Aluminates
 PAS-DE-CALAIS • **Dannes** / Holcim France
 • **Lumbres** / Holcim France
 PYRENEES-ATLANTIQUES • **Boucau** / Ciments de l'Adour
 HAUT-RHIN • **Altkirch** / Holcim France
 RHÔNE • **Val-d'Azergues** / Lafarge Ciments
 SAVOIE • **Chambéry** / Vicat
 SEINE-MARITIME • **Le Havre-Saint-Vigor** / Lafarge Ciments
 DEUX-SEVRES • **Airvault** / Ciments Calcia
 YONNE • **Frangey** / Lafarge Ciments
 YVELINES • **Gargenville** / Ciments Calcia

Fabrication

Les ciments courants sont fabriqués à partir d'un mélange de calcaire et d'argile dans des proportions voisines de 80 % - 20 %.

Selon l'origine des matières premières, ce mélange peut être corrigé par apport de bauxite, d'oxyde de fer ou d'autres matériaux fournissant le complément d'alumine et de silice requis.

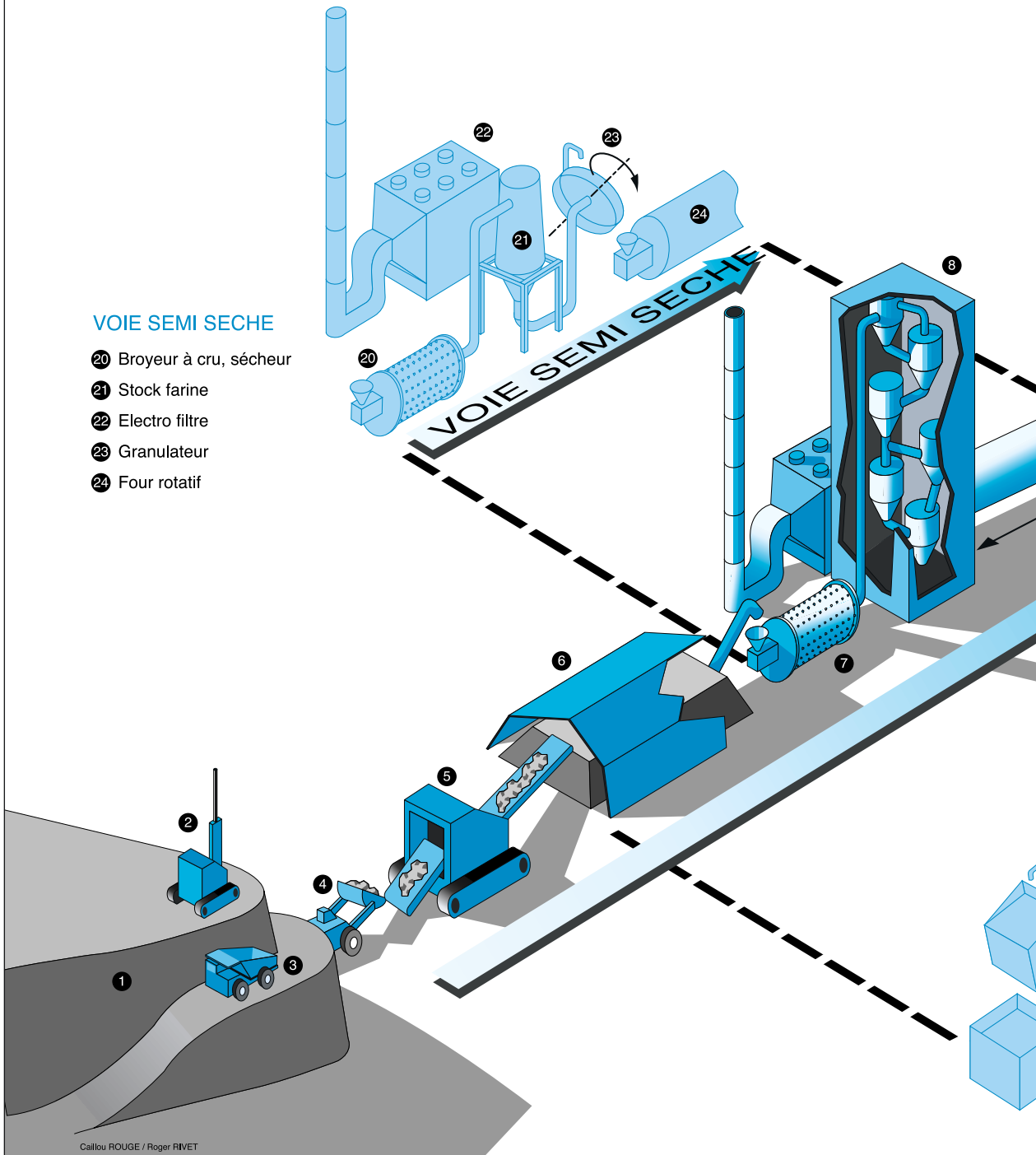
Avant d'arriver aux produits finis que sont les différents types de ciments, le mélange de départ va passer successivement par différentes phases durant lesquelles la matière va subir une transformation chimique et cristalline importante.



LA FABRICATION DU CIMENT

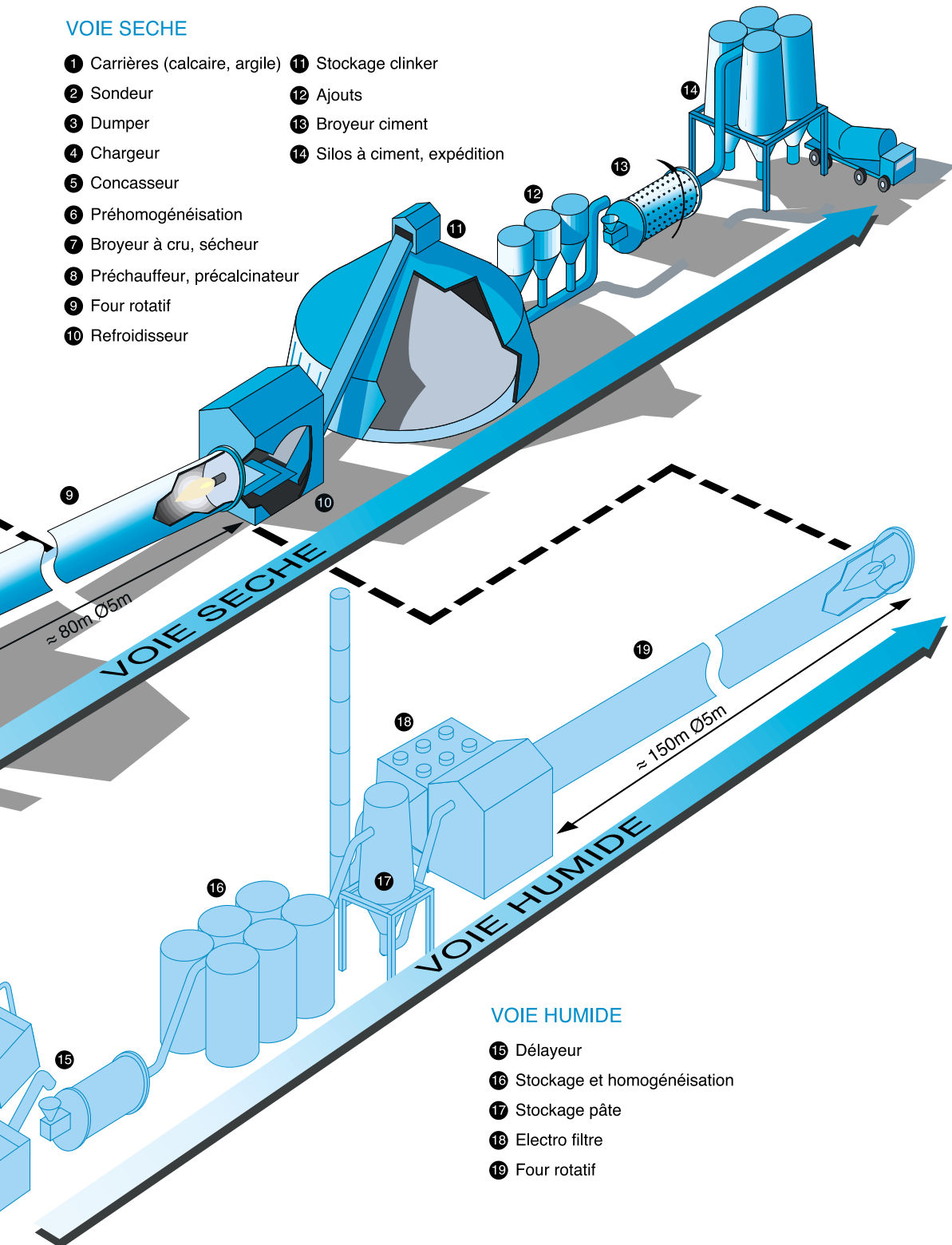
VOIE SEMI SECHE

- 20 Broyeur à cru, sécheur
- 21 Stock farine
- 22 Electro filtre
- 23 Granulateur
- 24 Four rotatif



VOIE SECHE

- ① Carrières (calcaire, argile)
- ② Sondeur
- ③ Dumper
- ④ Chargeur
- ⑤ Concasseur
- ⑥ Préhomogénéisation
- ⑦ Broyeur à cru, sécheur
- ⑧ Préchauffeur, précalcinateur
- ⑨ Four rotatif
- ⑩ Refroidisseur
- ⑪ Stockage clinker
- ⑫ Ajouts
- ⑬ Broyeur ciment
- ⑭ Silos à ciment, expédition



VOIE HUMIDE

- ⑮ Délayeur
- ⑯ Stockage et homogénéisation
- ⑰ Stockage pâte
- ⑱ Electro filtre
- ⑲ Four rotatif



Domaines d'emploi

La plupart des ciments conviennent aux emplois les plus usuels ; néanmoins certains sont mieux adaptés que d'autres à des emplois spécifiques.

Ciments courants

> CEM I

- **Béton armé en général** coulé sur place ou préfabriqué.
- **Béton précontraint.**
- Décoffrage rapide, mise en service rapide (de préférence classe R).
- Bétonnage jusqu'à température extérieure entre 5 et 10 °C.
- Béton étuvé ou auto-étuvé.

> CEM II / A ou B

Ces ciments sont les plus couramment utilisés

- **Béton en élévation, armé ou non, d'ouvrages courants.**
- CEM II / A ou B classe R : travaux nécessitant une résistance initiale élevée (décoffrage rapide par exemple).
- Fondations ou travaux souterrains en milieux non agressifs.
- **Dallages, sols industriels.**
- Maçonneries.
- Stabilisation des sols.

> CEM III / A, B ou C CEM V / A ou B

- **Travaux souterrains en milieux agressifs** (terrains gypseux, eaux d'égouts, eaux industrielles, etc.).
- **Ouvrages en milieux sulfatés** : les ciments produits sont tous ES, ciments pour travaux en eaux à haute teneur en sulfates, en conformité à la norme NF P 15-319.
- **Travaux à la mer** ; les ciments produits sont tous PM, ciments pour travaux à la mer, en conformité à la norme NF P 15-317.
- Bétons de masse.

- Travaux en béton armé ou non, hydrauliques et souterrains (fondations).
- Travaux nécessitant une faible chaleur d'hydratation.
- Stabilisation des sols.

Autres ciments à usage spécifique

> Le ciment alumineux fondu

- Ouvrages exigeant une **résistance élevée à court terme.**
- Bétonnage par temps froid (jusqu'à - 10 °C pour des bétons massifs).
- Pour béton devant subir des **chocs thermiques** ou une **forte abrasion** (utilisation de granulats synthétiques alumino-calciques).
- Pour béton devant résister à des températures jusqu'à 1250 °C.
- Travaux à la mer.
- Travaux en milieu **fortement agressif A3*** (pH de 4 à 5,5).
- Travaux en milieu **très fortement agressif A4*** (pH < 4) – milieu industriel et égouts urbains et ouvrages d'assainissement.

> Le ciment prompt naturel

- Ouvrages nécessitant une prise très rapide : scellements courants, blocages, aveuglements, voies d'eau, calfatages.
- Enduits, moulages, tableaux, arêtes, repères, charges importantes.
- Réhabilitation de façades de toutes compositions en mélange avec les chaux HL ou NHL.
- Petits ouvrages : chaînages, regards, appuis.
- Milieux agressifs A2* (eaux pures, eau de mer).
- Travaux à la mer : ce ciment est PM, ciment pour travaux à la mer, en conformité à la norme NF P 15-317.

*Selon le fascicule FD P 18-011

Les caractéristiques complémentaires des ciments PM, ES ou CP seront requises pour les usages suivants.

- **En milieux agressifs :**
 - des ciments pour travaux à la mer (PM) (NF P 15-317) ;
 - des ciments pour travaux en eaux à haute teneur en sulfates (ES) (NF P 15-319).
- **Pour le béton précontraint :** des ciments à teneur en sulfures limitée (CP) (NF P 15-318).



L'eau de gâchage

Nécessaire à l'hydratation du ciment, elle facilite aussi la mise en œuvre du béton ou du mortier.

Attention : un excès d'eau diminue les résistances et la durabilité du béton.

L'eau doit être **propre** et ne pas contenir d'impuretés

nuisibles (matières organiques, alcalis). L'eau potable convient toujours. **Le gâchage à l'eau de mer est à éviter**, surtout pour le béton armé. Les caractéristiques des eaux requises pour la confection des mortiers et des bétons sont précisées dans la norme **NF EN 1008**.

Les adjuvants et les produits de cure

Les adjuvants sont de plus en plus utilisés. Ils modifient en les améliorant les propriétés des bétons et des mortiers auxquels ils sont ajoutés (en faible proportion : < 5 % du poids de ciment). Tous les adjuvants font l'objet de la norme de définition et des exigences NF EN 934-2 ainsi que d'une marque de qualité NF Adjuvants.

NATURE	DOMAINES D'EMPLOI
Les adjuvants modifiant l'ouvrabilité du béton	
> Les plastifiants À teneur en eau égale, ils augmentent la maniabilité du béton.	Béton manufacturé, travaux de génie civil, bétonnage avec coffrages glissants.
> Les plastifiants réducteurs d'eau À même maniabilité, ils augmentent les résistances mécaniques.	Dito.
> Les superplastifiants Ils provoquent un fort accroissement de la maniabilité du mélange.	Réalisation de fondations, dallages, radiers, sols industriels, routes, etc., BHP et béton pompé.
Les adjuvants modifiant la prise et le durcissement	
> Les accélérateurs de prise et de durcissement Ils diminuent les temps de prise ou de durcissement du ciment.	Bétonnages par temps froid, décoffrages rapides, scellements, travaux en galerie, travaux sous l'eau, etc.
> Les retardateurs de prise Ils augmentent le temps de prise du ciment.	Bétonnages par temps chaud, en grande masse, avec coffrages glissants, reprises de bétonnage.
Les adjuvants modifiant certaines propriétés du béton	
> Les entraîneurs d'air Ils entraînent la formation de microbulles d'air uniformément réparties.	Bétons exposés au gel, aux sels de déverglaçage, aux eaux agressives, bétons routiers.
> Les hydrofuges de masse Ils diminuent l'absorption capillaire des bétons et des mortiers durcis.	Ouvrages hydrauliques (canaux, murs de fondation, retenues d'eau, etc.), mortiers d'étanchéité (chapes, joints de maçonnerie, galeries de tunnels).
> Les rétenteurs d'eau Ils augmentent l'homogénéité et la stabilité du mélange.	Mélanges retardés ou mélanges à couler sous l'eau sans délavage.
Les produits de cure	
Ils protègent le béton frais de la dessiccation.	Bétonnages de routes, de pistes, de dallages et de planchers (norme NF P 18-370).



Les granulats

Les granulats entrant dans la composition des mortiers et bétons sont des grains minéraux appelés fillers, sables, gravillons ou graves, suivant leurs dimensions.

La norme XP P 18-545 définit les règles générales permettant d'effectuer les contrôles des granulats. Elle précise les critères de régularité et de conformité et fournit les Fiches Techniques Produit.

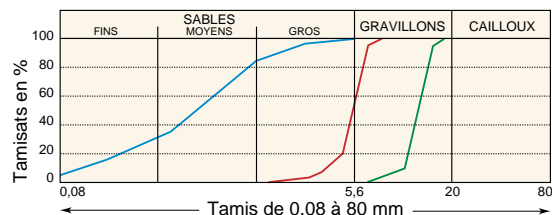
La norme NF EN 12620 définit pour chaque caractéristique physique ou mécanique spécifiant des granulats, des catégories de valeurs maximales.

Dimensions des granulats

La granulométrie permet de déterminer l'échelonnement des dimensions des grains contenus dans un granulat. Les granulats sont désignés par le couple d/D.

Les granulats les plus utilisés		
Familles	Dimensions	Caractéristiques
Fillers	0/D	D < 2 mm avec au moins 85 % de passant à 1,25 mm et 70 % de passant à 0,063 mm
Sables	0/D	d = 0 et D = 4 mm
Graves	0/D	D = 6,3 mm
Gravillons	d/D	d = 2 mm et D = 63 mm
Ballasts	d/D	d = 31,5 mm et D = 50 ou 63 mm

Les intervalles d/D et 0/D sont appelés classes granulaires.



Exemple de courbes granulométriques d'un sable et de 2 gravillons.

Les sables

> Granulométrie

Un sable de bonne granulométrie doit contenir à la fois des grains fins, moyens et gros. Les sables très fins, de dunes ou marins sont à éviter.

> Propreté

Les sables doivent **être propres**. La propreté est fournie par l'essai d'équivalent de sable (norme NF EN 933-8).

> Foisonnement du sable

Les dosages pondéraux ou volumétriques sont indiqués pour des sables secs. L'eau produit un foisonnement, c'est-à-dire une augmentation apparente de volume dont il faudra tenir compte dans les dosages volumétriques.

Les Gravillons

Les matériaux les plus usuels pour les mortiers et bétons sont **d'origine alluvionnaire** (dits roulés), **semi-concassés** ou concassés obtenus à partir de roches massives.

> Granulométrie

Les gravillons 5,6/20 qui sont les plus usuels ont une granulométrie adaptée à la composition des bétons. Les tout-venant de rivière ou de carrière possèdent ou trop ou pas assez d'éléments fins (sables), ce qui les rend impropres à l'usage pour des bétons en élévation.

> Propreté

De même que pour les sables, **les gravillons doivent être propres**. Ils ne doivent contenir ni argile, ni matières terreuses, ni poussières provenant du concassage. En effet, si la surface des gravillons est sale, l'adhérence avec les cristaux hydratés du ciment est mauvaise.

Les granulats spéciaux

D'autres granulats naturels ou artificiels peuvent être employés pour réaliser des bétons à usages spécifiques.

> Granulats à hautes caractéristiques élaborés industriellement

> Granulats légers

Les plus usuels sont l'argile ou le schiste expansés (norme NF P 18-309) et le laitier expansé (NF P 18-307). D'une masse volumique variable entre 400 et 800 kg/m³, ils permettent de réaliser des bétons ou des bétons présentant une bonne isolation thermique. Les gains de poids sont intéressants puisque les bétons réalisés ont une masse volumique comprise entre 800 et 2000 kg/m³.



Le ciment

Le ciment est un liant hydraulique qui durcit au contact de l'eau et acquiert résistance et stabilité même sous l'eau.

L'association ciment-eau génère des réactions extrêmement complexes. Les silicates et aluminates qui se développent dans la phase d'hydratation, forment un gel cristallin qui marque le début du phénomène de "prise".

Le développement et la multiplication de ces micro-cristaux au cours de la phase de "durcissement", qui peut durer plusieurs mois, expliquent l'augmentation des résistances mécaniques et font du ciment une véritable "roche composite".

Avant d'atteindre son stade final et durant son hydratation, la pâte de ciment passe par trois phases successives.

• **La phase dormante** : la pâte reste en apparence inchangée malgré le démarrage des premières réactions.

• **Le début et la fin de prise** : après une à deux heures, pour la plupart des ciments, une augmentation brusque de la viscosité se produit, accompagnée d'un dégagement de chaleur – c'est le début de prise. La fin de prise est effective lorsque la pâte cesse d'être déformable et devient un matériau rigide.

• **Le durcissement** : l'hydratation du ciment se poursuit et la résistance mécanique continue à croître durant plusieurs mois. La résistance à 28 jours est la valeur conventionnelle de contrôle.

Le béton frais

La propriété essentielle du béton frais est la maniabilité qui caractérise son aptitude à remplir les coffrages et à enrober convenablement les armatures.

De nombreux facteurs influent sur la maniabilité : la nature et le dosage en ciment, la forme des granulats, la granulométrie, l'emploi d'adjuvants et, bien entendu, le dosage en eau.

La norme NF EN 206-1 définit pour les bétons à teneur en eau courante, cinq classes de consistance des bétons.

La grandeur qui caractérise la maniabilité est la consistance ; sa mesure peut être effectuée facilement sur le chantier avec la méthode du cône d'Abrams ou « slump test », qui est un essai d'affaissement d'un volume de béton de forme tronconique, mesuré conformément à la norme NF EN 12350-2.

Classes de consistance des bétons					
Classe	S1	S2	S3	S4	S5
Affaissement (en mm)	10 à 40	50 à 90	100 à 150	160 à 210	≥ 220

La teneur en eau doit être strictement limitée au minimum compatible avec les exigences de maniabilité et d'hydratation du ciment.

Aujourd'hui, une gamme d'adjuvants plastifiants, plastifiants réducteurs d'eau, fluidifiants permettent d'obtenir la plasticité souhaitée pour le béton tout en limitant le dosage en eau.





Le mortier est un mélange de liant – chaux ou ciment –, de sable, d'eau et éventuellement d'adjuvants.

Formulation et performances

Selon les performances souhaitées, on utilise des formulations variées, notamment en ce qui concerne les liants.

> Les mortiers de ciment

Les mortiers de ciment, très résistants, prennent et durcissent rapidement. De plus un dosage en ciment suffisant les rend pratiquement imperméables.

Les dosages courants sont de l'ordre de 300 à 400 kg de ciment pour 1 m³ de sable.

> Les mortiers de chaux

Les mortiers de chaux sont gras et onctueux. Ils durcissent plus lentement que les mortiers de ciment, surtout lorsque la chaux est calcique.

> Les mortiers bâtards

Le mélange de ciment et de chaux permet d'obtenir conjointement les qualités de ces deux liants. Généralement, on utilise la chaux et le ciment par parties égales ; mais on mettra une quantité plus ou moins grande de l'un ou de l'autre suivant l'usage et la qualité recherchée.



Les sables utilisés sont généralement siliceux ou silico-calcaires ; leur granulométrie est de préférence continue. Les mortiers peuvent comporter différents types d'adjuvants selon la caractéristique recherchée : plastifiants, entraîneurs d'air, retardateurs de prise, hydrofuges. L'incorporation de fibres de verre ou de polypropylène permet d'obtenir des mortiers présentant une cohésion supérieure et moins fissurables.

Mortiers de chantier Mortiers prêts à l'emploi

> Les mortiers fabriqués sur le chantier

C'est encore le cas très souvent pour des menus travaux ; le plus grand soin doit être apporté tant au stockage qu'au mélange des constituants qui seront choisis en fonction de l'ouvrage à réaliser : type et classe du liant, nature et granulométrie du sable, dosage en eau, nature des adjuvants.

> Les mortiers industriels secs prémélangés

Comme la plupart des produits industriels, ces mortiers font l'objet de contrôles à tous les stades de leur élaboration, ce qui constitue pour l'utilisateur une sécurité. Les avantages présentés par ces produits sont :

- un prédosage de composition constante, garant de régularité et de qualité ;
- un gain de temps pour préparer le mortier ;
- des chantiers plus propres.

Les producteurs proposent de nombreuses formules standard répondant à la plupart des besoins.

> Les mortiers frais retardés, stabilisés, prêts à l'emploi

Les mortiers frais retardés et stabilisés sont élaborés et livrés par des centrales, comme le Béton Prêt à l'Emploi. Du fait qu'ils sont retardés, ces mortiers peuvent être livrés et stockés en quantité importante sur le chantier. On peut les utiliser dans un délai allant jusqu'à 36 heures.

Emplois des mortiers

> Le hourdage de maçonnerie

La construction réalisée en éléments maçonnés (blocs de béton, pierre de taille, briques), nécessite leur assemblage avec un mortier qui doit présenter des caractéristiques mécaniques suffisantes pour assurer la transmission des charges et une compacité suffisante pour être étanche.

> Les enduits

Ce domaine d'application constitue l'un des plus vastes débouchés des mortiers. À côté des enduits traditionnels en trois couches décrits dans la norme NF P 15-201-1 et 2 (DTU 26.1), se développent aujourd'hui des enduits monocouches épais, ainsi que des enduits isolants.

> Les chapes

Les chapes ont pour fonction d'assurer la mise à niveau du dallage et la régularité de sa surface. Les chapes peuvent constituer la finition. Elles peuvent aussi constituer le support d'un revêtement de sol.

> Les scellements et les calages

La multiplicité des problèmes de scellement et de calage a conduit les producteurs de mortiers industriels à mettre au point des produits spécifiques adaptés aux travaux à réaliser : scellements d'éléments de couverture, d'éléments de second œuvre, de mobiliers urbains, de regards de visite.



Formulation

Approche réglementaire

La norme NF EN 206-1 s'applique aux bétons de structure, qu'ils soient des bétons prêts à l'emploi ou des bétons réalisés sur chantier. Elle s'inscrit dans la continuité de la norme française XP P 18-305. Cette dernière distingue deux types de bétons.

- Les BPS (Béton à Propriétés Spécifiées) sont fabriqués par les centrales de BPE. Leurs performances (résistance, consistance, etc.) sont garanties par le fournisseur du BPE.
- Les BCP (Béton à Composition Prescrite) sont principalement fabriqués sur chantier. Soit ils résultent d'une étude avec composition détaillée et spécifiée au producteur par le client-prescripteur, soit ils sont définis par une norme. Les informations minimales pour définir les BCP sont : le dosage en ciment, le type et la classe de résistance du ciment, le rapport E/C ou la consistance du béton, la dimension maximale nominale des granulats ainsi que leur type, leur catégorie et leur teneur maximale en chlorures et, le cas échéant, le type, la quantité et l'origine des adjuvants et additions.

> Choix du ciment

Voir la rubrique « Domaines d'emploi des ciments ».

> Dosage en eau

Le dosage en eau varie selon la plasticité recherchée et l'emploi ou non d'un adjuvant. Le rapport $\frac{E}{C}$ varie généralement de 0,45 à 0,60.

> Choix et dosage des granulats

Les classes granulaires couramment utilisées sont 0/5 pour le sable et 5,6/15 ou 5,6/20 pour les gravillons. Le choix sera fonction de l'épaisseur de l'ouvrage, de la distance entre les armatures et de l'épaisseur d'enrobage des armatures requise.

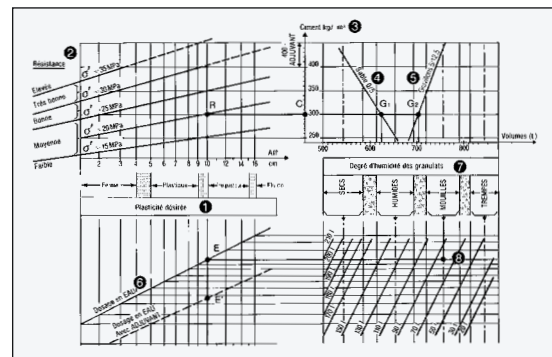
> Choix et dosage des adjuvants

Le choix des adjuvants se fera selon les performances et les conditions d'emploi. Le dosage est déterminé par les préconisations du fournisseur et après essai en fonction notamment du ciment utilisé.

Approche pratique

Emploi de courbes types ou d'abaques.

Exemple : abaque de Dreux pour un béton 0/20 ou béton fin 0/12,5 (graphique ci-dessous).



Abaque n° 1 - Béton fin - D = 12,5 mm

Fabrication et transport

Fabrication sur le site

- **Approvisionnement et stockage** des constituants dans des conditions précises, propres et à l'abri de l'humidité.
- **Dosage des constituants**
Pondéralement si possible ou volumétrique.
- **Malaxage**
Selon le matériel, respecter les précautions de chargement et le temps de malaxage (1 à 3 minutes).

Approvisionnement du chantier en Béton Prêt à l'Emploi (BPE)

Transporté par toupies, le temps de transport est limité à 1 h 30. Les rajouts d'eau sont interdits. Sur le chantier, pour approvisionner le lieu de coulage, on utilise généralement des bennes, des tapis ou des pompes à béton.



Mise en œuvre

Coffrages

Les coffrages doivent :

- être suffisamment rigides pour supporter la poussée du béton frais ;
- être étanches pour éviter les fuites de laitance aux joints ;
- avoir un parement nettoyé et traité avec un agent de démoulage approprié.

Armatures

Pour éviter leur déplacement pendant la mise en place du béton et son serrage, les armatures doivent être correctement calées et positionnées.

Précautions à respecter

- Limiter la hauteur de chute du béton dans les coffrages.
- Prévoir des couches horizontales successives n'ex-cédant pas 60 à 80 cm de hauteur.
- Maintenir une vitesse de bétonnage aussi constante que possible.
- Vérifier le bon enrobage des armatures.
- Éviter la mise en place lors de trop fortes pluies pouvant entraîner un lavage des gros granulats et un excès d'eau dans le béton, surtout à sa surface.

Techniques utilisées

Pour obtenir des bétons présentant de bonnes caractéristiques mécaniques et physiques, durables, avec des parements réussis, les techniques traditionnelles sont :

- **La vibration interne** (méthode la plus usuelle)
On utilise des aiguilles vibrantes électriques, pneumatiques ou thermiques, de 25 à 150 mm de diamètre, en fonction du volume du béton à vibrer.
- **La vibration externe par vibreurs de coffrage.**
- **La vibration externe par règle vibrante.**
- **La mise en place sans vibration**

L'évolution des formulations des bétons et des adjuvants (fluidifiants) permet aujourd'hui de mettre en œuvre le béton directement dans les coffrages sans vibration. Il s'agit des **Bétons AutoPlaçants (BAP)**.

Surfaçage

Le surfaçage du béton frais est destiné à fermer sa surface, c'est-à-dire à augmenter la compacité de la partie supérieure de l'ouvrage, qui est sensiblement horizontale. L'objectif recherché est aussi un fini de surface lisse et une bonne planéité. Le surfaçage est réalisé avec divers matériels : taloches manuelles ou mécaniques, lisseuses rotatives.



Cure

La cure du béton est la protection destinée à éviter sa dessiccation et lui assurer une maturation satisfaisante. Elle est particulièrement nécessaire pour les dalles et les chaussées, surtout lorsque les conditions atmosphériques sont défavorables : vent, soleil, hygrométrie faible...

Bétonnage par temps chaud ou par temps froid

> Par temps chaud

Par temps chaud, l'élévation de température du béton ajoutée à la chaleur d'hydratation du ciment peut conduire à une dessiccation importante et à des gradients thermiques susceptibles de provoquer des fissures. Les précautions consistent à :

- employer un retardateur de prise ;
- limiter la température du béton frais : ciment à faible chaleur d'hydratation, eau de gâchage refroidie ;
- protéger le béton frais contre la dessiccation par une cure renforcée du béton.

> Par temps froid

À partir d'une température inférieure à 5 °C, la prise peut être suffisamment affectée pour altérer l'évolution des réactions d'hydratation et, lorsque la température baisse en dessous de 0 °C, entraîner le gel du béton. Les précautions les plus généralement adoptées (seules ou conjointement) sont :

- le choix d'un ciment à prise et durcissement rapides ;
- un dosage en eau aussi faible que possible ;
- le chauffage des constituants (l'eau ou les granulats) ;
- l'emploi d'adjuvants tels que les accélérateurs de prise et les accélérateurs de durcissement ;
- le calorifugeage des coffrages ;
- l'étuvage du béton au cours de son durcissement ;
- la protection de sa surface.





Performances

- **Moulabilité** (toutes les formes sont possibles).
- **Durabilité.**
- **Résistance mécanique.**
- **Résistance au feu** (matériau incombustible classé M0).
- **Isolation acoustique.**
- **Intégration à l'environnement.**
- **Expression architecturale.**
- **Économie.**

Diversité

Les bétons sont multiples et s'adaptent à tous les ouvrages ainsi qu'à toutes les exigences.

- **Bétons usuels armés ou non** (gamme de résistance 20 à 40 MPa).
- **Bétons précontraints** pour réaliser des pièces fortement sollicitées à la flexion.
- **Bétons à Hautes Performances (BHP)** (gamme de résistance 60 à 100 MPa). Ils sont également plus durables, plus étanches grâce à une porosité très faible.
- **Bétons légers** (gamme 800 à 2000 kg/m³) pour la réhabilitation, l'isolation thermique et chaque fois que le gain de poids est prépondérant pour un ouvrage.
- **Bétons lourds** pour le confinement de matières radioactives.
- **Bétons fibrés** (métal, verre, synthétique) pour la réalisation de plaques minces ou des coques et pour améliorer la tenue à la fissuration.
- **Bétons à caractère architectural** grâce à leurs colorations et aux nombreux traitements de surface possibles:
 - bouchardage ;
 - désactivation ;
 - sablage ;
 - polissage.



Domaines d'emploi

Le béton fait partie de notre cadre de vie. Performances et souplesse d'emploi permettent au béton d'être présent dans tous les domaines du bâtiment et des travaux publics.

Le bâtiment

Le béton a sa place dans les bâtiments d'habitation (logements), écoles, hôpitaux... aussi bien que dans les constructions liées à l'activité professionnelle (usines, ateliers, commerces, bureaux) ou dans des réalisations diverses (socioculturelles, sportives ou de loisir...). Ses qualités lui permettent de répondre aux exigences des différentes parties de la construction :

- structure ;
- enveloppe ;
- plancher ;
- couverture.



Les travaux publics

> Les ponts

Les progrès techniques et, en particulier, l'évolution des caractéristiques du béton, permettent de réaliser des portées atteignant 800 m pour les ponts haubanés.



> Les tunnels

Pour les tunnels, le béton est soit coulé en place, soit utilisé sous forme de voussoirs préfabriqués. Ceux-ci sont posés à l'avancement de la machine à forer – le tunnelier – et permettent de “chemiser” la galerie.

> Les barrages

Les grands barrages sont le plus souvent en béton permettant des implantations dans les sites les plus difficiles.

> Les routes

La chaussée béton prend une part de plus en plus importante dans les grandes voiries routières et autoroutières, grâce au développement de techniques modernes : béton armé continu, dalle épaisse, traitement de surface, ainsi que dans les pistes de chars et d'aérodromes.

Les voiries à faible trafic montrent un regain d'intérêt pour les solutions béton, qui leur assurent durabilité et faible coût d'entretien.

> Autres ouvrages

Il faut également citer les ouvrages hors du commun : structures offshore ou centrales nucléaires, dont les exigences requièrent des bétons aux caractéristiques mécaniques et à la durabilité élevées.



Filières de réalisation

Le béton coulé en place

Cette solution a bénéficié ces dernières années d'améliorations des techniques d'élaboration du béton (Béton Prêt à l'Emploi) et de sa mise en œuvre sur chantier: béton pompé, coffrages plus performants, plus sûrs et mieux adaptés aux besoins – banches, tables, coffrages tunnels, coffrages glissants. La qualité du béton s'en trouve améliorée, ainsi que sa finition, notamment grâce au BAP (Béton AutoPlaçant).

Deux filières d'élaboration du béton sont utilisées.



> Le BPE

L'appellation **Béton Prêt à l'Emploi** (BPE) est réservée au béton préparé dans des installations fixes (centrales) et transporté jusqu'au lieu d'utilisation dans des camions malaxeurs (bétonnières portées), ou dans des camions bennes pour certains bétons fermes. La production industrielle du BPE est un facteur de qualité des bétons.

Les BPS (Bétons à Propriétés Spécifiées) en conformité avec la norme NF EN 206-1 sont des bétons commercialisés par le BPE.

> La fabrication sur chantier

Les BCP (Bétons à Composition Prescrite) peuvent être réalisés directement sur chantier. Ils relèvent également de la norme NF EN 206-1. Les outils de malaxage du béton vont de la bétonnière à la centrale de grande capacité suivant les exigences du chantier.

Les produits en béton préfabriqué

La production industrielle de composants s'est axée depuis plusieurs années sur les **composants structuraux** :

- poteaux et poutres en béton armé ou précontraint ;
- composants de façade ;
- éléments pour planchers : prédalles, poutrelles, dalles alvéolées ;
- dalles de couverture.

Deux domaines se sont plus particulièrement développés ces dernières années :

- **des composants standardisés** ne nécessitant pas de moyens de manutention trop lourds : blocs béton, poutrelles, tuiles, pavés, tuyaux, éléments de voiries ;
- **des éléments architectoniques en béton.**





Matière d'apparence et d'esthétique

Le béton offre aux constructeurs une variété d'aspects et de traitements de surface qui permet d'enrichir la qualité esthétique des constructions et des ouvrages les plus usuels.

> La forme

Les coffrages et les moules de natures très diverses permettent la réalisation de toutes les formes imaginées, grâce à :

- la **plasticité du matériau** ;
- la **composition du béton** ;
- les **moules et les coffrages** ;
- la **mise en œuvre**.



> La teinte

La teinte du parement est apportée par les composants du béton. Gris ou blanc, le ciment, mélangé aux éléments les plus fins du sable (les "fines"), donne au béton brut de démoulage sa teinte de fond. Elle peut être modifiée par l'ajout de pigments – oxydes métalliques ou éventuellement pigments de synthèse – en donnant la préférence aux pigments naturels.

Les paramètres essentiels sont : les ciments, les gravillons, les sables, les pigments.

> La texture

La surface peut être lisse ou rugueuse, comporter des creux et des reliefs, reproduire des motifs décoratifs. Les dispositions adoptées lors du moulage ou de la mise en œuvre, les traitements de surface (sur le béton frais ou durci) avant ou après démoulage, créent une variété infinie d'aspects qui seront mis en valeur par la lumière :

- les **bétons bruts de décoffrage** ;
- les **traitements de surface**
 - le **lavage**,
 - le **sablage**,
 - le **grésage**,
 - le **polissage**,
 - la **désactivation**,
 - le **bouchardage**.

Matière de l'aménagement urbain

> Le béton désactivé

La désactivation consiste à faire apparaître les granulats à la surface du béton frais.

> Le béton coulé en place

Coloré ou non, il se marie parfaitement avec les autres types de béton.

> Les dalles et pavés en béton préfabriqué

Leurs formes et leurs couleurs variées s'harmonisent avec l'environnement.



Principales normes ciments et bétons

Ciments et liants hydrauliques

NF EN 197-1 (2001)

Ciment – Partie 1 : composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants.

NF EN 413-1 (2004)

Ciment à maçonner – Partie 1 : composition, spécifications et critères de conformité.

NF EN 14647 (2005)

Ciments d'aluminates de calcium – Composition, spécifications et critères de conformité.

NF P15-317 (2006)

Liants hydrauliques – Ciments pour travaux à la mer.

P15-319 (2006)

Liants hydrauliques – Ciments pour travaux en eaux à haute teneur en sulfates.

NF P15-318 (2006)

Liants hydrauliques – Ciments à teneur en sulfures limitée pour béton précontraint.

NF P15-314 (1993)

Liants hydrauliques – Ciment prompt naturel.

Bétons

FD P18-011 (1992)

Bétons – Classification des environnements agressifs.

NF EN 12390-2 (2001)

Essai pour béton durci – Partie 2 : confection et conservation des éprouvettes pour essais de résistance.

NF EN 206-1 (2005)

Béton – Partie 1 : spécification, performances, production et conformité.

NF EN 13369 (2004)

Règles communes pour les produits préfabriqués en béton.

FD P18-504 (1990)

Béton – Mise en œuvre des bétons de structure.

NF EN 1338 (2004)

Pavés en béton – Prescriptions et méthodes d'essai.

NF EN 1339 (2004)

Dalles en béton – Prescriptions et méthodes d'essai.

NF P98-335 (2006)

Chaussées urbaines – Mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle.

PR NF EN 13369/A1 (2005)

Règles communes pour les produits préfabriqués en béton.

Normes et fascicules du CCTG applicables aux marchés publics de travaux de génie civil

Fascicule 25

Exécution des corps de chaussées.

Fascicule 28

Exécution des chaussées en béton de ciment (2001).

Fascicule 29

Travaux, construction, entretien des voies, places et espaces publics, pavés et dalles en béton ou en roche naturelle.

Fascicule 62 (Titre I, Section I)*

Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites (BAEL 91).

Fascicule 62 (Titre I, Section II)*

Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint suivant la méthode des états limites (BPEL 91).

Fascicule 65 A

Exécution des ouvrages en béton armé ou en béton précontraint par post-tension.

Fascicule 65 B

Exécution des ouvrages de génie civil de faible importance en béton armé.

NF P98-115 (1992)

Assises de chaussées – Exécution des corps de chaussées – Constituants – Composition des mélanges et formulation – Exécution et contrôle.

XP P98-121 (2005)

Assises de chaussées – Graves-émulsion – Définition – Classification – Caractéristiques – Fabrication – Mise en œuvre.

NF P98-128 (1991)

Assises de chaussées – Bétons compactés routiers et graves traitées aux liants hydrauliques et pouzzoloniques à hautes performances – Définition – Composition – Classification.

PR NF P98-170 (2005)

Chaussées en béton de ciment – Exécution et contrôle.

Normes et DTU applicables aux marchés publics de travaux du bâtiment

P11-211 (1988)

DTU 13.11 – Fondations superficielles.

NF P11-221 (2000)

DTU 14.1 – Travaux de bâtiment – Travaux de cuvelage – Partie 1 : cahier des clauses techniques – Partie 2 : cahier des clauses spéciales.

XP P10-202 (1994)

DTU 20.1. Travaux de bâtiments – Ouvrages en maçonnerie de petits éléments – Partie 1 : cahier des clauses techniques – Partie 2 : règles de calcul et dispositions constructives minimales – Partie 3 : guide pour le choix des types de murs de façades en fonction du site.

NF P10-203 (1993)

DTU 20.12 – Maçonnerie des toitures et d'étanchéité – Gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité – Partie 1 : cahier des clauses techniques – Partie 2 : cahier des clauses spéciales.

NF P18-201 (2004)

DTU 21 – Travaux de bâtiment – Exécution des travaux en béton – Cahier des clauses techniques

NF P10-210 (1993)

DTU 22.1. Travaux de bâtiment – Murs extérieurs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions du type plaque pleine ou nervurée en béton ordinaire – Partie 1 : cahier des charges – Partie 2 : cahier des clauses spéciales.

NF P15-201 (1993)

DTU 26.1. Travaux de bâtiment – Enduits aux mortiers de ciments, de chaux et de mélange plâtre et chaux aérienne – Partie 1 : cahier des clauses techniques – Partie 2 : cahier des clauses spéciales.

NF P14-201 (1993)

DTU 26.2. Travaux de bâtiment – Chapes et dalles à base de liants hydrauliques – Partie 1 : cahier des clauses techniques – Partie 2 : cahier des clauses spéciales – Partie commune au DTU 26.2 et au DTU 52.

* Ce document sera remplacé par les normes Eurocodes.

En savoir plus

Bibliographie (sélection)

ATILH : *Les bétons, bases et données pour leur formulation*, Eyrolles, 1996.

ATILH : *La durabilité des bétons*, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1992.

ATILH : *Guide pratique pour l'emploi des ciments*, Eyrolles, 1998.

CIMBÉTON : *Construire avec les Bétons*, Éditions du Moniteur, 2000.

CIMBÉTON : *Fiches techniques*

Tome 1 – *Les constituants du béton*

Tome 2 – *Les bétons, composition, fabrication et mise en œuvre*

Tome 3 – *Les applications des bétons*

CIMBÉTON : *Collection technique*, catalogue sur demande.

YVES MALIER : *Les bétons à hautes performances, du matériau à l'ouvrage*, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1990.

Organismes professionnels de l'industrie cimentière

ATILH

Association technique de l'Industrie des Liants hydrauliques – Tél. : 01 55 23 01 30 – Fax : 01 49 67 10 46

BÉTOCIB

Association pour la promotion de l'architecture en béton de ciment blanc

Tél. : 01 55 23 01 15 – Fax : 01 55 23 01 16

CIMBÉTON

Centre d'information sur le ciment et ses applications

Tél. : 01 55 23 01 00 – Fax : 01 55 23 01 10

EFB

École française du Béton

Tél. : 01 55 23 01 00 – Fax : 01 55 23 01 10

SFIC

Syndicat Français de l'Industrie cimentière

Tél. : 01 55 23 01 23 – Fax : 01 55 23 01 24

Adresse des cinq organismes :

7, place de La Défense, 92974 Paris-la-Défense CEDEX

Site internet : www.infociments.fr

Organismes professionnels de la construction

CAPEB

46, avenue d'Ivry – BP 353 – Paris CEDEX 13

Tél. : 01 44 24 59 59 – Fax : 01 44 24 59 60

FFB

Fédération française du Bâtiment

9, rue La Pérouse – 75016 Paris

Tél. : 01 40 69 51 00 – Fax : 01 45 53 58 77

FIB

Fédération de l'Industrie du Béton

23, rue de la Vanne – 92126 Montrouge CEDEX

Tél. : 01 49 65 09 09 – Fax : 01 49 65 08 61

UNSFA

Union nationale des Syndicats français d'Architectes

26, boulevard Raspail – 75007 Paris

Tél. : 01 45 44 58 45 – Fax : 01 45 44 93 68

UNTEC

Union nationale des économistes de la construction et des coordinateurs

8, rue Percier – 75008 Paris

Tél. : 01 45 61 46 83 – Fax : 01 42 89 04 42

Lexique

Béton : mélange de granulats – sables, gravillons ou cailloux – de ciment, d'eau et éventuellement d'adjuvants, qui durcit au bout de quelques heures.

BHP : Béton à Hautes Performances. Béton dont les résistances élevées (supérieures à 50 MPa) et la durabilité sont liées à leur faible porosité.

Blaine : inventeur d'une méthode, aujourd'hui devenue norme, de mesure de la finesse de mouture. Celle-ci résulte de la surface développée des grains contenus dans une unité de poids donnée.

BPE : Béton Prêt à l'Emploi. Il est produit par des centrales à béton qui le livrent directement sur les chantiers.

Chromatographe : appareil permettant la séparation des constituants d'un mélange par absorption sélective par des constituants pulvérulents ou partage entre deux solvants.

Clinker : matériau hydraulique constitué d'un agglomérat de silicates et d'aluminates, issu de la cuisson à haute température du "cru" (1 450 °C). Finement broyé, il est le constituant principal du ciment.

Cru : farine de grande finesse obtenue par le broyage de calcaire et d'argile, dans une proportion voisine de 80 % - 20 %.

CEM I : Ciment Portland, comprenant au moins 95 % de clinker. Définition et spécifications dans la norme NF EN 197-1.

CEM II / A ou B : Ciment Portland Composé, comprenant une proportion variable (de 6 à 35 %) de divers constituants tels que fillers, laitier de haut fourneau. Définition et spécifications dans la norme NF EN 197-1.

Fillers : roches sélectionnées, souvent calcaires, pratiquement pures utilisées comme constituants secondaires du ciment, ajoutées après cuisson au clinker dans des proportions variables.

Granulomètre à laser : appareil servant à mesurer la granulométrie d'un produit pulvérulent par diffraction d'un faisceau de lumière monochromatique émis par un laser. La connaissance de la lumière diffractée permet de déterminer la courbe granulométrique.

Laitiers de hauts fourneaux : scorie fondue issue de la fusion du minerai de fer dans un haut fourneau, constituant de certains ciments (ciments de type CEM III / A, B ou C CEM V / A ou B de la norme NF EN 197-1).

Mortier : mélange de ciment, de sable et d'eau, utilisé notamment dans les maçonneries et les enduits.

NF : Norme française. Marque indiquant la conformité à la norme française.

Plastifiants : adjuvants du béton destinés à améliorer la plasticité du béton frais afin de faciliter sa mise en œuvre.

Réducteurs d'eau : adjuvants du béton destinés à diminuer la quantité d'eau contenue dans un béton sans en diminuer la plasticité lors de la mise en œuvre.

Spectromètre à fluorescence X : appareil de détermination de la composition chimique par fluorescence générée par un rayon X.

Torche à plasma : appareil qui permet de déterminer la composition chimique par analyse du rayonnement à très haute température.

Photographies de la couverture

HG – Gymnase de Bron, architecte : R. Pistilli,
photographe : F. Cristogatin
HD – Siège de la chambre de commerce et d'industrie d'Eure-et-Loir,
architectes : J. Mas et François Roux, photographe : J.-M. Monthiers
M – Viaduc de Millau, architecte : Sir N. Foster,
photographe : G. Maucuit-Lecomte
BG – Hôpital à Nantes, architecte : R. Butler,
photographe : D. Boy-de-la-Tour
BD – Collège à Noisy-Le-Grand, Lelli architectes urbaniste,
photographe : G. Maucuit-Lecomte

Photographies des pages 4 à 30

4H – Chambre des Métiers du Val-de-Loire, architecte : J.-P. Lott,
photographe : J.-M. Landecy
4M – Viaduc de Millau, architecte Sir N. Foster,
photographe : G. Maucuit-Lecomte
4B – Crématorium de Baumschulenberg, architecte : A. Schultes,
photographe : U. Schwarz
10 H – Viaduc du Pays de Tulle, architecte : C. Lavigne, A. Montois
et C. Chéron photographe : R. Bouchu (Actophoto)
10M – Usine à Villeurbanne, architecte : R. Pistilli,
photographe : G. Maucuit-Lecomte
12H – Musée à Cognac, architecte : J.-J. Bégulé B. Peyrichou
et H. Beaudoin, photographe : H. Abbadie
12M – Centre administratif de Thourotte, architecte : Richard
et Schoeller, photographe : J.-M. Monthiers
12B – Liaison Beaucaire Tarascon, architecte : C. Lavigne,
photographe : G. Maucuit-Lecomte
14B – Villa Saint-Fortunat, architecte : C. Bergely,
photographe : E. SAILLET
16H – Laboratoire à Vannes, architecte : P. Vallée,
photographe : H. Abbadie
16M – École d'infirmière à Amiens, architecte : P. Deprick
et J.-L. Maniaque, photographe : J.-M. Monthiers
16B – Logements sociaux à Genevilliers, architecte : J. Ripault,
photographe : O. Wolgensky
18H – Lycée Saint-Clément-de-Rivière, architecte : P. Tourre,
photographe : H. Abbadie
18M – Collège à Noisy-Le-Grand, Lelli architectes urbaniste,
photographe : G. Maucuit-Lecomte
18B – Crématorium de Baumschulenberg, architecte : A. Schultes,
photographe : W. Huthmacher

20H – Crèche à Paris, architecte : Bical, photographe : J.-M. Monthiers
20M – Siège de la chambre de commerce et d'industrie d'Eure-et-Loir,
architectes : J. Mas et François Roux, photographe : J.-M. Monthiers
20B – Logement dans le Rhône, architecte : R. Pistilli,
photographe : P. Pichon
22H – Maternelle à Reims, architecte : D. Coulon et P. Richter,
photographe : J.-M. Monthiers
22M – CPAM, Annecy, architecte : T. Vandewyngaert,
photographe : J.-M. Monthiers
22B – Collège Créteil, architecte : B. Valéro et F. Gadal,
photographe : J.-M. Monthiers
24H – Centre culturel de Schweighouse, architecte : M. Girold,
photographe : G. Maucuit-Lecomte
24M – Caisse générale d'Épargne à Grenade,
architecte : A. Campo-Baeza, photographe : H. Suzuki
24B – Logements à Paris, architecte : C. Furet,
photographe : D. Boy-de-la-Tour
25 – Viaduc de Tulle, architecte : C. Lavigne, A. Montois et C. Chéron,
photographe : R. Bouchu (Actophoto)
26H – Centre de secours Marguerittes, architecte : D. Boyer-Gibaud
et F. Percheron, photographe : D. Boy-de-la-Tour
26M – BNP à Montreuil, B.-J. Hubert et M. Roy architectes,
photographe : H. Abbadie
26B – Plasse de Halle à Movesin, photographe : R. Holak
27G – Complexe sportif de Jury (57), architecte : F. Noël,
photographe : O.-H. Dancy
27D – Viaduc de Millau, architecte : Sir N. Foster,
photographe : G. Maucuit-Lecomte
28H – Hôpital Nantes, architecte : R. Butler,
photographe : D. Boy-de-la-Tour
28M – Musée de Sarrebourg, architecte : Z. Hadid,
photographe : J.-M. Delancy
28B – IECB de Pessac, architecte : Atelier Franck Hammoutene,
photographe : O. Wolgensky
29 – Château Gruaud Larose (33), architecte : Cabinet Mazières,
photographe : D. Bonrepaux
30H – Chambre des Métiers à Saint-Luce, architecte : J.-P. Lott,
photographe : J.-M. Delancy
30M – Boulevard à Marseille, photographe : Yann Kerveno
30B – Passage Lot-et-Garonne, photographe : R. Holak
31G – École, Paris, architecte : O. Gahinet, photographe : J.-M. Monthiers

CIMBÉTON, tous droits réservés.