



FIXIT.CH

Manuel du béton



Sommaire

Béton – définition	4
Matières premières pour bétons	6
Ciment	6
Matières premières pour ciments	8
Fabrication du ciment	8
Appellation du type de ciment	9 – 11
Adjuvants pour bétons	12 – 14
Eau de gâchage / Eau d'adjonction	15
Granulométries	16 – 21
Détermination du béton	22
Résistance à la compression	22 – 23
Classes d'exposition	24 – 36
Granulométrie maximale	37
Classes de teneur en chlorures	37
Consistance	38
Masse volumique	39
Essais du béton frais	42
Dimension d'expansion	43
Masse de compactage	43
Hauteur d'affaissement	44
Température	45
Teneur en air	45
Masse volumique du béton frais	46
Teneur en eau	47
Création et entreposage des éprouvettes	48
Essais du béton durci	52
Résistance à l'écrasement d'un cube	52
Résistance à la compression des carottes	53
Profondeur de pénétration de l'eau sous pression	53
Teneur en chlorure	53
Conductibilité hydraulique	53
Résistance aux chlorures	53
Résistance au gel et sel de dé verglaçage	53

Résistance aux sulfates	53
Fluage et retrait	53
Module d'élasticité	54
Résistance au gel	54
Comportement d'abrasion	54
Comportement suite à une alternance de gel et de dégel	54
Résistance au gel et au sel de déverglaçage, méthode TFB	54
Résistance au gel et au sel de déverglaçage, BE I	54
Ouvrabilité sur des plaques carrées (béton à fibres métalliques)	54
Teneur en fibres métalliques sur les échantillons de béton	54
Structure des pores dans le béton durci	56
Types de pores, leurs formations et leurs incidences	56
Cure	58
Bétonnage par temps froid	59 – 60
Bétonnage par temps chaud ou vents forts	61 – 62
Utilisations du béton	64
Béton de parement	64
Béton autocompactant	65
Béton apte au pompage	65
Béton résistant à l'usure	65
Fibrobéton	66
Béton résistant au feu	66
Béton à projeter	67
Béton pour drainages	68
Assortiment de produits	70
Domaines d'application pour les bétons secs Fixit	71

Bibliographie des illustrations : Fixit AG, Holderbank

Le béton – définition



Fixit 565 Mortier de jointolement 0 – 3 mm, fortement hydrofuge

Le béton est un mélange composé de

liants + eau de gâchage + agrégats
↓ ↓ ↓
ciment + eau de mouillage + granulats

Le béton est un mélange de liant (ciment), eau de gâchage (eau de mouillage) et d'agrégats (granulats) qui est souple à l'état frais. Après son application, il durcit en continu jusqu'à atteindre des caractéristiques proches de la pierre, en fonction de ses différents composants.

Par ailleurs, le béton peut contenir des **adjuvants** et **additifs** pour béton.

Les critères suivants déterminent le bon choix du béton

		Détermination de :
Contraintes statiques	Poids propres + charge utile + contraintes extérieures et intérieures	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance à la compression • Résistance à la traction en flexion • Résistance à la traction par clivage • Résistance à l'arrachement d'élasticité • Masse volumique (poids spécifique) • Module d'élasticité • Avancement des travaux • Type de ciment
Agressions physiques	Evolution de la température du béton frais + conditions atmosphériques + gel + agression par des produits déverglaçants + chaleur + usure/abrasion mécanique	<ul style="list-style-type: none"> • Densité (imperméabilité à l'eau) • Résistance au gel • Résistance aux produits déverglaçants • Type des granulats • Type de ciment • Additifs et adjuvants • Température du béton frais • Forme de l'élément de construction • Epaisseur d'enrobage • Résistance à l'usure/abrasion • Durée de protection (cure)
Agressions chimiques	Agression par produits déverglaçant, eaux usées, eaux thermales, lait, acides, lessives ou eaux gypseuses. Il est indispensable de relever la concentration des produits agressifs ainsi que les conditions cadres (p.ex. les températures)	<ul style="list-style-type: none"> • Type et degré d'agression • Type de ciment • Granulométrie • Densité • Autres mesures de protection (p. ex. revêtement) • Durée de protection • Epaisseur d'enrobage • Forme de l'élément de construction
Conditions d'application et exigences à la surface apparente		<ul style="list-style-type: none"> • Consistance • Granulométrie maximale • Courbe granulométrique • Délai de mise en oeuvre • Transport • Acheminement (pompe, grue, etc.) • Compactage • Coffrage • Cure

Matières premières pour bétons

Ciment

Définition

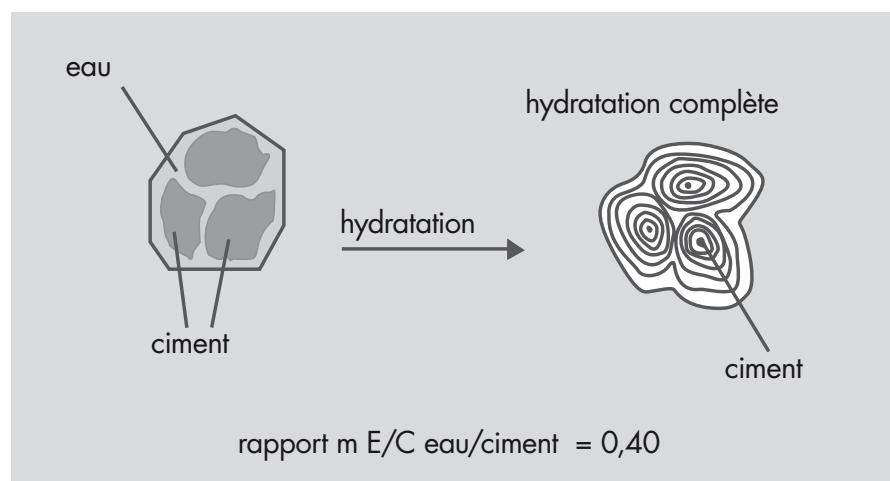
Le ciment est un liant hydraulique. Cela signifie qu'en le mélangeant avec de l'eau, le ciment devient une pâte de ciment. A l'air, comme sous l'eau, il durcit par hydratation et développe une constance de volume.

Histoire

Les Romains de l'antiquité sont considérés comme étant les inventeurs du ciment. La façon actuelle de produire le ciment remonte à l'anglais John Aspdin. En 1824, il avait développé un procédé pour fabriquer un matériau hautement résistant à la compression pouvant

également durcir sans apport d'air. Etant donné que le produit ressemblait à la roche calcaire grise du littoral anglais près de Portland, Aspdin nomma ce produit « ciment de Portland ».

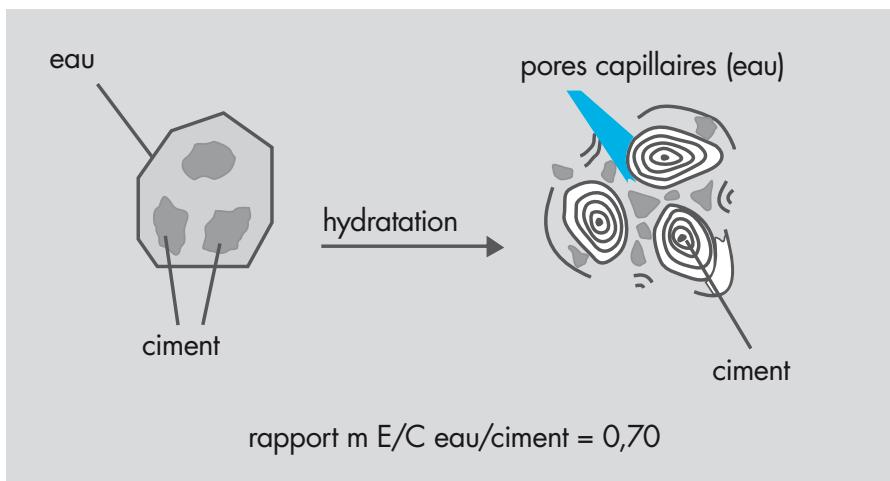
Hydratation (développement de solidité sous l'effet de l'eau)



Avec un rapport m E/C de 0,40, la quantité d'eau est entièrement liée par le ciment.

L'hydratation du ciment donne naissance à deux nouveaux matériaux minéraux :

- éléments fins de petite taille constitués d'hydrate de silicate de calcium (CSH) de composition légèrement variable et qui se lient entre eux pour finalement donner une structure dense d'une résistance considérable.
- grands cristaux d'hydroxyde de calcium ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), en forme de plaquettes, qui ne contribuent pas à la résistance. En revanche, ils protègent l'armature de la corrosion par leur effet alcalin important.



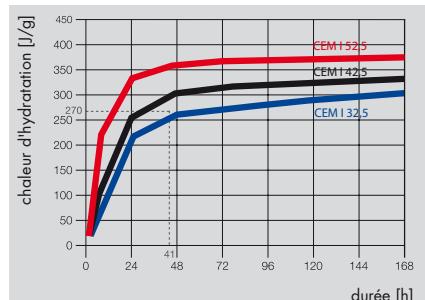
Lors que le rapport E/C est supérieur à 0,40, l'eau résiduelle génère un plus grand volume de pores capillaires → porosité capillaire.

Les deux produits réactionnels de l'hydratation du ciment agissent de façon positive (+) ou négative (-)

- CSH + Résistance à la compression
- + Densité
- + Durabilité
- Ca(OH)₂ + protection de l'armature contre la corrosion (pH>12)
- soluble à l'eau
- efflorescences de calcaire
- partenaire réactionnel contre les attaques de sulfate et la réaction aux alcalis et à l'acide silicique

Mélangé à l'eau, le ciment fait une réaction chimique qui s'appelle l'hydratation du ciment, processus qui dégage une chaleur considérable, appelée chaleur d'hydratation.

L'hydratation génère la prise et le durcissement continu se termine par l'obtention du clinker.



Fixit 530 Mortier d'injection 0 – 0,5 mm

Matières premières pour ciments

Composants principaux pour la production de clinker

- Roche calcaire (env. 65 %)
- Marne
- Argile
- Sable
- Limon

Matières pour clinker



Production de ciment

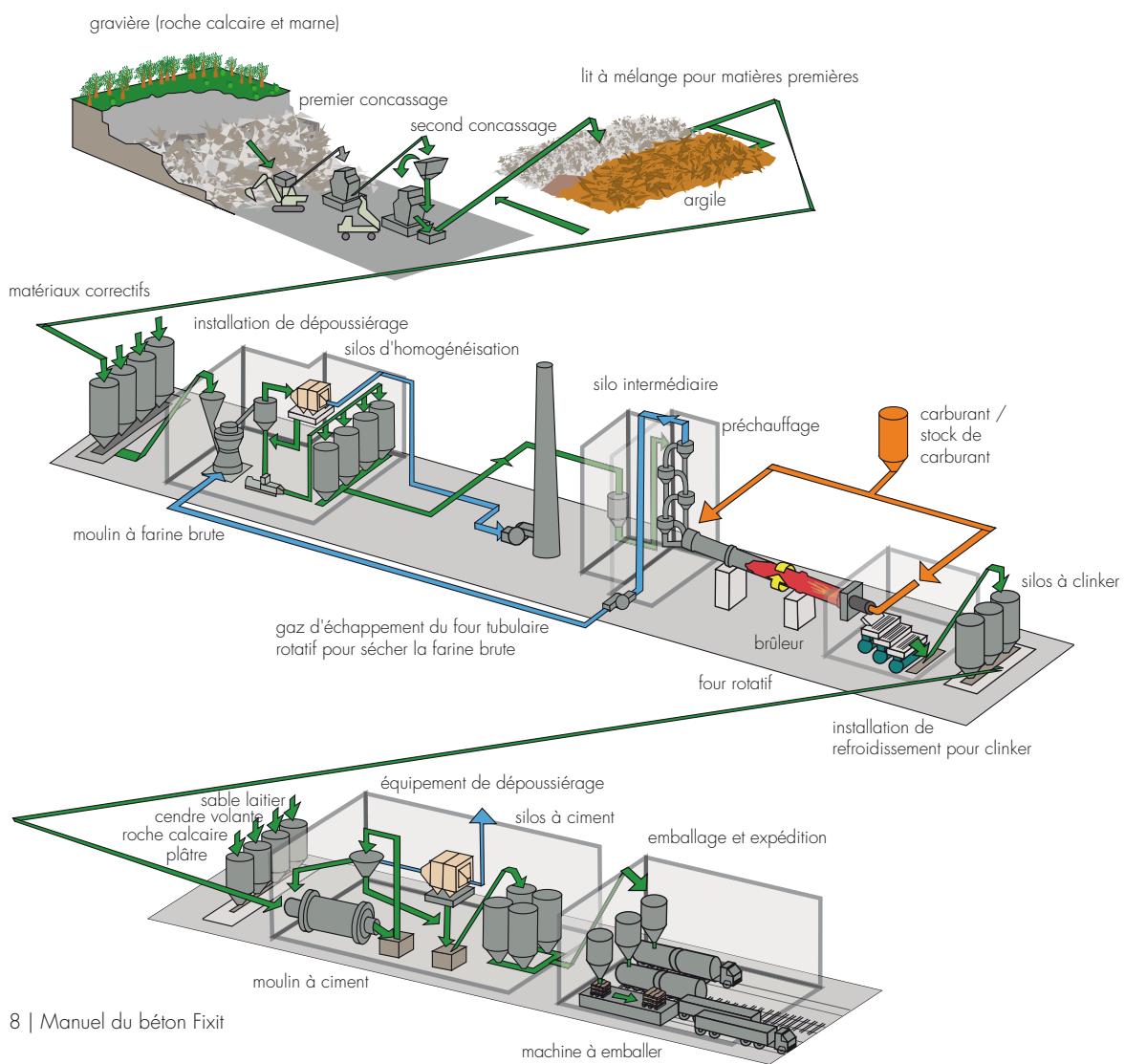
- Clinker
- Gypse (max. 5%)
- Sable de laitier
- Cendre volante
- Pouzzolane
- Micro silice

Ajouts de mouture

Ces matériaux sont principalement extraits dans des mines, broyés, puis cuits dans le four rotatif à 1450°C pour devenir ce que l'on appelle du « clinker ».

En combinant les matériaux du clinker et les ajouts de moutures, et en définissant la finesse de mouture, on obtient les différents types de ciment et leurs classes de résistances.

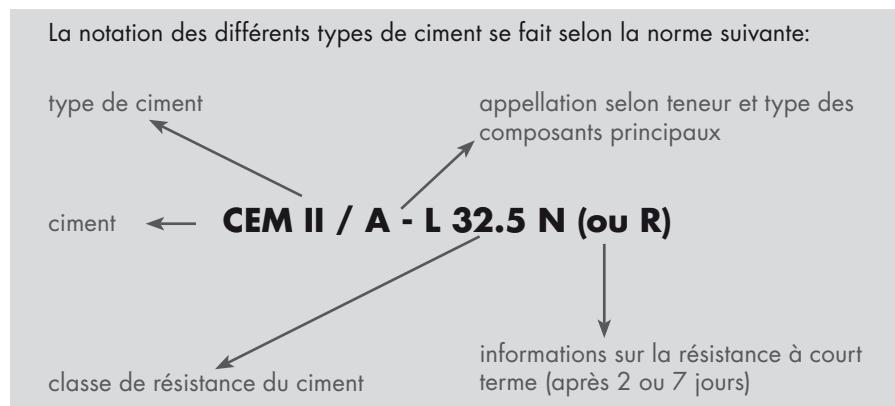
Fabrication du ciment



Notation des ciments selon EN 197-1

Ciments / types de ciment

CEM I	Ciment Portland
CEM II	Ciment Portland composé
CEM III	Ciment de haut fourneau
CEM IV	Ciment à la pouzzolane
CEM V	Ciments composés



Pourcentage d'ajouts de mouture

- | | |
|---|--|
| A | Quantité d'ajout de mouture du composant principal jusqu'à 20 % |
| B | Quantité d'ajout de mouture du composant principal supérieure à 20 % |

Composants principaux

Clinker de ciment de Portland	K	Est fabriqué par frittage à env. 1450° avec un mélange précis de matières premières (roche calcaire, marne, argile).
Sable de laitier	S	Se produit par un refroidissement rapide d'une charge de laitier de composition ad hoc qui se forme dans le haut fourneau lors de la fonte de minerai de fer. Avec une activation adéquate, le sable de laitier offre des qualités hydrauliques.
Micro-silice (fumée de silice)	D	Se développe dans les fours à arc lors de la production d'alliage de silicium et ferro-silicium au moment de la réduction de quartz très pur avec du charbon. Elle est composée de particules très fines et sphériques contenant du dioxyde de silicium amorphe avec au moins 85 % de poussière de silice et a des caractéristiques pouzzolaniques.
Pouzzolane naturelle P, Pouzzolane artificielle Q	P, Q	En général, les pouzzolanes naturelles sont des matériaux d'origine volcanique ou de roche sédimentaire offrant une composition chimico-minéralogique adéquate. Les pouzzolanes sont des matières naturelles composées d'acide silicique ou de silicate alumineux ou d'une combinaison des deux.
Cendre volante riche en acide silicique V, Cendre volante riche en calcaire W	V, W	<p>La cendre volante est obtenue par précipitation électrostatique ou mécanique de particules poussiéreuses provenant de gaz de fumée de feux alimentés par du charbon finement broyé.</p> <p>La cendre volante riche en acide silicique est une poussière fine, principalement constituée de particules sphériques aux propriétés pouzzolaniques.</p> <p>La cendre volante riche en calcaire est une poussière fine aux propriétés hydrauliques et/ou pouzzolaniques.</p>
Schiste calciné	T	C'est tout spécialement le schiste bitumineux qui est produit par cuisson à un température de 800°C dans un four spécial. Finement broyé, il offre des propriétés hydrauliques et pouzzolaniques très développées.
Roche calcaire	L	<p>La roche calcaire a des propriétés d'inertie. En fonction de sa teneur totale en carbone organique (TOC), elle est divisée en deux catégories:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Roche calcaire normale (L): TOC < 0,50 M-% • Roche calcaire supérieure (LL): TOC < 0,20 M-%

Composants secondaires

Les composants secondaires sont des matières anorganiques et minérales spécialement sélectionnées qui se forment lors de la fabrication de clinker.

Les composants principaux peuvent également être contenues en faibles quantités dans les composants secondaires (à hauteur de 0 à 5 M-%), à

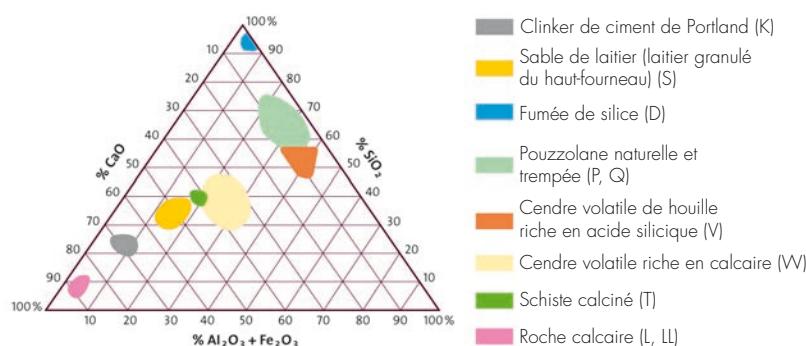
moins qu'ils soient déjà un composant principal du ciment.

Propriétés des composants principaux et secondaires

Propriétés hydrauliques	L'adjonction d'eau provoque un durcissement autonome par hydratation, aussi bien à l'air comme sous l'eau. (K W T)
Propriétés hydrauliques latentes	Il y a un potentiel hydraulique naturel. Les adjuvants aux propriétés hydrauliques latentes ne commencent à produire des matières semblables à l'hydrate de ciment qu'en présence d'activateurs (alcalis, chaux, sulfate). Dans l'ensemble, les réactions sont les mêmes que lors de l'hydratation du ciment. (S).
Propriétés pouzzolaniques	Il n'y a pas de potentiel hydraulique. Les adjuvants pouzzolaniques réagissent avec l'hydroxyde de calcium qui se libère lors de l'hydratation du clinker. De cette réaction naissent des matières similaires aux hydrates de ciment. (D, P, Q, V, W, T)
Propriétés d'inertie	Il n'y a aucun potentiel hydraulique, ni pouzzolanique. Les matières inertes ne font aucune réaction chimique, c'est-à-dire qu'elles ne changent pas, ne réagissent pas, n'ont pas d'influence sur le développement de la résistance et leur comportement en milieu alcalin est neutre. En revanche, les composants inertes améliorent les propriétés physiques du béton. (L, LL)

Répartition des composants principaux dans le diagramme ternaire

L'illustration montre la parenté entre les composants principaux du ciment et le clinker du ciment de Portland. Plus du 90 % de l'écorce terrestre est composé des éléments issus de ces oxydes principaux.



Propriétés particulières

Ciment à haute résistance aux sulfates

Appellation selon l'avant-propos national, respectivement l'annexe avec son complément HS en fonction de la classe de résistance. Les ciments suivants sont considérés comme ciments à haute résistance aux sulfates.

- CEM I avec une teneur de C_3A < 3,0 M-%
 - CEM III/B
 - CEM III/C
- Pour les autres ciments, il faut prouver une performance équivalente de résistance aux sulfates.

Ciment à faible chaleur d'hydratation

Ils se distinguent par l'abréviation LH. La chaleur d'hydratation ne doit pas dépasser la valeur caractéristique de 270 J/g. La chaleur d'hydratation doit être mesurée soit après 7 jours, soit après 41 heures.

Classe de résistance du ciment / résistances initiales

Classe de résistance	Résistance à la compression [N/mm ²]			Début de solidification [min]	
	résistance à court terme		résistance courante		
	2 jours	7 jours	28 jours		
32.5 N	-	≥ 16.0	≥ 32.5	≤ 52.5	≥ 75
32.5 R	≥ 10.0	-			
42.5 N	≥ 10.0	-	≥ 42.5	≤ 62.5	≥ 60
42.5 R	≥ 20.0	-			
52.5 N	≥ 20.0	-	≥ 52.5	-	≥ 45
52.5 R	≥ 30.0	-			

Pour chaque classe de résistance courante, l'on définit deux classes de résistance initiale:

Une classe avec une **résistance initiale usuelle**, désignée par **N**, et une classe avec une **haute résistance initiale**, désignée par **R**.

Types de ciment et composition

Type de ciment	Appellation	Désignation	Clinker de ciment de Portland K	Sable de laitier S	Fumée de silice D	Pouzzolane		Cendre volante		Schiste calciné T	Roche calcaire L	Composants secondaires
						naturelle P	industrielle Q	riche en acide silicique V	riche en calcaire W			
I	Ciment Portland	I	95 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
II	Ciment Portland au laitier	II/A - S	80 - 94	6 - 20	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		II/B - S	65 - 79	21 - 35	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
	Ciment Portland à la fumée de silice	II/A - D	90 - 94	-	6 - 10	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		II/A - P	80 - 94	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	0 - 5
	Ciment Portland à la pouzzolane	II/B - P	65 - 79	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	0 - 5
		II/A - Q	80 - 94	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	0 - 5
		II/B - Q	65 - 79	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	0 - 5
		II/A - V	80 - 94	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	0 - 5
III	Ciment Portland aux cendres volantes	II/B - V	65 - 79	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	0 - 5
		II/A - WV	80 - 94	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	0 - 5
		II/B - WV	65 - 79	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	0 - 5
		II/A - T	80 - 94	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	0 - 5
	Ciment Portland au schiste	II/B - T	65 - 79	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	0 - 5
		II/A - L	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	0 - 5
	Ciment Portland au calcaire	II/B - L	65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	0 - 5
		II/A - M	80 - 94					6 - 20				
IV	Ciment pouzzolanique	II/B - M	65 - 79					21 - 35				
		IV/A	65 - 89	-			11 - 35		-	-	-	0 - 5
	Ciment composé	IV/B	45 - 64	-			36 - 55		-	-	-	0 - 5
		V/A	40 - 64	18 - 30	-		18 - 30		-	-	-	0 - 5
V	V/B	20 - 39	31 - 50	-			31 - 50		-	-	-	0 - 5

Adjuvants pour bétons

Les adjuvants pour béton sont des additifs sous forme de poudres ou de liquides agissant sur certaines caractéristiques du béton. Ils ne doivent être ajoutés au béton que s'ils ne détériorent pas le durcissement du ciment, la résistance et la longévité, ainsi que la protection contre la

corrosion du béton.

Faisant partie du volume, il faut en tenir compte dans le calcul de la masse volumique pour le concept du coefficient k . La classification usuelle des adjuvants se fait selon leur comportement chimique dans

la pâte de ciment et / ou selon leur effets dans le béton.

Une autre classification se fait en fonction de leur composition chimique (diagramme ternaire)

Adjuvants importants

Charge à la pierre calcaire	Typ I adjuvants presque inactifs	Ils ne réagissent ni avec du ciment ni au contact avec l'eau et n'interviennent donc pas dans l'hydratation.
Poussière inerte		Grâce à la taille, la composition et la forme de leurs grains, ils améliorent la structure du grain de la poudre.
Pigments colorés		Ils sont par exemple ajoutés aux bétons contenant des sables pauvres en éléments fins afin d'obtenir une teneur suffisante en poudre, une ouvrabilité et une cohésion optimale.
Pouzzolanes naturelles (trass)	Typ II adjuvants pouzzolaniques ou	Les adjuvants pouzzolaniques réagissent avec l'hydroxyde de calcium qui est produit lors de l'hydratation de la brique ciment et forment ainsi des produits de durcissement similaires au ciment.
Cendres volantes		Grâce à la taille, la composition et la forme de leurs grains, ce type de produits contribuent au durcissement et améliorent ainsi la structure du grain de la farine.
Fumée de silice micro-silice		
Sable de fonderie	hydrauliques latents	Les substances hydrauliques latentes nécessitent un activateur (hydroxyde de calcium ou sulfate de calcium) pour ensuite durcir hydrauliquement par elles-mêmes.
Fibres		Les substances fibreuses sont principalement utilisées en tant que fibres d'acier, mais aussi en tant que fibres de verre ou fibres en matières plastiques. Elles peuvent améliorer les propriétés du béton frais et du béton durci (solidité, densité, ouvrabilité).

Adjuvants pour bétons

Les adjuvants pour béton sont des substances solubles dans l'eau qui sont mélangées au béton pour modifier, par le biais d'une action physique et/ou chimique, les propriétés du béton frais ou solide, comme par ex. l'aptitude au façonnage, le comportement de prise, le durcissement ou la durabilité. La quantité ajoutée, par rapport au

poids du ciment, se situe en général entre 0,2 et 2,0 M-%.

Si plusieurs adjuvants doivent être utilisés ensemble, il faudra éclaircir exactement ce point avec le fournisseur parce que selon les circonstances, les effets des adjuvants s'annulent ou bien s'additionnent.



Mode d'action des adjuvants pour le béton

Fluidifiant	FM	Diminution du besoin en eau et/ou amélioration de l'ouvrabilité.
Agent retardateur	VZ	Retardement de la prise initiale du béton ; par ex. utilisation lors des installations en plusieurs étapes, en cas de hautes températures extérieures, etc.
Entraîneurs d'air	LP	Augmentation de la résistance au gel et au sel de déverglaçage en introduisant de petites pores d'air réparties uniformément.
Accélérateur de durcissement	HBE	Accélère la résistance initiale, avec ou sans influence sur la durée de solidification. Utilisation pour le bétonnage en hiver.
Accélérateur de prise initiale	SBE	Accélération de la prise initiale du béton.
Stabilisant	ST	La cohérence interne du béton frais est accrue.
Additifs fluidifiants du béton	BV	Ils diminuent le besoin en eau du béton et améliorent ainsi son ouvrabilité, ou ils permettent un accroissement de sa solidité en économisant de l'eau tout en conservant la même teneur en ciment.
Imperméabilisants	DM	Les imperméabilisants (DM), lorsqu'ils sont utilisés, sont employés pour des travaux de génie civil, les ouvrages hydrauliques et la construction de réservoirs. Ils doivent diminuer l'absorption d'eau ou l'infiltration d'eau dans le béton.
Additifs d'injection	EH	Les additifs d'injection améliorent la fluidité, diminuent le besoin d'eau et ont pour effet un gonflement modéré du mortier d'injection.

Effets des adjuvants sur le béton

Effet sur	Fluidifiant BV/FM	Accélérateur SBE/HBE	Retardateur VZ	Entraîneur d'air LP
Ouvrabilité	++	-	+	+
Ségrégation / ressage	+		-	+
Prise : pouvoir accélérant		++		
pouvoir retardateur	-		++	-
Aptitude de pompage	+			-
Résistance à court terme	+	++	-	-
Résistance finale	+	-	+	-
Perméabilité	+	-		+
Résistance au gel	+	-	-	++
Bétonnage par temps froid	+	+	-	
Bétonnage par temps chaud	+	-	+	
++ effet positif	+ effet possible	- effet négatif possible		Source : Betonpraxis

La perméabilité décrit la propriété des corps solides consistant à laisser passer les gaz et/ou les liquides.



Fixit 508 P1 Pump Béton sec à pomper C30/37, 0 – 8 mm

Eau de gâchage – Eau d'adjonction

Humidité de surface	Proportion d'eau dans les adjuvants / les additifs	Eau d'adjonction	Humidité de la masse
Teneur en eau totale			
Teneur en humidité efficace			

L'eau d'adjonction influe sur la prise initiale et l'évolution de la résistance du béton, ainsi que la protection de l'armature contre la corrosion.

Par eau de gâchage, on entend la totalité de la quantité d'eau contenue dans le béton frais, qui doit être prise en compte lors de la détermination du rapport efficace ciment/eau.

L'eau de gâchage se compose de :

- l'eau d'adjonction
- l'humidité de surface des granulats
- le cas échéant, la proportion d'eau des adjuvants et additifs, lorsque la quantité totale s'élève à plus de 3 l/m³

La teneur globale en eau est le totale de l'eau de gâchage et de l'humidité de la masse.

Exigences imposées à l'eau d'adjonction

Eau potable	Convient pour la fabrication du béton ; pas de tests supplémentaires nécessaires
Eau résiduelle	Convient en règle générale pour la fabrication du béton, certaines exigences doivent toutefois être remplies.
Eau de surface naturelle	Peut convenir mais doit cependant être testée.
Eaux industrielles, eaux souterraines	Fréquence de vérification : Avant la première utilisation, puis une fois par an et en cas de doute.
Eaux usées	Ne conviennent absolument pas.
Eau de mer	Peut être utilisée pour le béton non armé, ne convient surtout pas pour le béton armé et le béton précontraint.

Granulats

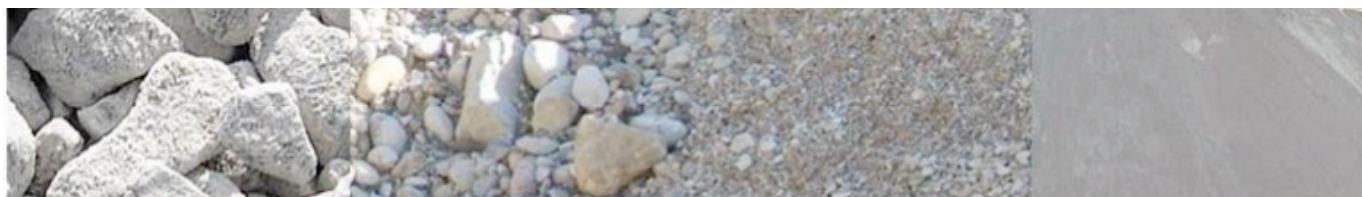
On entend par granulats un mélange de sable et de graviers de grosseurs différentes. La plupart des bétons sont composés de ce mélange. Les granulats peuvent être fabriqués à partir de matières premières naturelles, industrielles ou recyclées. Il est important que les granulats soient mélangés et constitués de manière optimale de particules fines et de gros grains, afin de pouvoir remplir toutes les cavités.

Un granulat de bonne qualité a plusieurs avantages :

- Solidité accrue
- Meilleure durabilité
- Pas de modification de volume à cause de l'humidité, donc réduction du retrait dans le béton
- Absorption de la chaleur d'hydratation et donc effet atténuant sur le processus de prise.

Les principales propriétés des granulats sont les suivantes :

- Composition du grain
- Pétrographie, forme du granulat, état de la surface
- Propreté
- Masse volumique, densité de déchargement, teneur en humidité, absorption de l'eau



Caractéristiques des granulats

Classification selon	Granulats	Définition / Exigence
Origine	Naturelle	<ul style="list-style-type: none"> • Gisement minéral naturel • Traitement exclusivement mécanique
	Fabriqué de manière industrielle	<ul style="list-style-type: none"> • Origine minérale • Fabriqué de manière industrielle (processus thermique surnommé)
	Recyclé	<ul style="list-style-type: none"> • Matériau traité inorganique provenant de matériaux récupérés • Concept global pour les gravillons recyclés et le sable de concassage recyclé
	Graviers	<ul style="list-style-type: none"> • Matériau naturellement arrondi
	Gravillons	<ul style="list-style-type: none"> • Matériau concassé
Masse volumique apparente	Normale	<ul style="list-style-type: none"> • Masse volumique apparente du grain $> 2000 \text{ kg/m}^3$ • Origine minérale
	Léger	<ul style="list-style-type: none"> • Masse volumique apparente du grain $\leq 2000 \text{ kg/m}^3$ ou densité de chargement $\leq 1200 \text{ kg/m}^3$ • Origine minérale
Finesse	Grossier	<ul style="list-style-type: none"> • $D \geq 4 \text{ mm}$ et $d \geq 2 \text{ mm}$
	Fin	<ul style="list-style-type: none"> • $D \leq 4 \text{ mm}$ (sable)
	Proportion de particules fines	<ul style="list-style-type: none"> • Proportion de roche $< 0,063 \text{ mm}$
	Matière de remplissage, filler (roche pulvérisée)	<ul style="list-style-type: none"> • La majeure partie $< 0,036 \text{ mm}$

Composition du grain

La composition du grain de granulat pour béton détermine la densité et le besoin en eau d'un mélange de béton qui est nécessaire pour obtenir une ouvrabilité suffisante.

La composition du grain des granulats est déterminée par des essais de criblage avec des tamis pour l'analyse

et représentée par des courbes granulométriques qui indiquent la proportion du granulat en pourcentage en poids qui est inférieure à la taille de grain correspondante.

On fait la distinction entre les granulats fins (sable, sable de concassage) et les granulats grossiers (graviers, gravillons).

Les granulats fins ont une valeur limite de 15 % pour la portion de déclassé supérieur.

Particules fines

Il s'agit des parties de granulats qui passent à travers un tamis de 0,063 mm. Les particules fines peuvent modifier durablement les propriétés du béton. La teneur en particules fines est déterminée par un essai de lavage.

Farine

Une partie < 0,125 mm du mélange de béton sec (granulats, ciment, additifs) ne contient aucune substance argileuse et pas de minéraux d'argile réfractaire susceptibles de gonfler.

Grosseur de grain

Décrit la grosseur des différents grains.

Mélange de grains

Mélange de granulats fins et gros (par ex. 0/8, 0/16).

Granulats	Groupes de granulats d / D en mm				
Granulats fins (sable) d = 0 und D <= 4 mm	0/1	0/2	0/4		
Granulats gros à graduation étroite D <= 11,2 mm et D / d <= 4 ou D > 11,2 mm et D / d <= 2 mm	2/4	2/8	4/8		
Granulats de roches grossiers à graduation large D > 11,2 mm et D / d > 2 ou D < 11,2 mm et D / d > 4 mm	2/16 1/8	4/16	4/32	8/32	

Catégorie de granulats d/D

La catégorie de granulats est définie en indiquant 2 tailles de tamis (tamis de délimitation).

Par exemple : 2/4 mm ou 2-4 mm.

d = 2 mm et D = 4 mm

d = tamis de limitations inférieur

D = tamis de limitations supérieur

Dans une catégorie de granulats, des grains plus petits et des grains plus gros sont aussi présents (appelés grain nominal) (proportions de grains inférieures ou supérieures).

Les tailles de tamis doivent être définies avec les valeurs du jeu de tamis de base

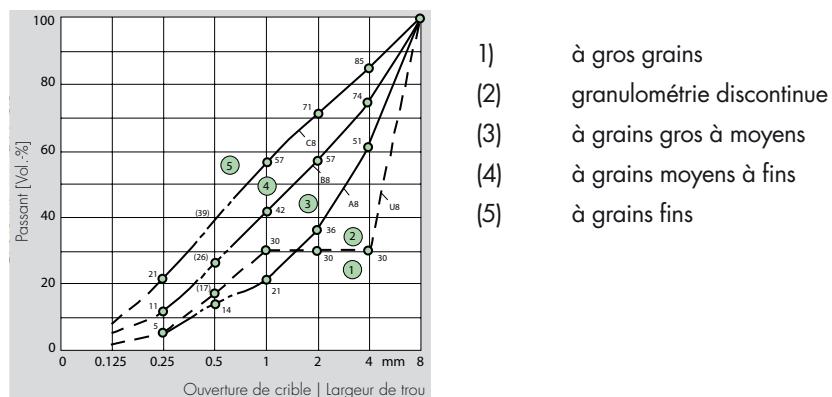
ou des jeux de tamis complémentaires.

Avec la courbe granulométrique, on peut représenter de manière graphique la granulation des roches (graviers, cailloutis, sable, etc.).

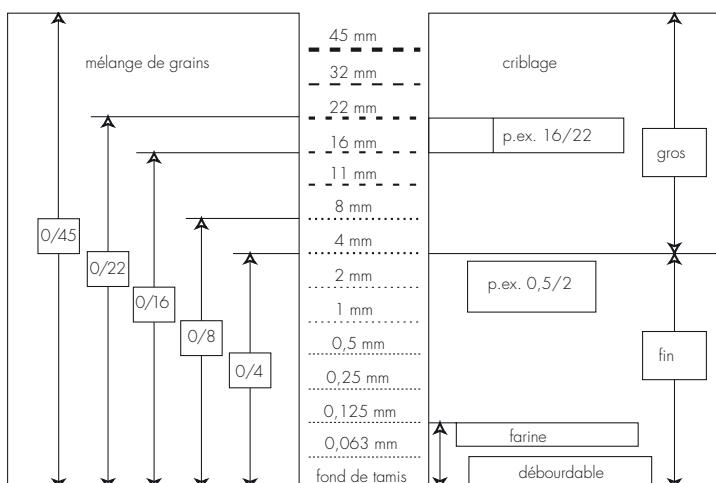
Elle est calculée à l'aide de tamis de largeurs de mailles différentes.

Jeu de tamis de base	0 - 1 - 2 - 4 - 8 - 16 - 31,5 - 63 mm
Jeu de tamis complémentaire	5,6 - 11,2 - 22,4 - 45 mm
Tamis en mailles	0,063 - 0,125 - 0,25 - 0,5 - 1,0 - 2,0 mm
Tamis à trous carrés	4 - 8 - 11,2 - 16 - 22,4 - 31,5 - 45,5 - 63 mm

Les courbes granulométriques suivantes sont valables, à titre d'information.



Désignation de la granulométrie



Pétrographie, forme de grains, structure de la surface

Un matériau poreux et trop malléable dégrade la qualité du béton.

La forme des grains, mais aussi l'échelonnement granulométrique et la nature de la surface exercent une influence déterminante sur le besoin en eau et sur la compressibilité

Les granulats concassés peuvent améliorer, par ex. la résistance du béton à la compression, à la traction, à l'usure, mais ils dégradent son ouvrabilité.



sphérique



aplatis, allongé, rond



sphérique, angulaire



aplatis, allongé, angulaire

Propreté

Des granulats avec des impuretés dégradent la qualité du béton :

- Perturbation du comportement de prise
- Affaiblissement de la résistance au gel

C'est pourquoi le granulat est lavé au moment de sa préparation.



Massé volumique, poids de la matière déversée, non tassée, teneur en humidité et absorption d'eau

Les minéraux d'origine et la porosité déterminent leur masse volumique qui est nécessaire pour le calcul de l'espace de matériau.

La densité apparente ou poids de la matière déversée, non tassée, est le

poids du matériau déversé en vrac par unité de volume. La teneur en humidité est constituée par l'humidité de surface et l'humidité de la masse lors de la fabrication du béton. La teneur en humidité doit être prise en considération dans le calcul de l'espace de matériau pour le

granulat et pour l'eau d'adjonction. L'absorption d'eau désigne l'eau absorbée par le granulat et qui n'est pas disponible pour l'hydratation du ciment.

Catégorie et propriétés du granulat

Exigences	Propriété	Catégorie
Géométriques	<ul style="list-style-type: none"> • Criblage • Composition du grain • Structure du granulat • Particules fines • Teneur en coquillages des granulats grossiers 	<ul style="list-style-type: none"> • d/D • G • FI, SI • f • SC
Chimiques	<ul style="list-style-type: none"> • Teneur en ions de chlorure solubles dans l'eau • Teneur en sulfate soluble dans l'acide • Soufre total 	<ul style="list-style-type: none"> - • AS -
Physiques	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance à la désagrégation • Résistance à l'usure des granulats grossiers • Résistance au polissage des granulats grossiers • Résistance à l'usure des granulats grossiers par abrasion • Résistance des granulats grossiers à l'usure par des pneus à clous • Résistance au gel et au sel de dé verglaçage 	<ul style="list-style-type: none"> • LA, SZ • MDE • PSV • AAV • AN • F, MS
Autres	<ul style="list-style-type: none"> • Substances perturbant la prise et le durcissement • Impuretés organiques de faible poids 	<ul style="list-style-type: none"> - -



Fixit 526 A Béton sec à projeter C25/30 et Fixit 530 Mortier d'injection



Fixit 585 Mortier de jointoiement pour pavages 0 – 3 mm, résistant au gel et sels de dé verglaçage



Fixit 530 Mortier d'injection 0 – 0,5 mm



Fixit 560 Mortier à maçonner pour pierre naturelle 0 – 3 mm, résistant au gel et sels de dé verglaçage

Détermination du béton

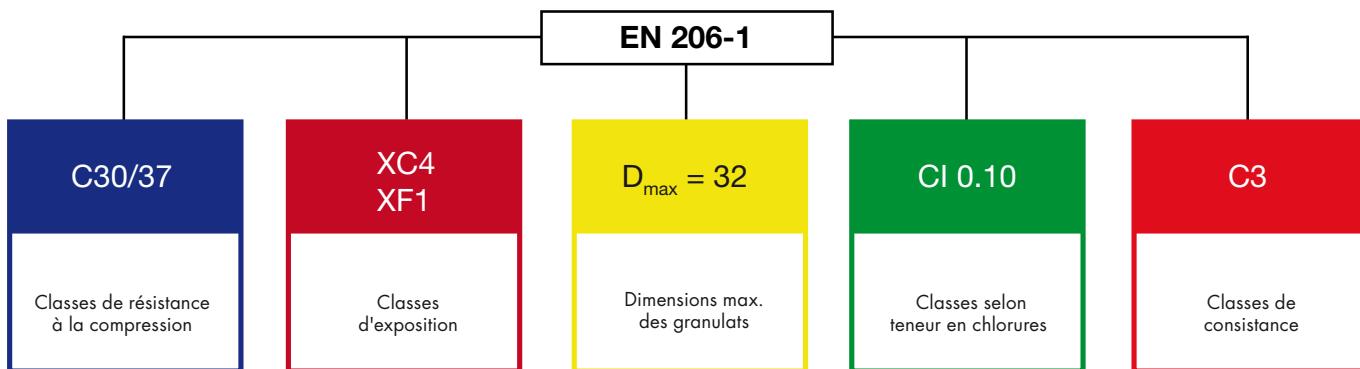
Le béton doit être prescrit soit selon ses propriétés, soit selon sa composition.

Pour le **béton par composition**, le fabricant du béton est responsable de la livraison du béton composé selon les

prescriptions de l'auteur de la commande.

Pour le **béton par propriétés**, on prescrit les propriétés exigées et les exigences supplémentaires. Le fabricant du béton

est responsable de la fabrication du béton qui correspond aux propriétés exigées et aux exigences supplémentaires.



Le béton classé par propriétés est défini comme suit

- Classes de résistance à la compression
- Classes d'exposition
(influence de l'environnement sur le béton durci)
- Dimensions maximales des granulats
(agrégats)
- Teneur en chlorure (dans le béton frais)
- Consistance
- Masse volumique
(uniquement pour le béton léger)

Classes de résistance à la compression

Classes de résistance à la compression selon EN 206-1

Concrete (béton angl.)	Résistance à la compression sur cylindre	
C	25	30

La résistance à la compression est l'une des propriétés les plus importantes du béton. Sur la base de la résistance à la compression, on peut classer le béton dans les différentes classes de résistance, par ex. : C 25/30

L'évaluation est faite par l'essai au bout

de 28 jours sur la base de cylindres de 30 cm de long et de 15 cm de diamètre, ou de cubes d'une longueur d'arêtes de 15 cm (cube d'essai).

Un C 25/30 a la résistance à la compression sur cylindre caractéristique de 25 N/mm² et une résistance à la

compression d'un cube caractéristique de 30 N/mm².

Répartition des classes de résistance à la compression

	Classes de résistance à la compression	Cylindre ^{1) 2)} $f_{ck,cyl}$ [N/mm ²]	Cube ^{1) 3)} $f_{ck,cube}$ [N/mm ²]
↑ Béton normal et béton lourd	C 8/10	8	10
	C 12/15	12	15
	C 16/20	16	20
	C 20/25	20	25
	C 25/30	25	30
	C 30/37	30	37
	C 35/45	35	45
	C 40/50	40	50
	C 45/55	45	55
	C 50/60	50	60
↓ Béton à haute résistance	C 55/67	55	67
	C 60/75	60	75
	C 70/85	70	85
	C 80/95	80	95
	C 90/105	90	105
	C 100/115	100	115

¹⁾ Stockage de l'échantillon dans l'eau, âge d'essai 28 jours

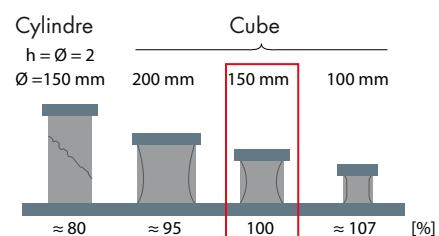
²⁾ Cylindre : Diamètre = 150 mm, longueur = 300 mm

³⁾ Cube : Longueur d'arêtes = 150 mm

Influence de la taille des éprouvettes

La résistance de cubes de béton diminue à mesure que la longueur des arêtes ou la taille des cubes augmente, toutes les autres conditions restant pareilles. La résistance à la compression sur cylindre est inférieure de 15 à 20 % à la résistance à

la compression de cubes de béton. Il convient de noter à ce propos que ces proportions ne sont valables que pour un âge de 28 jours en cas d'entreposage normal.



Grandeur d'influence déterminantes pour la résistance à la compression

- Valeur E/C
- Classe de résistance du ciment
- Quantité de ciment
- Quantité et type des additifs
- Composition du grain
- Résistance de la granulométrie

- Compactage
- Traitement ultérieur

Une haute résistance à la compression ne doit pas être confondue avec une longue durabilité.



Classes d'exposition

Pour garantir une durabilité suffisante, il faut rendre les éléments en béton suffisamment résistants aux influences chimiques et physiques résultant de leur environnement et de leur utilisation. Des bâtiments sont considérés comme durables si pendant la durée

d'utilisation prévue, ils s'acquittent de leur fonction sur le plan de la portance et de l'aptitude au fonctionnement, sans perte significative des propriétés d'utilisation, avec une dépense de remise en état appropriée.

Pour le garantir, il faut avoir un recou-

vrement de béton suffisant au-dessus de l'acier à béton ou de l'acier précontraint, ainsi qu'une composition appropriée du béton.

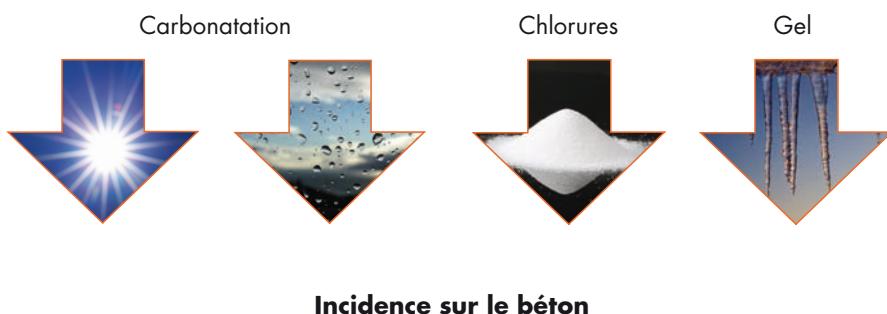
Exigences en matière de composition du béton

- taux eau/liant maximal
- teneur minimale en ciment
- teneur en air du béton
- utilisation de types de ciment admis
- règles de calcul pour les adjoints du béton (concept de la valeur k)

Classes d'exposition selon EN 206-1

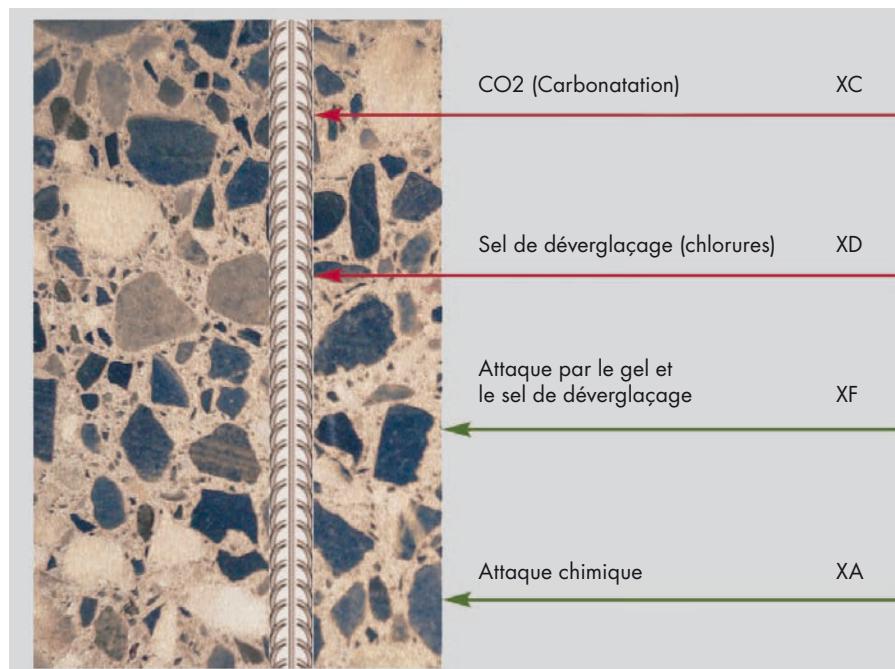
Les classes d'exposition décrivent l'influence de l'environnement sur le béton durci. Le béton peut être exposé à différentes influences.

Ceci doit être exprimé en tant que combinaison des classes d'exposition.



Les désignations des différentes classes d'exposition sont constituées par les lettres X (pour l'exposition), par l'identifiant pour le type d'influence préjudiciable, et un chiffre qui caractérise l'intensité des influences préjudiciables.

Exemple : XC3 / XD1 / XF2 / XA1



Pour les différents types d'incidences, on utilise les abréviations suivantes :

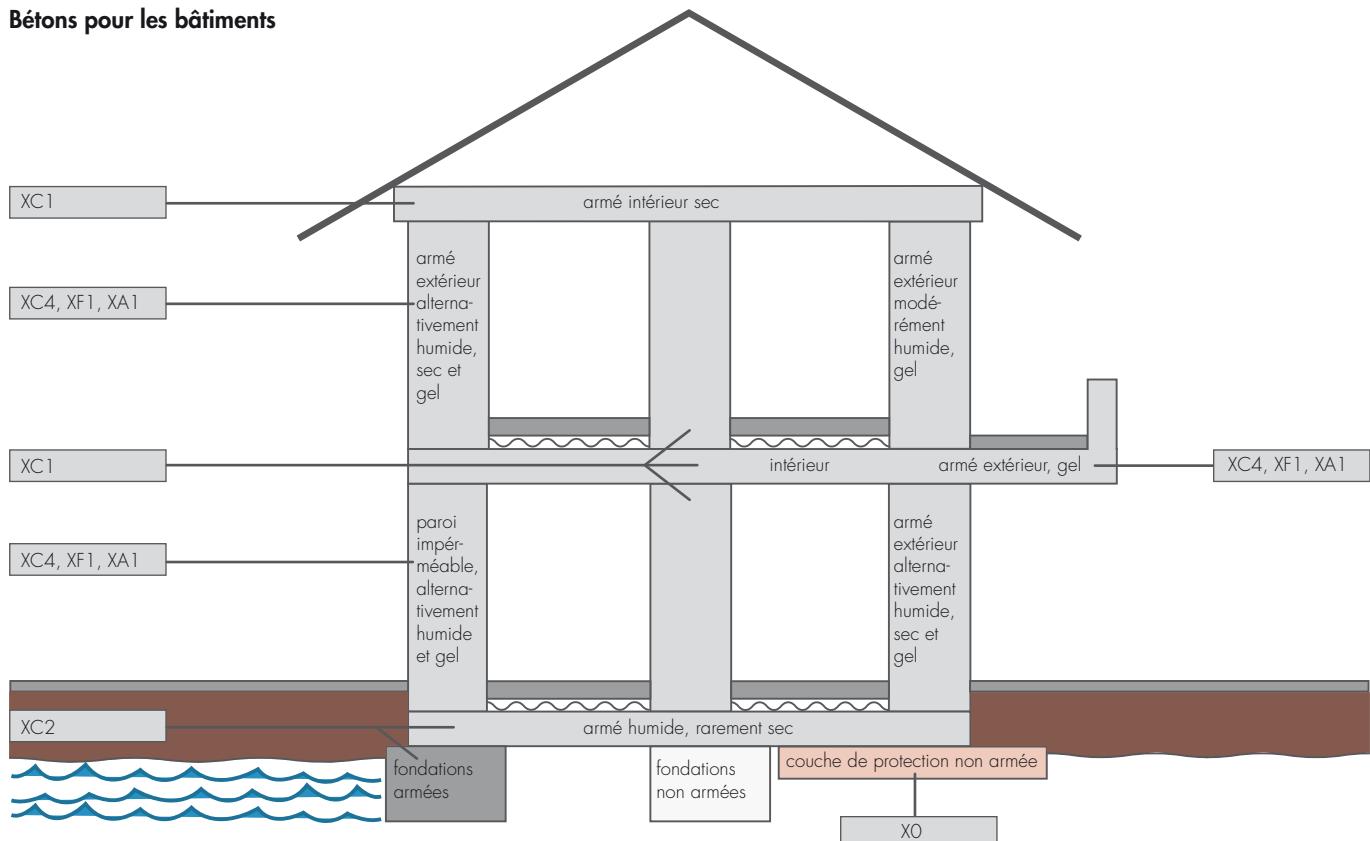
- **0** pour Zéro risque
(Pas de risque de corrosion ou d'attaque)
- **C** pour Carbonatation
(Corrosion par carbonatation)
- **D** pour Deicing Salt
(Corrosion déclenchée par les chlorures)
- **S** pour Seawater
(Corrosion déclenchée par l'eau de mer)
- **F** pour Frost
(Attaque de gel, avec et sans sel de déverglaçage)
- **A** pour Chemical Attack
(Attaque chimique)
- **M** pour Mechanical Abrasion
(Attaque mécanique – usure par frottement, etc.)

Classes d'exposition

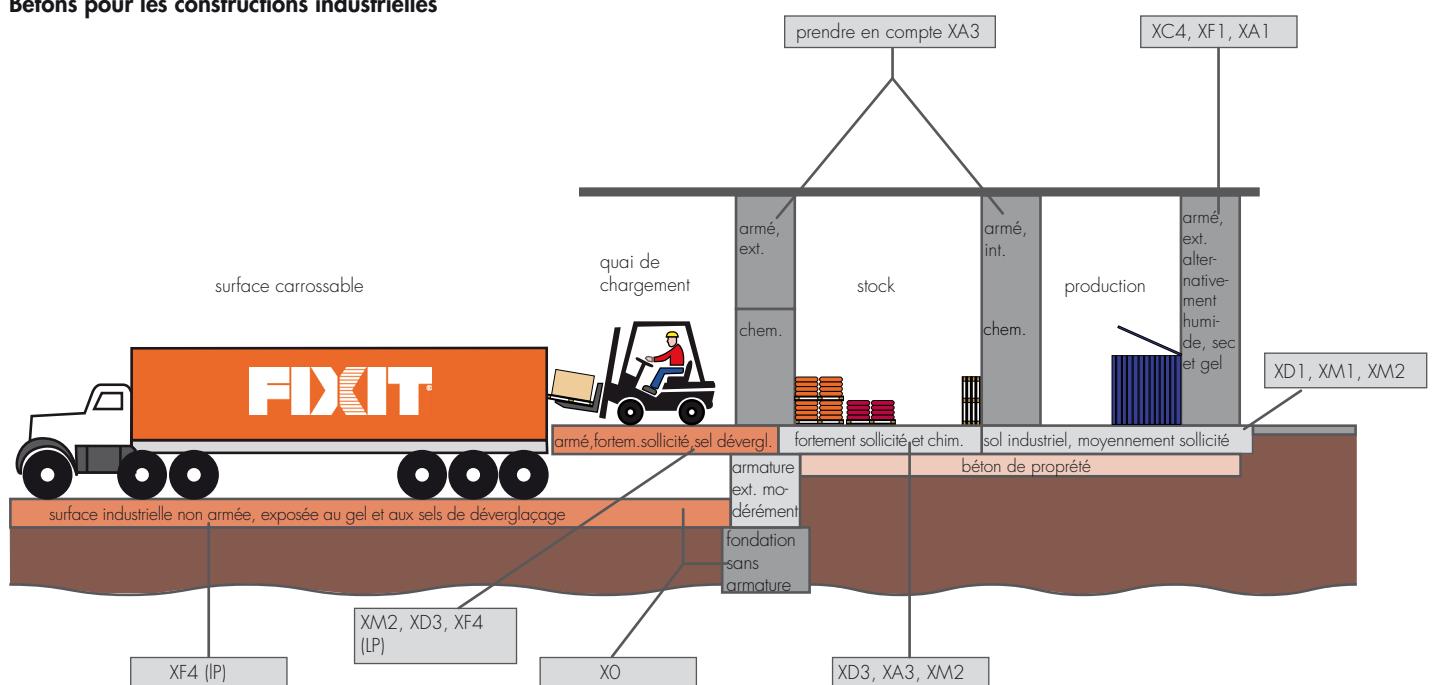
Désignation de la classe	Description de l'environnement	Exemples pour l'affectation
Pas de risque de corrosion ou d'attaque pour le béton et l'armature		
X0	Pour le béton sans armature	
Corrosion, déclenchée par la carbonatation		
XC1	Sec ou humide en permanence	Dans les bâtiments à faible humidité de l'air, béton qui est en permanence sous l'eau.
XC2	Humide, rarement sec	Surfaces humides à long terme, chantier de fondations.
XC3	Humidité modérée	Dans les bâtiments où l'humidité de l'air est modérée à élevée, béton en plein air, protégé contre la pluie.
XC4	Alternance d'humidité et de sécheresse	Ouvrages extérieurs avec arrosage direct.
Corrosion, déclenchée par les chlorures		
XD1	Humidité modérée	Surface de béton qui est exposée à un brouillard de fines gouttelettes contenant du chlorure.
XD2	Humide, rarement sec	Piscines, béton qui est exposé à des eaux usées industrielles contenant du chlorure.
XD3	Alternance d'humidité et de sécheresse	Eléments de ponts qui sont exposées à des projections d'eau contenant du chlorure ; parkings en étages ; revêtements de chaussée.
Attaque par le gel et le dégel		
XF1	Saturation modérée par l'eau, sans produit de dé verglaçage.	Surfaces verticales en béton, exposées à la pluie et au gel.
XF2	Saturation modérée par l'eau, avec produit de dé verglaçage.	Surface verticale en béton d'ouvrages routiers qui sont exposés à un brouillard de fines gouttelettes contenant des produits de dé verglaçants
XF3	Saturation modérée par l'eau, sans produit de dé verglaçage.	Surfaces horizontales en béton, exposées à la pluie et au gel.
XF4	Forte saturation par l'eau, avec produit de dé verglaçage.	Surfaces horizontales en béton d'ouvrages routiers qui sont exposés à un brouillard de fines gouttelettes contenant du produit dé verglaçants et au gel, revêtements routiers et dalles de ponts qui sont exposés à des produits de dé verglaçage.
Attaque chimique		
XA1	Environnement faiblement agressif sur le plan chimique (selon tableau séparé)	Dans la classe d'exposition XA, il faudra faire appel à des spécialistes pour déterminer la composition du béton et/ou son essai.
XA2	Environnement modérément agressif sur le plan chimique (selon tableau séparé)	
XA3	Environnement fortement agressif sur le plan chimique (selon tableau séparé)	
Sollicitation par l'usure		
XM1	Sollicitation modérée par l'usure	Sols industriels porteurs ou de renforcement qui sont sollicités par des véhicules munis de pneumatiques.
XM2	Forte sollicitation par l'usure	Sols industriels porteurs ou de renforcement qui sont sollicités par des chariots éléveurs à fourche à chambres à air ou à bandages vulcanisés.
XM3	Très forte sollicitation par l'usure	Sols industriels porteurs ou de renforcement qui sont sollicités par des chariots éléveurs à fourche à pneumatiques en élastomère ou en rouleaux d'acier. Surfaces qui sont fréquemment parcourues par des véhicules à chenilles. Ouvrages hydrauliques dans des eaux chargées d'éboulis, par ex. des bassins à tourbillonnement.

Exemple

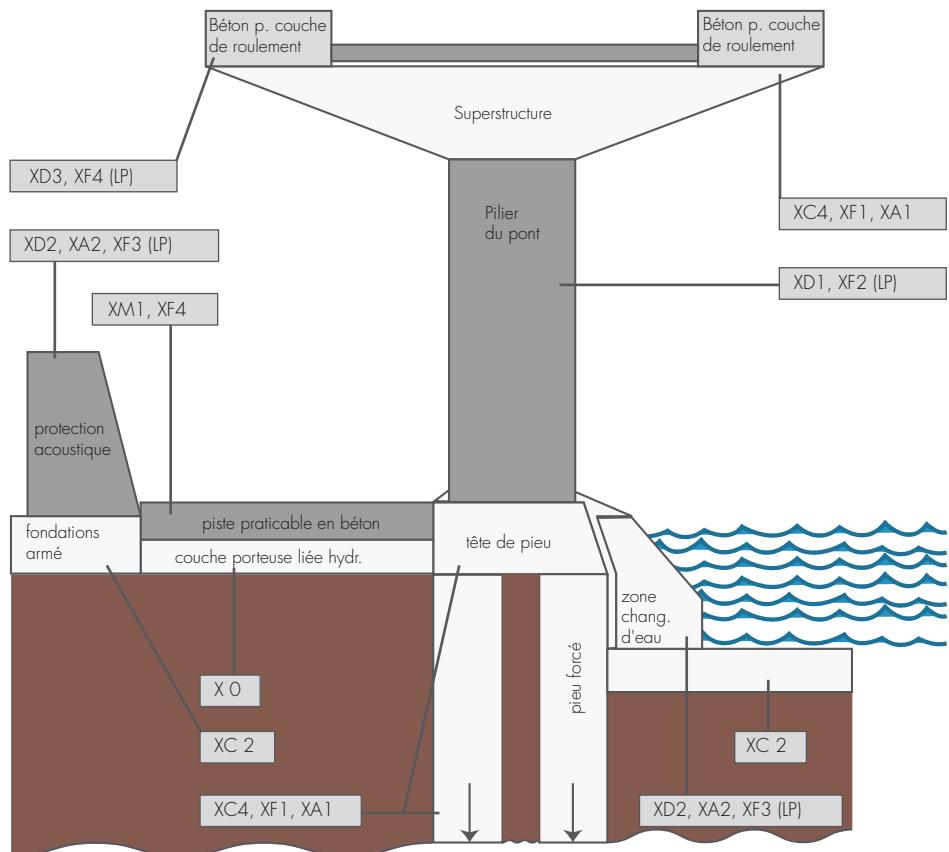
Bétons pour les bâtiments



Bétons pour les constructions industrielles



Bétons pour le génie civil



Fixit 585 Mortier de jointoientement pour pavés 0 – 3 mm, résistant au gel et sels de dé verglaçage

Corrosion

L'une des conditions préalables à la durabilité des ouvrages en béton armé et en béton précontraint est la protection de l'acier contre la corrosion (couche passive) en raison de l'alcalinité de l'eau interstitielle dans le béton.

Cette passivité peut être perdue dans certaines conditions pratiques de la construction, par suite de deux processus qui influent principalement sur les propriétés chimiques ou électro-chimiques du béton :

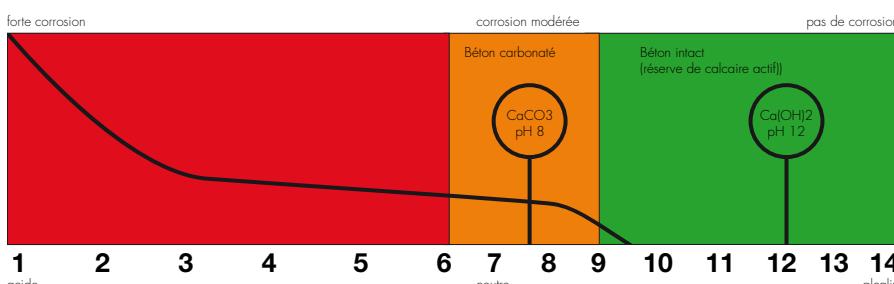
- Carbonatation du béton, avec pour résultat une diminution de la valeur pH en-dessous de 10
 - Des chlorures dans l'eau interstitielle au-delà d'une valeur limite critique

Carbonatation : le déclencheur de la corrosion

La carbonatation ou la corrosion du béton est une réaction chimique qui se produit dans n'importe quel béton. Cette réaction a pour conséquence une diminution de la valeur pH de l'eau interstitielle.

d'un pH moyen de 12,6 à un pH inférieur à 9. A des valeurs supérieures à 10, il se forme à la surface de l'acier d'armature enrobé dans le béton une couche de surface qui protège durablement l'acier

contre la corrosion de l'armature. Si la valeur pH du béton diminue, on court un risque de dégâts structurels sur la construction en béton armé.



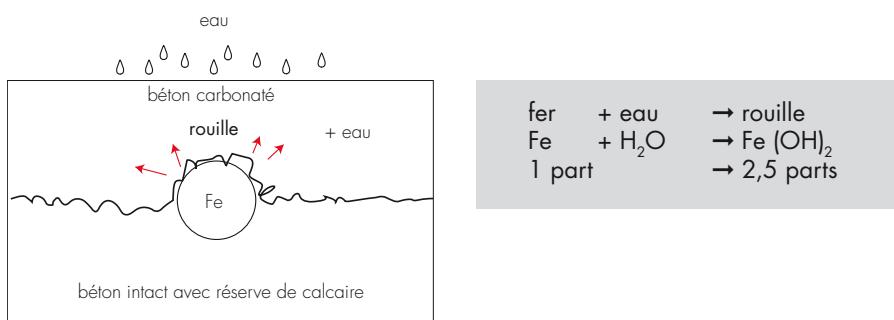
Vitesse de la carbonatation

La vitesse avec laquelle le front de carbonatation avance à l'intérieur du béton est d'autant plus grande que le béton est poreux. La valeur E/C est par conséquent dominant par rapport à la vitesse

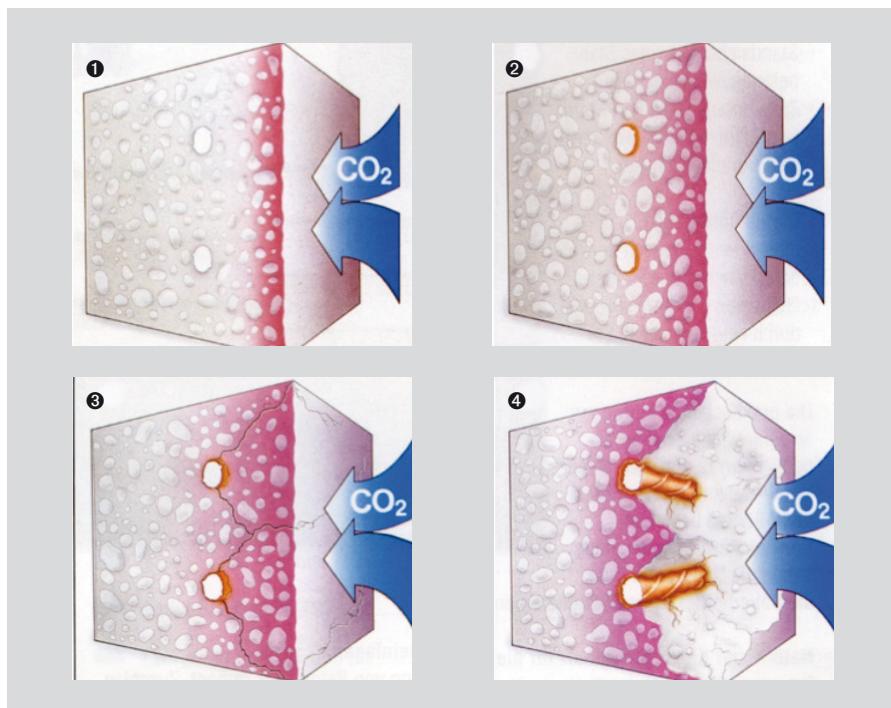
et à la profondeur de la carbonatation. A côté de cela, un certain nombre d'autres facteurs, tels que la teneur en ciment, l'évolution de la température, une humidification alternante, durable

ou totalement inexiste, influent sur la vitesse de carbonatation et donc sur la profondeur de carbonatation.

Déroulement de la carbonatation



Processus de carbonatation



- 1 Le CO₂ (dioxyde de carbone) commence à neutraliser le béton.
- 2 A partir de la surface, le front de carbonatation pénètre dans le béton.
- 3 Le front de carbonatation atteint le fer d'armature. Au contact de l'eau et de l'oxygène, la corrosion démarre dans l'acier.
- 4 La rouille a un volume plusieurs fois plus grand que le fer et exerce une grande pression : le recouvrement en béton est repoussé et l'acier d'armature est mis à nu.

Corrosion déclenchée par les chlorures

Les chlorures sont des sels incolorés ou colorés qui peuvent exister dans les structures cristallines les plus variées. Pour la technologie du béton les sources importantes de chlorures sont entre autres les sels de dé verglaçage et l'eau de

mer. Bien que les chlorures n'attaquent pas directement le béton, ils peuvent, en présence d'humidité suffisante, entraîner une corrosion perforante des aciers d'armature dans le béton. En cas de formation de glace ou de neige, on

répand, sur les surfaces de béton où circulent des véhicules ou des personnes, des produits antigel, en règle générale des sels de dé verglaçage. Le sel qui est utilisé (NaCl) contient de grandes quantités de chlorure.

Attaque par le gel et les produits antigel

En cas d'attaque par le gel, le béton est endommagé par une alternance périodique de gel et de dégel. L'eau est alors transformée en glace dans les pores capillaires de la masse de ciment et de la granulation de la pierre. La formation de glace s'accompagne d'un accroissement du volume d'environ 9 %. Cet accroissement du volume provoque à l'intérieur du béton l'apparition de fortes pressions intérieures et tensions qui

provoquent finalement des éclatements à la surface et l'effritement du béton.

Sous l'action de produits antigel, le béton est endommagé par un choc thermique provoqué sur les couches proches de la surface du béton.

Les produits antigel extraient du béton la chaleur nécessaire pour la fonte de la neige ou de la glace. Cela provoque

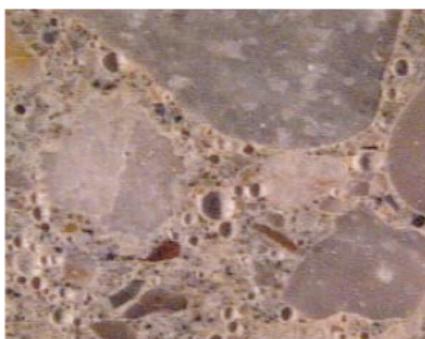
une chute de température particulièrement rapide qui exerce de fortes pressions et tensions intérieures par le même mécanisme que lors de l'effet du gel, et qui se traduisent par des effritements à la surface du béton. L'effet néfaste des produits antigel est beaucoup plus intensif que sous le simple effet du gel.

Composition du béton en cas d'attaque par le gel et les produits antigel

La composition appropriée du béton permet d'éviter dans une large mesure les dégâts causés par le gel et les produits antigel. La règle fondamentale, c'est que plus la structure du béton est dense, plus la résistance à la pénétration de l'eau et des chlorures augmente.

Une faible capillarité du béton empêche la migration de l'eau de l'extérieur dans le béton et la formation de glace dans les pores capillaires. Grâce à des adjuvants (entraîneurs d'air), des petites pores d'air finement réparties, sphériques et fermées, sont occlusent dans le béton et servent

de vases d'expansion. D'autre part, le système capillaire interconnecté du béton est interrompu et l'absorption d'eau par le béton est réduite.



Teneur minimale en air [en % du vol.] dans le béton frais avec D_{\max} 8 mm
LP = 4,0 – 6,0 %

Plus la granulométrie est grande, moindre est la teneur minimale en air.

Les pores ont un diamètre taille de 10 µm à 300 µm.
 (Micromètre → 10 µm = 0,01 mm / 300 µm 0,3 mm)

A côté de l'effet positif des micropores d'air, il se produit une baisse de solidité du béton.

Cela correspond à peu près à la relation suivante :

+ 1% de teneur en pores de l'air → réduction de la résistance à la compression f_c jusqu'à 5 N/mm²

En principe, la fabrication et la transformation de béton à pores d'air sont très exigeantes et subissent l'influence d'un grand nombre de facteurs :

- Matières premières pour béton
- Consistance du béton
- Durée et intensité du mélange
- Température
- Type et durée du compactage



Attaque chimique

Il n'y a pas d'attaque chimique sur le béton sans humidité. Les substances solides sèches ou gazeuses sèches n'attaquent pas le béton. (L'humidité de condensation est néanmoins suffisante). En fonction du mode d'action des substances attaquant le béton, on distingue entre des attaques gonflantes et des attaques désagrégeantes.

Les **gonflements ou boursouflures** sont provoqués en premier lieu par les sulfates dissous dans l'eau qui réagissent avec certains éléments de l'aggloméré de ciment. Cela s'accompagne d'une augmentation du volume qui peut provoquer une désagrégation du béton.

Les **attaques désagrégeantes** qui détachent les liaisons de calcaire dans l'aggloméré de béton peuvent être causées par des acides, des sels pouvant se diffuser et des graisses et huiles végétales et animales. De ce fait, la surface du béton est généralement emportée petit à petit.

Mesures de prévention

La protection du béton contre l'attaque de produits chimiques à partir de l'extérieur nécessite :

- La fabrication et le traitement d'un béton dense avec une valeur eau/ciment de 0,45 à 0,50

- Un recouvrement accru du béton, sans exception, même sur des faux joints, des joints, etc.



Valeurs limites pour la classe d'exposition XA

Caractéristique chimique	XA1	XA2	XA3
Eaux souterraines	faiblement agressif	modérément agressif	fortement agressif
SO42- [mg/l]	≥ 200 et ≤ 600	> 600 et ≤ 3000	> 3000 et ≤ 6000
Valeur pH	≤ 6,5 et ≥ 5,5	< 5,5 et ≥ 4,5	< 4,5 et ≥ 4,0
CO2 [mg/l]	≥ 15 et ≤ 40	> 40 et ≤ 100	> 100 jusqu'à la saturation
NH4 [mg/l]	≥ 15 et ≤ 30	> 30 et ≤ 60	> 60 et ≤ 100
Mg2+ [mg/l]	≥ 300 et ≤ 1000	> 1000 et ≤ 3000	> 3000 jusqu'à la saturation
Sol			
SO42- [mg/l]	≥ 2000 et ≤ 3000*	> 3000* et ≤ 12000	> 12000 et ≤ 24000
Degré d'acidité	> 200 Baumann-Gully		n'existe pas dans la pratique

Effet de différents produits chimiques

Produit chimique	Béton non armé			Béton armé
	pas de dégâts	attaque dissolvante décomposition chimique	attaque chimique, destruction de la structure	Corrosion de l'armature
Bases (lessives)				
Bases faibles	●			
Bases fortes	●			
Acides forts				■
Acides minéraux (acide sulfurique, chlorhydrique, nitrique)		◆◆		■
Acide faible				■
Acides organiques (acide acétique, lactique, butyrique)		◆		■
Acide carbonique dissolvant le calcaire		◆		■
Dioxyde de carbone [CO ₂]	●			■
Sels				
Sels d'ammonium, de magnésium		◆		■
Huiles, graisses				
Huiles et graisses animales et végétales naturelles		◆		
Huiles et graisses synthétiques	●			
Sulfates				
Sulfates dissous (formation différée d'ettringite)			◆	■
Chlorure				
Chlorures dissous	●			◆
Eau				
Eau de pluie, distillée, déminéralisée		◆		■
Eaux douces, à faible teneur en calcaire		◆		■
Eaux acides (pH < 6,5)		◆		■

● pas de dégâts

◆ attaque directe

■ Corrosion en conséquence de la destruction de la surface du béton ou de sa carbonatation ayant avancé jusqu'à l'armature

Ce tableau montre si et comment différents produits chimiques qui entrent fréquemment en contact avec le béton, influent sur celui-ci. Lors de la détermination du béton selon EN 206-1, les conditions ambiantes qui exercent une influence doivent être prises en considération.

Sollicitation due à l'usure

La sollicitation due à l'usure peut être provoquée par une circulation abrasive ou roulante (par exemple sur des chaussées, des sols de halles), par des matières en vrac glissantes (par ex. dans des silos), par des mouvements

saccadés d'objets lourds (par ex. dans des ateliers, sur des rampes de chargement), ou par de l'eau à écoulement violent ou entraînant des matières solides (par ex. dans des bassins à tourbillonnement, des rigoles de charriage).

Ces sollicitations peuvent provoquer sur le béton sans résistance suffisante à l'usure une évacuation de la surface, voire même des creusements locaux à la surface du béton.

Réaction alcali-agrégat (RAA)

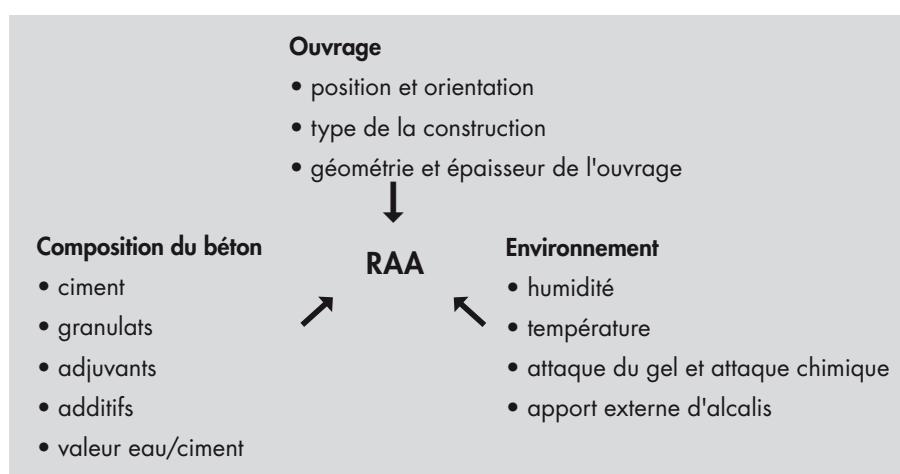
En règle générale, on comprend par réaction alcali-agrégat une réaction entre des éléments du granulat et une dissolution des pores du béton. Certains granulats sont instables dans un milieu alcalin en raison de leur composition. La dilatation du béton qui résulte de la

réaction expansive peut provoquer des dégâts sur le béton. La RAA se produit dans pratiquement n'importe quel béton. Tous les types de roches réagissent plus ou moins vigoureusement avec les alcalis dans la solution des pores du béton lorsque les

trois conditions suivantes sont réunies en même temps :

- granulats réactifs
- teneur en alcalis actif
- humidité suffisante

Facteurs qui exercent une influence sur la RRA néfaste →



Eléments d'identification extérieurs sur l'ouvrage

- Schéma de fissures polygonal (sur la plage des dm aux m)
- humidité le long des fissures
- dépôt de gel (gel et vitreux) le long des fissures
- structure ondulée de la surface du béton
- éclatements au niveau des granulats
- taches de couleurs variées à la surface du béton
- ourlets de réaction autour des granulats

Eléments d'identification intérieurs

Des indications importantes sur les causes des dégâts sur le béton sont fournies par des analyses microscopiques sur les coupes minces ou les coupes polies. Sur la base des modifications qui se manifestent dans la microstructure du

béton, comme par ex. des fissures et des dépôts de gel, on peut identifier une RAA néfaste sur le béton. Par ailleurs, on peut déterminer quels types de pierres et de minéraux sont concernés.



Fixit 524 S Mortier sec à projeter C30/37, silica raffiné, 0 – 4 mm

Valeurs limites recommandées pour la composition et les propriétés du béton

pas de risque de corrosion ou d'attaque	corrosion provoquée par la carbonatation		corrosion provoquée par des chlorures						attaque par le gel				environnement chimique agressif	
	classe d'exposition	classe d'exposition	eaу de mer	chlorures, sauf si provenant d'eaу de mer	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4
rapport maxi- mai E/C	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50
classe de résistance minimale à la compression	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C35/45	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
tenue minimale en ciment [kg/m ³]	-	260	280	300	300	320	340	300	320	300	320	340	300	320
tenue minimale en pores d'air [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 ^a	4,0 ^a	4,0 ^a	-
autres exigences														ciment résistant aux sulfates
														granulats selon prEN 1 2620:2000 avec une résistance suffisante au gel et aux produits anti-gel

^a Si aucun béton à pores d'air n'est utilisé, les propriétés du béton devront être vérifiées selon une procédure d'essai appropriée par rapport auquel la résistance au gel-dégel est attestée pour les classes d'exposition déterminantes

^b Si SC42 débouche sur les classes d'exposition XA2 et XA3, l'utilisation de ciment résistant aux sulfates est indispensable. Lorsque le ciment est classé par rapport à la résistance aux sulfates, il faudra utiliser du ciment à résistance modérée ou élevée aux sulfates pour la classe d'exposition XA2 (et pour la classe d'exposition XA1 lorsque c'est pertinent) et du ciment à haute résistance aux sulfates pour les classes d'exposition XA3.

Dimension maximale des granulats

La dimension maximale des granulats (D_{max}) est la valeur nominale de la dimension maximale du criblage le plus grossier des granulats dans le béton.

Le choix de la dimension maximale des granulats dépend des conditions secondaires liées à l'élément de construction et aux aspects technologiques du béton.

En règle générale, le béton est fabriqué avec les dimensions maximales des granulats suivantes : 4, 8, 16 ou 32 mm, par ex. $D_{max} = 8$ mm

Teneur en air et teneur minimale en ciment

	Valeur nominale des dim. max. des granulats [mm]					
	8	16	22,5	32	45	63
Teneur min. en air [%-vol.]	4,0	3,5	3,3	3,0	2,5	2,0
Teneur minimale en ciment [% m.]; voir le tableau des classes d'exposition	+15%	+10%	+5%	0	-5%	-10%

Lorsque l'adjudicateur prescrit du béton sans air ou avec peu d'air introduit artificiellement, il faudra appliquer – à l'exception de la teneur minimale en air – toutes les exigences imposées à

la composition du béton pour la classe d'exposition XF4. La teneur maximale en air doit se situer au maximum à 4 % au-dessus de la teneur minimale en air.

Teneur en farine

	Valeur nominale des dim. max. des granulats [mm]					
	8	16	22,5	32	45	63
Valeurs indicatives de la teneur en farine [kg/m ³]	450	400	375	350	325	300

Une teneur minimale en farine (ciment, adjuvant et parts de grains d < 0,125 mm) doit être garantie.

Classes de teneur en chlorures

Les chlorures sont contenus en faibles quantités dans les matières premières pour béton et sont généralement qualifiés de teneur naturelle en chlorure du

béton; ils sont par conséquent inévitables.

Valeurs maximales admissibles pour les teneurs en chlorure dans les matières premières pour béton

Classes de chlorure		Tableau 3
Utilisation du béton	Classe de la teneur en chlorure	Teneur maximale admissible en chlorures, par rapport au ciment en parts de la masse
Sans armature d'acier dans le béton et sans autre métal intégré (à l'exception des dispositifs de butée résistants à la corrosion)	Cl 1.0	1.0 %
Avec une armature d'acier dans le béton ou un autre métal enrobé	Cl 0.20	0.20 %
Avec une armature en acier précontraint	Cl 0.10	0.10%

Si des adjuvants de type II sont utilisés et pris en considération pour la teneur en ciment, la teneur en chlorure est exprimée en teneur en ions de chlorure par rapport au ciment en proportion de la masse, et

en masse totale qui sert au calcul de la valeur eau/ciment (= masse du ciment + valeur k x masse des adjuvants).

Classes de consistance

La consistance définit le degré de rigidité du béton frais et définit son ouvrabilité.

Si la consistance du béton frais n'est pas correcte, le béton à l'état durci ne présen-

tera pas les propriétés souhaitées – et en particulier pas la résistance exigée.

Cette consistance est subdivisée en classes d'affaissement au cône (F1 – 6), en classes de compactage (C0 – 3) et en classes de tassemant (S1 – 5).

Affaissement au cône Classe	Valeur[mm]	Compactage Classe	Valeur	Hauteur d'affaissement Classe	Valeur[mm]	Description de la consistance selon Holcim
		C0*	$\geq 1,46$			très raide
F1*	≤ 340	C1	1,45 bis 1,26	S1	10 bis 40	raide
F2	350 bis 410	C2	1,25 bis 1,11	S2	50 bis 90	plastique
F3	420 bis 480	C3	1,10 bis 1,04	S3	100 bis 150	molle, très plastique
F4	490 bis 550			S4	160 bis 210	très molle
F5	560 bis 620			S5*	≥ 220	fluide
F6*	≥ 630					très fluide

* Ce n'est pas recommandé en raison de la sensibilité insuffisante des procédures d'essai.

Une corrélation généralement obligatoire entre ces classes de consistance n'est pas établie, mais la pratique a révélé une équivalence approximative.

Masse volumique

La masse volumique, également désignée par poids spécifique, est la densité d'un solide poreux basée sur le volume, y compris le volume des porosités. La masse volumique du béton dépend du granulat. En fonction de la masse volumique sèche du béton, il est défini comme normal, léger ou lourd.

- Béton léger
 $> 800 - 2.000 \text{ kg/m}^3$
- Béton normal
 $> 2.000 - 2.600 \text{ kg/m}^3$
- Béton lourd
 $> 2.600 \text{ kg/m}^3$

Désignation du béton pour un béton normal selon EN 206-1

Stabilité	C 25/30	$F_{ck,cube} > 30 \text{ N/mm}^2$ selon 28 d
Exposition	XC4, XF3	Eléments extérieurs avec arrosage direct – dalle de béton horizontale qui est exposée à la pluie et au gel
Consistance	F3	Affaissement au cône entre 420 et 480 mm
Teneur en chlorure	Cl 0.20	Travaux en béton armé
Dimension maximale des granulats	D_{max} 8	Diamètre maximal de grain = 8 mm
Divers	pompable	Si c'est du béton pompé



Fixit 585 Mortier de jointoient pour pavages 0 – 3 mm, résistant au gel et sels de dé verglaçage



Fixit 585 Mortier de jointoient pour pavages 0 – 3 mm, résistant au gel et sels de dé verglaçage



Fixit 585 Mortier de jointoientement pour pavages 0 – 3 mm, teinté noir



Fixit 583 Mortier d'assemblage pour pavés et bordures 0 – 3 mm, résistant au gel et sels de déverglaçage

Essais du béton frais

La nature et l'ampleur des essais du béton frais et du béton durci sur le chantier ne sont pas normalisées. Elles doivent être convenues par le biais d'un contrat. C'est pourquoi il convient de déterminer à l'avance dans le plan de contrôle et

d'essai quels et combien de contrôles du béton frais ou du béton durci doivent être effectués sur le chantier et qui assume les frais de ces essais. L'étendue et la fréquence de ces essais doivent être limitées au minimum nécessaire qui

est suffisant pour garantir la qualité et répondre aux exigences imposées.

→ aussi peu d'essais que possible, mais autant d'essais que nécessaires.

Le béton frais devrait toujours être testé pour tirer au clair les questions de qualité pour un coût le plus abordable possible :

- La commande est-elle conforme au béton livré ?
- Ce béton correspond-il aux caractéristiques exigées ?
- Faut-il adapter la formulation ?



Echantillon individuel	Quantité de béton prélevée d'un seul coup de pelle.	Des échantillons individuels sont prélevés avec la pelle de prélèvement d'échantillons dans le malaxeur ou dans la masse de béton et conservés dans un récipient approprié.
Prélèvement aléatoire	Nombre des échantillons individuels qui sont prélevés sur une partie du remplissage du malaxeur ou de la masse de béton.	
Echantillon global	Nombre d'échantillons individuels prélevés dans le remplissage du malaxeur ou dans la masse de béton.	Pour les échantillons globaux, il ne faudra pas prélever d'échantillons ni dans la première ni dans la dernière partie des livraisons de béton. Des échantillons individuels doivent être prélevés à cinq endroits différents quant à leur profondeur et leur emplacement. Ce prélèvement d'échantillons locaux représentatifs s'applique aussi au prélèvement dans des flux de béton qui s'écoulent librement.

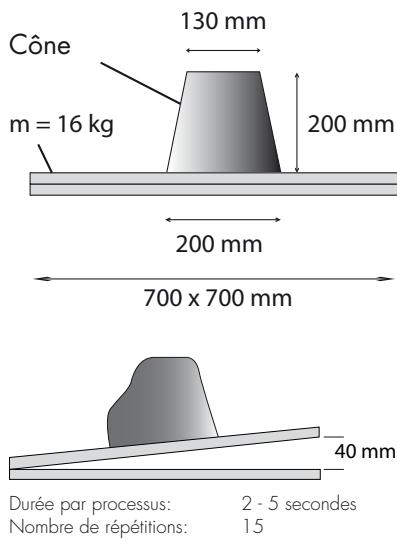
Les échantillons doivent être protégés à tout moment contre les impuretés, l'absorption ou la perte d'eau, ainsi que contre les températures extrêmes.

Des échantillons aléatoire ou globaux doivent être prélevés sur la base du plan de prélèvement d'échantillons. La quantité totale des échantillons doit

correspondre à au moins 1,5 fois la quantité utilisée pour les essais.

Affaissement F

(F = Flow Table Test)



Dispositif d'essai

- Table à secousses plane et à logement fixe

Essai

- Essuyer avec un chiffon humide la table à secousses et le côté intérieur du cône.
- Remplir avec du béton frais sur deux couches de la même hauteur.
- Compecter chaque couche avec 10 coups du bâton en pilon (40 x 40 mm).
- Tirer à la latte la surface du béton avec un pilon et nettoyer la table à secousses tout autour du cône.
- Attendre 30 secondes, et en l'espace de 3 à 6 secondes, soulever verticalement le cône.
- Soulever la table à secousses jusqu'à la butée, puis la laisser retomber.
- Mesurer deux diamètres d_1 et d_2 placés verticalement l'un par rapport à l'autre, déterminer l'affaissement au cône F et l'arrondir aux 10 mm supérieurs.

Si aucune galette compacte n'est créée, ou s'il y a des grains isolés à côté de la galette, il conviendra de recommencer l'essai.

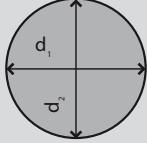
Règle générale

env. 12 kg de béton frais

Un affaissement augmenté de 10 mm signifie:

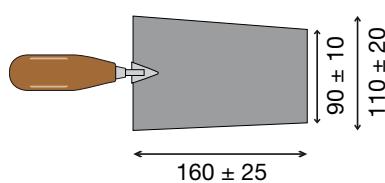
Teneur en eau de + 5 kg/m³ → $f_c = -1 \text{ à } -3 \text{ N/mm}^2$



$$F = \frac{d_1 + d_2}{2}$$


Masse de compactage C

C = Compaction Test



Dispositif d'essai

- Un récipient prismatique stable, avec une surface de base carrée de 200 mm et une hauteur intérieure de 400 mm.
- Truelle comportant une surface plane
- Table vibrante ou vibrateur interne d'un diamètre de 25 à 40 mm

Essai

- Essuyer avec un chiffon humide l'intérieur du récipient et le poser sur un support plan et solide.
- Avec la truelle, verser du béton frais en vrac alternativement sur chacun des 4 bords du récipient.
- Aplanir le béton avec une règle, par un mouvement de sciage (sans le compacter).
- Compecter le béton jusqu'à ce qu'aucune diminution du volume ne peut plus être constatée.

- Mesurer à chaque fois le tassement avec une précision de 1 mm au milieu de la surface latérale, et calculer la valeur moyenne s .
- La dimension de compactage C s'obtient comme suit :

$$C = \frac{400}{400 - s}$$

Règle générale

env. 40 kg de béton frais

Une dim. de compactage C réduite de 0,1 signifie :

teneur en eau de + 15 kg/m³ → $f_c = -3$ à -8 N/mm²



Hauteur d'affaissement S

S = Slump Test

Dispositif d'essai

- Cône tronqué stable, de 300 mm de haut, avec un diamètre intérieur inférieur de 200 mm et un diamètre supérieur de 100 mm.
- Tige d'acier de 600 mm de long, avec des extrémités arrondies et un diamètre de 16 mm.
- Support ferme, plan et non absorbant (par ex. tôle).

Essai

- L'ensemble de l'essai doit être réalisé en l'espace de deux minutes et demie, sans interruption.
- Essuyer avec un chiffon humide la surface intérieure du cône tronqué.
- Verser le béton frais en trois couches qui ont la même hauteur, sans décaler le cône tronqué.
- Compackter chaque couche sur l'ensemble de son épaisseur (jusqu'à la surface de la couche la plus basse) avec 25 coups de la barre d'acier.
- Aplanir le béton en saillie avec la barre d'acier, par un mouvement de sciage, et nettoyer le support.
- Soulever avec précaution à la verticale le cône tronqué (sans le tourner) en l'espace de 5 à 10 secondes.
- Mesurer le tassement du béton avec une précision de 10 mm.
- On adopte comme dimension d'affaissement S le tassement arrondi aux 5 mm les plus proches.

Si le cône de béton s'effondre, il convient de recommencer l'essai.

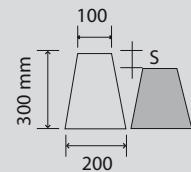
Règle générale

env. 40 kg de béton frais

Un affaissement S augmenté de 10 mm signifie :

Teneur en eau de + 2 à + 3 kg/m³

$$\rightarrow f_c = -0,5 \text{ à } -1,5 \text{ N/mm}^2$$



Température

La température du béton frais exerce une grande influence sur les caractéristiques du béton frais et du béton durci (consistance, début de la solidification, évolution de la solidité, etc.), ainsi que sur les mesures de traitement ultérieur qui doivent être prises.

Idéalement, la température du béton frais devrait se situer entre 10 et 25 °C. Verser le béton en vrac.



Teneur en air

La teneur en air est mesurée à l'aide du pot entraîneur d'air.

Dispositif d'essai

- Un équilibre de pression est établi entre un récipient rempli de béton et un récipient rempli d'air comprimé. La chute de pression qui résulte des pores d'air dans le béton peut être relevée sur le manomètre du pot entraîneur d'air en tant que teneur en air du béton.

Essai

- Verser l'échantillon de béton dans le récipient et le compacter conformément aux prescriptions.
- Mettre le couvercle en place et le visser.
- Verser de l'eau par l'une des vannes jusqu'à ce que de l'eau sans bulles sorte de l'autre vanne.
- Faire régler la pression normalisée à l'aide de la pompe à air.
- Fermer les deux vannes et actionner brièvement la vanne de pouce, afin de faire pénétrer de l'air comprimé dans le pot.
- Relever la teneur en air sur le manomètre avec une précision de 0,1 %.

Règle générale

Pour un pot de 8 l
environ 20 kg de béton frais

Une teneur en air plus élevée de 1 % du volume signifie :

$$f_c = -2 \text{ à } -5 \text{ N/mm}^2$$

Domaine d'application

Le procédé décrit s'applique au béton frais avec des granulats normaux et un D_{max} allant jusqu'à 63 mm.

Ce procédé n'est pas applicable à d'autres granulats (granulats légers ou poreux, etc.)



Masse volumique du béton frais

= Masse du béton frais compacté par rapport au volume du récipient

Dispositif d'essai

- Récipient étanche à l'eau et d'une rigidité à la flexion suffisante (par ex. pot entraîneur d'air) avec une surface intérieure lisse et une bordure adoucie à la meule. La bordure et le fond doivent être orientés de manière parallèle.
- La plus petite dimension du récipient doit atteindre au moins quatre fois la valeur brute du granulat grossier dans le béton, mais elle ne doit pas être inférieure à 150 mm. Le volume doit atteindre au moins 5 litres.

Essai

- Déterminer le poids du récipient (m_1) avec une balance (précision de 0,10 %).
- Verser l'échantillon de béton dans le récipient et le compacter conformément aux prescriptions.
- Aplanir le béton en saillie avec une règle, par un mouvement de sciage.
- Peser le récipient rempli (m_2) (avec une précision de 0,10 % du poids brut).

Le calcul de la densité est effectué selon l'équation suivante :

$$D = \frac{m_1 - m_2}{V}$$

D	Masse volumique du béton frais; kg/m ³
m_1	Poids du récipient; kg
m_2	Poids du récipient rempli; kg
V	Volume du récipient; m ³

La masse vol. du béton frais et la teneur en air doivent être déterminées sur le même échantillon.

Teneur en eau

Rapport E/C ou si admissible, valeur E/C_{eq}

Dispositif d'essai

- Un échantillon de béton frais est pesé, et ensuite séché, jusqu'à ce que son poids ne diminue plus. A partir de la différence entre les deux valeurs mesurées, on obtient la teneur en eau du béton frais.

Essai

- Prélever un échantillon de béton frais (env. 10 kg)
- Peser le béton frais avec une précision de mesure de 1 g : m₀
- Peser l'échantillon sec (au bout de < 20 min) avec une précision de mesure de 1 g : m₁
- Laisser sécher pendant 5 minutes supplémentaires, et peser à nouveau : m₂
- Si m₁ - m₂ < 5 g : m₂ = m_{fr}

Dans le cas contraire, laisser sécher pendant 5 minutes supplémentaires jusqu'à ce que la différence entre les deux dernières pesées soit de < 5 g.

Résultat de l'essai

(env. 10 kg de béton frais)

La teneur en eau de l'échantillon de béton frais peut être calculée à l'aide de la masse volumique du béton frais (ρ_o) en procédant comme suit :

$$W_o = \rho_o \frac{m_o - m_{fr}}{m_o} \quad \text{en kg/m}^3$$

La masse volumique peut être calculée à partir de la proportion entre le poids et le volume de l'échantillon de béton (par ex. en pesant l'échantillon de béton compacté dans le volume défini du pot entraîneur d'air).



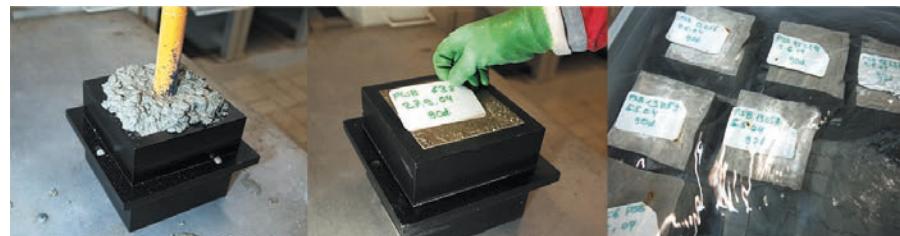
Création et entreposage des éprouvettes pour les essais de résistance

Création des éprouvettes

- Avant le remplissage dans les éprouvettes, le béton doit être mélangé à nouveau.
- Le béton doit être appliqué en au moins 2 couches < 100 mm.
- Le béton doit être compacté avec une aiguille vibrante ou sur une table vibrante.

Entreposage des éprouvettes

- Les éprouvettes doivent être laissées dans le moule pendant au moins 16 heures et pendant 3 jours au maximum à $20 \pm 5^\circ\text{C}$. En même temps, elles doivent être protégées contre les chocs et contre l'assèchement (soleil/vent).
- Après l'extraction du moule, les éprouvettes doivent être entreposées jusqu'au début de l'essai sous l'eau ou dans une chambre d'humidification à $20 \pm 2^\circ\text{C}$ et à une humidité relative de l'air de > 95 %.



Fixit 583 Mortier d'assemblage pour pavés et bordures 0 – 3 mm, teinté jaune

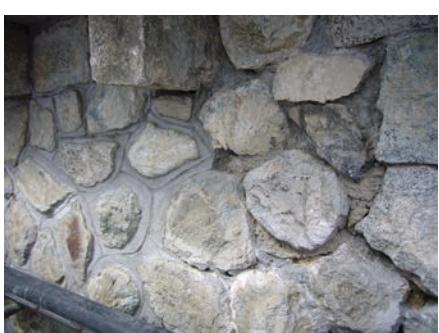
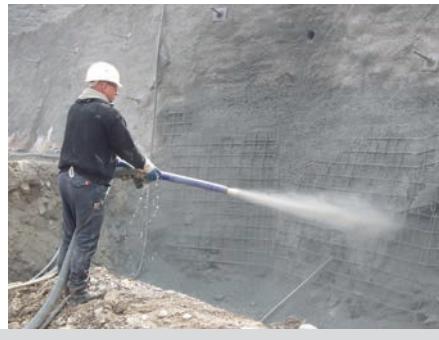


Fixit 583 Mortier d'assemblage pour pavés et bordures 0 – 3 mm,
résistant au gel et sels de dé verglaçage



Fixit 583 Mortier d'assemblage pour pavés et bordures et Fixit 516 FT Béton sec C30/37, 0 – 16 mm
résistant au gel et sels de dé verglaçage





Essais du béton durci

Résistance à l'écrasement d'un cube f_c

= force maximale / surface sollicitée
(N/mm²)

On relève sur un cube fabriqué au préalable les résistances à la compression à différents moments, la densité et – au besoin – d'autres caractéristiques.

Principe

- Dans une machine à essais de compression, on soumet les éprouvettes à des sollicitations jusqu'à leur rupture. A partir de la charge maximale atteinte, on obtient la résistance à la compression.

Essai

- Les éprouvettes doivent avoir la forme d'un cube ou d'un cylindre.
- La surface de l'échantillon doit être débarrassée de toute humidité excédente.
- Les éprouvettes doivent être entreposées de manière conforme à la norme.
- La charge d'essai doit être appliquée de manière uniforme et exempte de toutes secousses. La charge d'essai est accrue pas à pas de 0,2 à 1,0 N/mm².
- A partir de la charge d'essai en kN, on obtient la résistance à la compression du cube ou du cylindre.
- Le type de rupture doit être évalué sur la base de photographies. Il faut documenter tous les schémas de rupture qui sortent de l'ordinaire.

Remarque

Si la résistance du béton à la compression est relevée dans le cadre d'un contrôle de la conformité, l'évaluation des résultats s'effectue conformément à la norme EN 206-1, chiffre 8.2.1.2. Si la résistance du béton à la compression est analysée dans le cadre d'un contrôle d'identité, il faudra appliquer les prescriptions de la norme EN 206-1, Annexe B.



	Brève description.	Exigences, remarques
Résistance à la compression des carottes	= force maximale / surface sollicitée (N/mm ²)	Evaluation de la résistance à la compression du béton de construction.
Profondeur de pénétration de l'eau sous pression	Appliquer de l'eau sous pression (5 ± 0,5) bars pendant (72 ± 2) h sur le côté supérieur de l'éprouvette. L'éprouvette est fendue et le processus de profondeur de pénétration de l'eau est déterminé.	Valeur indicative : Avec une profondeur de pénétration maximale de < 50 mm, le béton est considéré comme imperméable à l'eau. Le nombre des éprouvettes et la profondeur maximale de pénétration de l'eau doivent être convenus à l'avance.
Teneur en chlorure	Détermination quantitative de la teneur en chlorure. Détermination des substances de départ par un calcul : granulats, ciment, eau, additifs, adjuvants.	Classement du béton dans les classes de chlorure selon EN 206-1.
Conductibilité hydraulique, q_w	Grâce à une procédure spéciale de saturation et de séchage, on détermine la conductibilité hydraulique q_w , les pores remplissables et la porosité totale. $q_w = g/(m^2 \times h)$ est la quantité d'eau qui est absorbée par un élément de construction de 20 mm d'épaisseur, par seconde et par m ² .	En règle générale, un béton de $q_w < 10 \text{ g}/(\text{m}^2 \times \text{h})$ garantit des murs intérieurs secs si l'eau n'exerce aucune pression et que la température ambiante de l'air dans la pièce est de >15° C.
Résistance au chlorure	Les ions de chlorure sont insérés par l'application d'une tension dans des éprouvettes saturées d'eau. On détermine la profondeur de pénétration des ions de chlorure sur l'éprouvette fendue. On calcule sur ces bases, ainsi que d'après d'autres paramètres, le coefficient de migration de chlorure D_{Cl} en m ² /s.	
Résistance au gel, dégel et sels de déverglaçage	Application d'une solution d'eau sur la surface. Exécuter 28 cycles de gel et de dégel Déterminer la quantité de béton qui s'est détachée au bout de 7, 14 et 28 cycles. m = quantité de béton détachée au bout de 28 cycles, en g/m ² .	Haute résistance au gel et sels de déverglaçage $m < 200 \text{ g}/\text{m}^2$ ou $200 \text{ g}/\text{m}^2 < m < 600 \text{ g}/\text{m}^2$ si la 2 ^{ème} série de 14 alternances de gel est < à la 1 ^{ère} série de 14 alternances de gel. Faible résistance au gel et sels de déverglaçage $m > 3800 \text{ g}/\text{m}^2$.
Résistance aux sulfates	Les éprouvettes sont alternativement séchées et stockées dans une solution contenant des sulfates. Le sulfate qui y pénètre peut réagir avec des éléments de l'éprouvette et provoquer une modification du volume. Calcul de la dilatation des sulfates Δl .	Une moyenne de série de $\Delta l < 0,5 \%$ est considérée comme valeur indicative pour le béton à haute résistance aux sulfates.
Fluage et retrait	Mesure de la variation de longueur sur des éprouvettes à l'état non chargé (fluage) ou à l'état chargé (retrait), et calcul de la masse de fluage $\varepsilon_{CS} (\%)$ ou de la masse de retrait $\varepsilon_{CC} (\%)$.	

Module d'élasticité	Valeur caractéristique du comportement de déformation élastique du béton. Le module E indique la relation entre la tension σ et l'expansion élastique correspondante ε . $E = \sigma / \varepsilon$ (N/mm ²)	Le module E est déterminé au 3 ^e cycle de sollicitation.
Résistance au gel	Calcul de la résistance au gel FS du béton durci avec des paramètres de pores résultant de l'essai de la conductibilité de l'eau.	FS > 1,5 grande résistance au gel FS < 1,0 faible résistance au gel
Comportement d'abrasion	On détermine la perte de poids lors de l'usure par frottement défini pour l'éprouvette de béton. On calcule la diminution d en mm.	$d = \frac{\text{Perte de volume}}{\text{Masse volumique} \times \text{surface}}$
Comportement suite à une alternance de gel et de dégel N₅₀	Les éprouvettes sont soumises à des cycles de gel et de dégel. Le module E est mesuré périodiquement, N_{50} = nombre de cycles, à 50 % de diminution du module E	$N_{50} > 100$ grande résistance au gel $N_{50} < 20$ faible résistance au gel
Résistance au gel et au sel de déverglaçage, méthode TFB	Les éprouvettes sont soumises à 10 cycles de gel (+20 C / -25 C) dans un bain d'éthylène-glycol (gel) ou dans un bain de chlorure de calcium (sel de déverglaçage). On évalue les perturbations de structure et le décollement du béton.	Les échantillons qui ne présentent pas de fissures ou de décollements au bout de 10 cycles de gel offrent une résistance élevée au gel ou au sel de dégivrage.
Résistance au gel et au sel de déverglaçage BE I	Détermination par diagnostics sur la base de l'analyse des pores sur des coupes minces, de paramètres de saturation et de la qualité de la structure.	Evaluation du facteur de résistance WF-P (gel) ou WFT-P (sel de dégivrage) et indice de la qualité de la structure.
Ouvrabilité sur des plaques carrées (béton à fibres métalliques)	Détermination de la résistance à la traction-flexion f_{cf} et valeur de calcul de l'énergie de rupture G_f .	Energie de rupture $G_f > 4000$ N/m, alors l'essai est considéré comme réussi.
Teneur en fibres métalliques sur les échantillons de béton	Désagrégation du béton et tri pour extraire les fibres métalliques à l'aide d'un aimant.	En fonction des exigences, en règle générale entre 20 - 40 kg/m ³ .



Fixit 585 Mortier de jointoiement pour pavages 0 – 3 mm et Fixit 583 Mortier d'assemblage pour pavés et bordures 0 – 3 mm, résistant au gel et sels de dé verglaçage



Fixit 528 A Béton sec à pomper C30/37, accéléré exempt d'alcalis, 0 – 8 mm

Structure des pores dans le béton durci

Rayon des pores	Type de pores	Origine	Incidences
> 1 mm	Pores de compression, retassures (air occlus naturelles)	<ul style="list-style-type: none"> Pendant l'intégration Type de compression 	<ul style="list-style-type: none"> Aucune influence sur le transport d'eau Forte influence sur le transport de gaz
20 µm - 1 mm	Air occlus	<ul style="list-style-type: none"> Pendant la fabrication du béton La teneur est modifiée par les additifs En forme de sphères 	<ul style="list-style-type: none"> Faible influence sur le transport d'eau Forte influence sur la résistance au gel, le sel de dé verglaçage et la résistance Rempli d'air
0,05 µm - 20 µm	Pores capillaires	<ul style="list-style-type: none"> Pendant l'hydratation de la colle de ciment Le rapport E/C influe sur le volume 	<ul style="list-style-type: none"> Forte influence sur le transport d'eau et de gaz Partiellement rempli d'eau (effet capillaire) Forte influence sur la résistance au gel, le sel de dé verglaçage, la résistance et la durabilité
1 mm - 0,05 µm	Pores de gel	<ul style="list-style-type: none"> Cavités entre les cristallites du ciment 	<ul style="list-style-type: none"> Faible influence sur le transport d'eau et de gaz Rempli d'eau



Fixit 527 A Béton sec à pomper, Fixit 508 Béton sec, Fixit 583 Mortier d'assemblage pour pavés et bordures, Fixit 530 Mortier d'injection



Fixit 585 Mortier de jointoiement pour pavages, Fixit 587 Mortier de pose de regards



Fixit 508 Pump Béton sec à pomper C30/37

Traitement ultérieur

Un béton dense est nécessaire pour garantir la durabilité. Cela concerne en particulier la zone des bordures en béton (zone de recouvrement de l'armature) qui protège l'armature.

La cure a pour objectif de protéger le béton fraîchement malaxé de la zone de la bordure contre la perte d'eau, les incidences de la température ou d'autres influences négatives.

La cure doit apporter une protection contre

- le dessèchement provoqué par le soleil, le vent et l'air sec (y compris en hiver)
- les fortes variations de température entre le noyau du béton et la surface
- le dessèchement provoqué par le soleil, le vent et l'air sec (y compris en hiver)
- la chaleur et le froid, ainsi que les variations de température
- les précipitations (pluie et neige)

Procédés les plus pertinents pour la cure

- Laisser le béton dans le coffrage
- Le recouvrir avec une feuille plastique (avec du béton apparent, ne pas poser la feuille directement sur le béton)
- Pulvériser un produit de cure (ce n'est pas approprié si un système de protection de la surface doit être appliqué ultérieurement, sauf si les deux sont adaptés l'un à l'autre).
- Poser des recouvrements humides (à maintenir constamment humides ou à recouvrir avec une feuille plastique)
- A des températures de 0 à 10 °C, feuilles plastiques et protections iso-

- lantes thermiques
- A des températures < 0 °C et entre 0 à 10 °C, il faut également chauffer l'élément de construction, afin que la température du béton atteigne environ 10 °C.

Durée de la cure : au moins 7 jours (règle générale)

Absence de cure

Lorsque les mesures de cure sont omises ou entreprises trop tard, les conséquences possibles sont les suivantes :

- Résistance réduite du béton
- Porosité accrue du béton, et donc une durabilité réduite
- Fissuration de retrait précoce
- Résistance moindre à l'usure par abrasion, moindre résistance chimique et densité
- La surface du béton se transforme en sable

- Le béton gèle et est détruit (la résistance à la compression ne peut plus être rétablie)



Bétonnage par temps froid

Il est également possible de bétonner par temps froid, à condition de prendre les dispositions requises.

Mesures à prendre lors de la fabrication du béton

- Augmentation de la teneur en ciment et/ou utilisation d'un ciment à développement de chaleur accrue, les autres produits de départ restant les mêmes
- Réduction du rapport E/C par l'utilisation d'un produit fluidifiant (FM).
- Accélération de l'évolution vers la

résistance mécanique par l'utilisation d'un accélérateur de durcissement exempt de chlorure, par ex. un produit de protection contre le gel (HBE).

- Rallongement des délais de décoffrage et de la durée de cure.
- Utilisation de matériaux présentant des caractéristiques d'isolation thermique améliorées pour le coffrage (par ex. bois) et pour la cure (par ex. protections isolantes thermiques).
- Augmentation de la température du béton fraîchement malaxé par un échauffement ciblé de l'eau

d'adjonction et/ou échauffement des granulats.

- Protéger l'élément ou tout le bâtiment contre les pertes de chaleur et les courants d'air.
- Il faut protéger le béton fraîchement malaxé contre le gel. La résistance au gel du béton fraîchement malaxé est alors atteinte lorsqu'il manifeste une résistance à la compression de 5 N/mm².

Mise en place et compactage

- Il est interdit de bétonner sur un sol de fondation gelé, ainsi que sur des éléments gelés.
- Les surfaces de coffrage et les armatures doivent être exemptes de glace et de neige, mais jamais en utilisant de l'eau, plutôt par un traitement thermique.
- Le béton préchauffé doit être rapidement versé dans le coffrage débarrassé de la neige et de la glace, et immédiatement compacté.

- Dans la mesure du possible, protéger le béton frais contre la perte de température durant le transport vers et sur le chantier. Eviter si possible d'utiliser des courroies transporteuses.
- Dans le béton mis en place, il faudra prendre des dispositions permettant de mesurer en permanence la température du béton.
- Lors de la mise en place et pendant la mise en œuvre, le béton fraîchement malaxé ne doit pas avoir une tem-

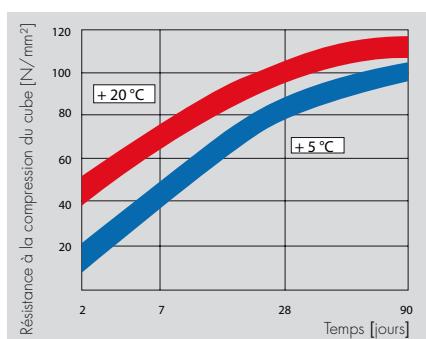
pérature inférieure à +5 °C sans que des dispositions particulières ne soient prises.

Sur les surfaces de béton qui doivent répondre à des exigences accrues, nous recommandons d'accroître la température du béton fraîchement malaxé à +10 °C. L'eau de gâchage et les granulats devront être préchauffés lorsque c'est nécessaire



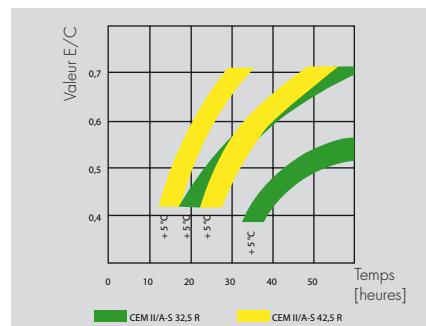
Traitement ultérieur

- A des températures froides, le béton doit être protégé contre la perte de chaleur aussitôt après sa mise en place. Le recouvrement par des protections isolantes thermiques convient tout particulièrement à cet usage.
- Ci ces protections thermiques ne peuvent pas être directement posées à la surface du béton, celui-ci doit être



Evolution de la résistance du béton (avec CEM 1 42.5 N) en fonction de la température du béton

- protégé contre les courants d'air.
- Pendant la période de durcissement, le béton doit être protégé non seulement contre la perte de chaleur, mais aussi contre la perte d'humidité, car en cas de temps froid et/ ou sec, la teneur en humidité de l'air est très faible.
- La nature et la durée de la cure dépendent des conditions météorologiques, du ciment utilisé, ainsi que de la géométrie des éléments de construction.
- L'élément ou le bâtiment complet doit être soumis à une cure thermique pendant quelques heures ou jours, par chauffage et mise sous abri, jusqu'à ce que la résistance au gel soit obtenue.



Temps nécessaire pour atteindre une bonne résistance au gel.
(Résistance à la compression du béton > 5 N/mm² en fonction de la valeur E/C pour différentes températures du béton et types de ciment)

Température du béton fraîchement malaxé

La température souhaitée pour le béton fraîchement malaxé peut être obtenue par un échauffement des produits de base.

Formule simplifiée pour la température de malaxage	$T_b = 0,7 \times T_g + 0,2 \times T_w + 0,1 \times T_z$	T_b = température du béton en °C T_g = température des granulats en °C T_w = température de l'eau en °C T_z = température du ciment en °C
--	--	--

Exemple

Valeurs de consigne	Température des granulats Température de l'eau Température du ciment	$T_g = 8^\circ C$ $T_w = 10^\circ C$ $T_z = 50^\circ C$
On cherche	Température du béton T_b	
Solution	$T_b = 0,7 \times 8 + 0,2 \times 10 + 0,1 \times 50 = 12,6^\circ C$ Température du béton	

Bétonnage par temps chaud ou vent fort

Mesures à prendre pour la fabrication du béton

- Les quantités de béton frais doivent être adaptées aux intervalles de livraison et aux capacités de pose. Il ne doit pas y avoir de décalages et retards.
- Profiter des moments du jour où il fait plus frais pour bétonner, et l'emplacement de bétonnage doit être ombragé si possible.
- Prévoir suffisamment de personnel.
- Les équipements de pose du béton et le matériel de cure du béton doivent être vérifiés et prêts à l'emploi.
- Avant le début du bétonnage, l'armature, le coffrage et le sol doivent être humidifiés. Si des flaques d'eau se forment, elles doivent être supprimées.



Mise en place et compactage

- Eviter des temps de transport et de stockage trop longs pour le béton.
- Décharger, appliquer et compacter rapidement le béton sont les règles suprêmes.
- En cas de retards et d'attente prolongés, l'usine de livraison doit immédiatement en être informée.
- Ne pas utiliser un béton ayant durci.



Traitement ultérieur

- Le béton frais doit impérativement être maintenu humide. En guise de protection contre le vent et la pluie, il doit être recouvert de feuilles plastiques ou de tapis humides.
- Appliquer du produit de cure liquide.
- Pulvériser en permanence de l'eau sur le béton.
- Ne pas le décoffrer trop tôt.
- Protéger les parois.



Vitesse de dessiccation

La vitesse de dessiccation dépend

- de la température de l'air
- de la température du béton
- de l'humidité relative de l'air
- de la vitesse du vent

Retrait précoce suite à un manque de cure sous des conditions météorologiques extrêmes. Le retrait précoce se développe principalement pendant les premières heures et dépend des conditions environnantes existantes. C'est pourquoi des mesures de cure rapides sont indispensables.

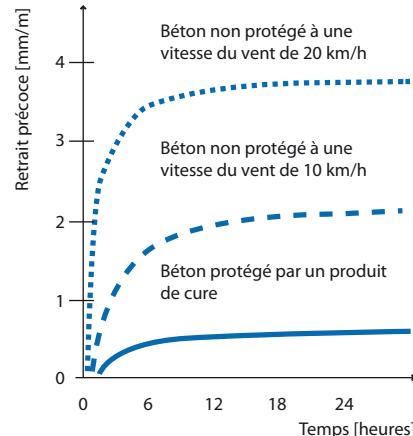
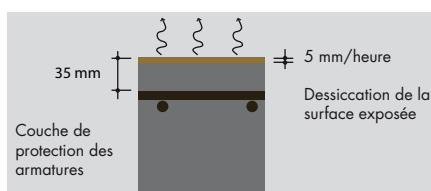


Diagramme pour l'évaluation du taux de dessiccation sur des surfaces de béton à nu



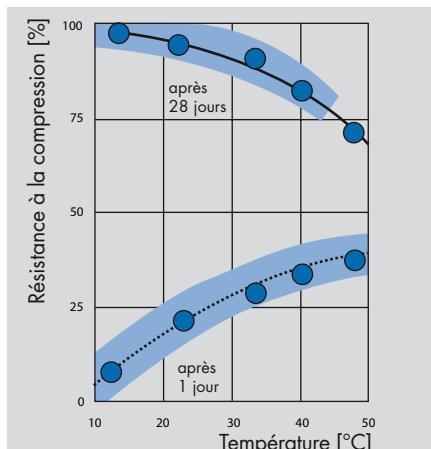
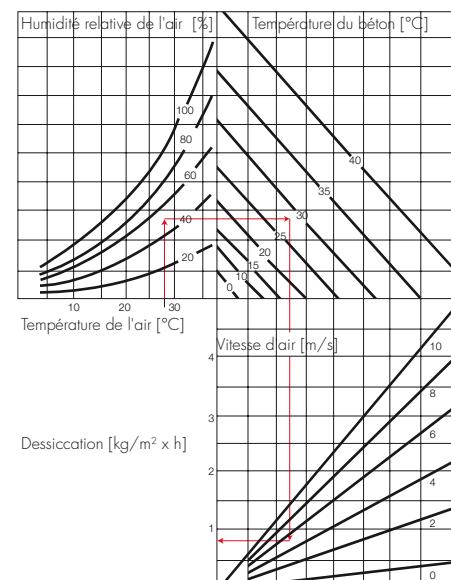
Dans un béton normal qui a une teneur en ciment de 300 kg/m³ et une valeur E/C de 0,55, un taux de dessiccation de 0,8 kg/m² par heure signifie qu'au bout d'une heure, l'eau qui est présente sur les 5 mm supérieurs du béton est évaporée.

Exemple coté

Température de l'air : 28° C
Humidité relative de l'air : 50 %
Température du béton : 28° C
Vitesse d'air: 5 m/s

Résultat

Taux de dessiccation : 0,80 kg/m² x h



La température du béton, généralement plus élevée, provoque une hydratation plus rapide du ciment. Celle-ci débouche sur une résistance précoce plus grande, car par rapport aux températures plus basses, des cristaux de ciment se constituent plus rapidement, qui sont cependant plus

petits. Les cristaux plus petits se feutrent moins intensivement que les plus grands. Une porosité plus grande se met en place. Ceci influe sur la solidité finale du béton.



Fixit 527 A Béton sec à projeter, Fixit 530 R Mortier d'injection à prise rapide



Fixit 527 A Béton sec à pomper

Applications

Béton apparent

On entend en règle générale par béton apparent des surfaces de béton qui restent visibles à l'observateur en tant que surface et qui doit répondre à des exigences particulières en matière d'aspect visuel. Dans la création de surfaces de béton apparent, on différencie, pour l'essentiel, entre les surfaces dont la peau de coffrage est utilisée comme éléments d'aménagement, et les surfaces de béton qui sont traitées ultérieurement. Dans les deux cas, la couleur peut être utilisée comme caractéristique d'aménagement supplémentaire.

Fondamentalement, il faut respecter les critères suivants lors de l'utilisation de béton apparent

- Description précise des performances
- Structure de la peau de coffrage
- Sélection des matériaux – choix de la couleur
- Traitement de la surface du béton
- Surfaces d'essai et de référence
- Aménagement constructive



Les paramètres suivants influent sur la qualité de la surface du béton apparent

- Rapport E/C uniforme
→ teinte grise uniforme.
- Tous les coffrages en bois devraient présenter la même absorption afin d'atteindre une couleur de surface uniforme.
- Enlever tout agent séparateur excédentaire sur le coffrage, teneur en ciment $\geq 300 \text{ kg/m}^3$.
- Une vibration soigneuse crée une bonne surface.
- Une part suffisamment élevée de grains de farine (ciment, additifs et part de granulats $< 0,125 \text{ mm}$).
- La composition du grain correspond à une courbe constante et elle doit être

- fixée dans la zone supérieure de la courbe.
- Une composition uniforme du béton, le cas échéant avec l'utilisation d'un additif fluidifiant.
- Teneur en ciment : au min. 350 kg/m^3
- Rapport E/C inférieur à 0,50 et si possible constant (les écarts provoquent des différences de teinte notables à la surface du béton).
- Cohérence suffisante (pas de dissociation) et taux de rétention de l'humidité suffisant (pas de saignement) du béton frais.
- La consistance correcte est une condition préalable essentielle.



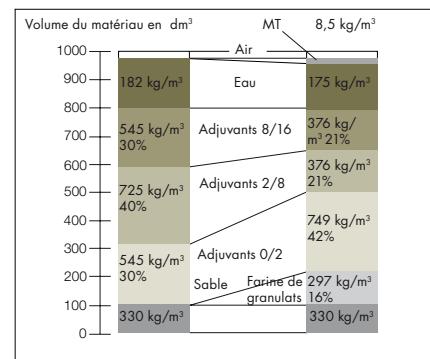
Béton autocompactant (BAP, en anglais self compacting concrete SCC)

Le BAP est un béton qui, en dépit de sa faible valeur E/C, est si fluide qu'il s'écoule de lui-même, qu'il se compacte sans travail de vibrations et ainsi ne présente aucun signe de déshomogénéisation.

Les avantages du BAP sont les suivants :

- Capacité de bétonnage plus élevée
- Moins de bruit pendant le bétonnage
- Plus grande liberté de façonnage

- Des éléments de construction aux formes plus élancées
- Une durabilité plus élevée
- Moins de traitement ultérieur
- Bétonnage plus facile
- Des étapes plus grandes
- Moins de personnel
- Pas de dommages pour la santé suite aux vibrations



Béton pompé

Le béton pompé peut être utilisé sur pratiquement tous les éléments de construction, et convient tout particulièrement lorsque le lieu de bétonnage est difficilement accessible.

Les conditions préalables suivantes doivent être remplies :

- Taille maximale des granulats < 1/3 de la tuyauterie.
- Plutôt une composition sablonneuse des granulats
- Eviter la catégorie de granulats de 4 à 8 mm, sinon limiter à 20 % sa part du

mélange de granulat.

- Part de farine : Ciment + part de granulat jusqu'à 0,125 mm + éventuellement des adjuvants pour environ 450 kg/m³ dans taille maximale des granulats de 16 mm.
- Consistance, en règle générale : F3 (420 – 480 mm)
C3 (1,10 - 1,04)
La consistance doit être adaptée en fonction de la cohérence intérieure du béton et de la hauteur d'acheminement.



Béton résistant à l'abrasion

Le béton résistant à l'abrasion est résistant aux sollicitations mécaniques, particulièrement au frottement.

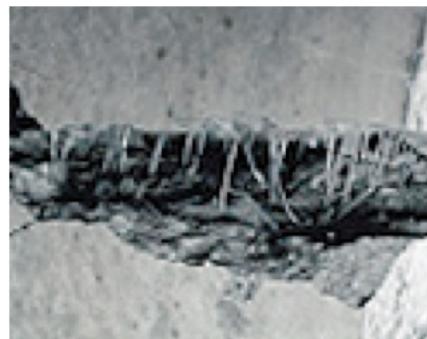
Les conditions ci-après doivent être réunies :

- Béton dense avec une valeur E/C de 0,40 à 0,50
- Utiliser des granulats résistants à l'abrasion (roches dures)



Béton fibré

Le béton fibré est un béton auquel on ajoute des fibres spéciales (acier, matière plastique ou verre résistant aux alcalis) afin d'améliorer ses caractéristiques. Il en résulte entre autres l'amélioration de la résistance à la traction (résistance aux fissures ultérieures) et la ductilité, et par conséquent le comportement de rupture et de fissure.



Fibres d'acier

- Panneaux de sol, sols industriels (sans joints)
- Aires de circulation, arrêts d'autobus
- Eléments préfabriqués, panneaux de cuvelage (tubbing)
- Consolidation des falaises dans la construction sous terre

Fibres synthétiques

- Béton résistant au feu
- Panneaux de sol
- Mortier pour les sous-planchers
- Mortier de protection

Avantages

- Les fissures sont réparties par les fibres
→ beaucoup de petites fissures au lieu de quelques grandes
- Pour certaines utilisations, les fibres d'acier peuvent remplacer totalement ou même partiellement les armatures.
- Les fibres en matière synthétique sont également utilisées dans l'armature (répartition des fissures)
- Les fibres confèrent au béton des caractéristiques de résistance, et son

ouvrabilité (absorption des charges, même après l'apparition d'une fissure) est accrue.

Inconvénients

- La cohérence devient éventuellement plus rigide à cause des fibres, ce dont il faut tenir compte dans la formulation.

Béton résistant au feu

Le béton ne brûle pas et offre une protection contre le feu et les hautes températures. Quand un incendie dure longtemps, le béton éclate.

La résistance au feu peut être accrue par les mesures suivantes :

- Adjonction de fibres synthétiques. Celles-ci fondent sous l'effet d'un incendie et laissent des cavités, si bien que la pression de la vapeur peut être évacuée.

- Utiliser des granulats résistants au feu (argile expansée, schistes expansés, basalte, chamotte, etc.) à la place des granulats carbonatés ou quartzifères.
- Plus la résistance du béton est grande, plus les dégâts sont graves en cas d'incendie, un degré d'humidité < 2 % est considéré comme non critique.

Béton projeté

Le béton projeté est un béton qui est acheminé dans une conduite/tuyauterie fermée vers le point de bétonnage où il est appliqué de manière pneumatique par une buse de pulvérisation puis compacté par l'énergie de choc. Au contact avec la surface d'application, une partie du béton projeté, le matériau de rebond, est projetée en arrière.

On fait une distinction fondamentale entre le procédé de projection à sec et le procédé de projection humide. Dans **le procédé de projection à sec**, ce qu'on désigne par un mélange sec est acheminé par un procédé à flux dilué dans lequel on ajoute seulement l'eau d'adjonction avec ou sans accélérateur uniquement au niveau de la buse.

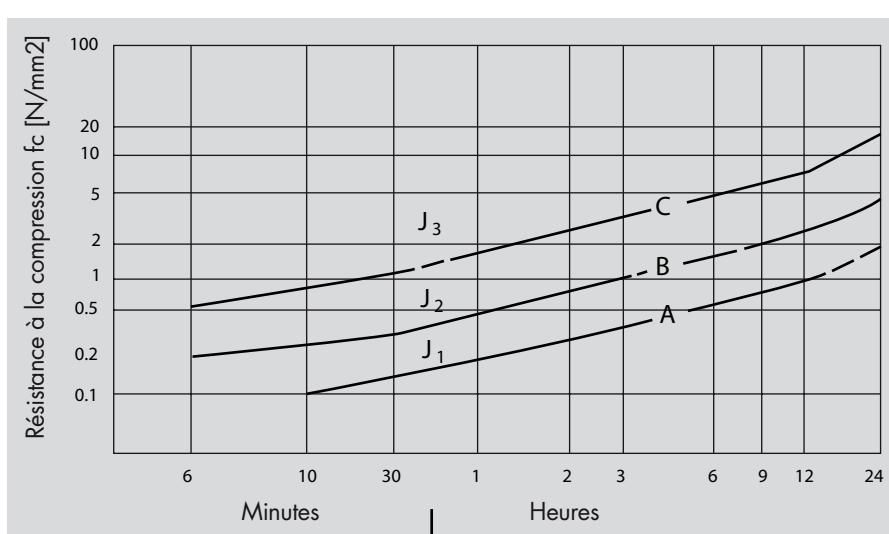
Dans **le procédé de projection humide**, l'eau d'adjonction est déjà contenue dans le mélange de départ du béton projeté, et son acheminement s'effectue selon le procédé à flux dense.

Applications

- Le béton projeté est utilisé pour les éléments de construction armés et non armés.
- Travaux souterrains pour les travaux de protection ou pour l'aménagement intérieur.
- Revêtement de bassins et de canaux
- Pour la consolidation de talus, de flancs de coteaux et de fouilles
- Remise en état d'ouvrages en béton ou en maçonnerie endommagés



Classes de résistance initiale



entre A et B	Classe J ₁
entre B et C	Classe J ₂
au-dessus de C	Classe J ₃
En ce qui concerne l'évolution de la résistance durant les 24 premières heures, on différencie entre les classes de résistance initiale J ₁ , J ₂ und J ₃ .	

Méthodes d'essai pour la mesure de la résistance initiale

0,10 - 1,20 N/mm ²	Aiguille de pénétration	Mesure de la force requise pour faire pénétrer une aiguille de 3 mm d'épaisseur jusqu'à 15 mm à l'intérieur du béton projeté.
1 - 8 N/mm ²	Procédé d'enfoncement par explosion	Mesure de la profondeur de pénétration de boulons de vis qui sont projetés dans le béton par une boulonneuse à enfoncer par explosion avec un réglage prédéfini.
3 - 18 N/mm ²	Procédé d'enfoncement par explosion	Mesure de la force d'extraction nécessaire de boulons qui ont été projetés auparavant dans le béton par une boulonneuse à enfoncer par explosion avec un réglage prédéfini.

Béton de drainage

Le béton de drainage est un béton à texture caverneuse, riche en espaces creux, conçu pour des tâches d'assèchement.

Les pores à texture caverneuse résultent de l'utilisation de granulats d'une catégorie étroitement limitée, par ex. 5/8 mm, les granulats individuels étant uniquement cimentés ensemble aux

points de contact par une fine couche de brique ciment.

Utilisation

- Assèchement dans la construction de routes, le génie civil et ouvrages hydrauliques
- Tuyaux-filtres en béton, pierres de filtrage et dalles de filtrage

- Parois anti-bruit et bétons routiers atténuant le bruit
- Comme béton de remblayage pour pavés ou dalles





Fixit 508 Béton sec et Fixit 508 Pump Béton sec à pomper,
Fixit 560 Mortier à maçonner pour pierres naturelles



Fixit 532 Mortier pour ancrages et paravalanches

Assortiment de produits

Groupe	Produit	Description	Silo	Sac
Bétons secs	Fixit 504	Mortier sec C25/30	x	x
	Fixit 504 P	Mortier sec C25/30, à pomper	x	
	Fixit 508	Béton sec C25/30	x	x
	Fixit 508 P	Béton sec C30/37, sorte F	x	
	Fixit 508 P1	Béton sec C30/37, sorte G	x	
	Fixit 508 SCC	Béton sec C30/37, sorte F	x	x
	Fixit 516	Béton sec C25/30	x	x
	Fixit 516 FT	Béton sec C30/37, sorte G	x	x
	Fixit 516 SCC	Béton sec C30/37, sorte F	x	x
Mortier projeté sec	Fixit 523 shot	Mortier sec à projeter rapide		x
	Fixit 524	Mortier sec à projeter C 30/37	x	x
	Fixit 524 A	Mortier sec à projeter C 30/37	x	x
	Fixit 524 S	Mortier sec à projeter C 30/37	x	x
	Fixit 524 AS	Mortier sec à projeter C 30/37	x	x
	Fixit 527 A	Béton sec à projeter C 30/37	x	x
	Fixit 528	Béton sec à projeter C 30/37	x	x
	Fixit 528 A	Béton sec à projeter C 30/37	x	x
	Fixit 528 S	Béton sec à projeter C 30/37	x	x
	Fixit 528 AS	Béton sec à projeter C 30/37	x	x
Mortier d'injection	Fixit 530	Mortier d'injection	x	x
	Fixit 530 R	Mortier d'injection à prise rapide	x	x
	Fixit 531	Mortier pour ancrages standard	x	x
	Fixit 532	Mortier pour ancrages et paravalanches, homologué OFEV	x	
Aménagements extérieurs	Fixit 560	Mortier à maçonner pour pierre naturelle, GDS : moyen		x
	Fixit 564	Mortier de jointolement pour pierre naturelle, faiblement hydrofuge		x
	Fixit 565	Mortier de jointolement pour pierre naturelle, fortement hydrofuge		x
	Fixit 575	Mortier de lit de pose fin, résistant au gel, avec trass		x
	Fixit 581	Mortier de revêtement		x
	Fixit 582	Béton poreux avec trass	x	x
	Fixit 583	Mortier d'assemblage pour pavés et bordures, GDS : haute	x	x
	Fixit 584	Mortier de lit de pose pour pavages	x	x
	Fixit 585	Mortier de jointolement pour pavages, GDS : haute	x	x
	Fixit 585 Quick	Mortier de jointolement pour pavages à prise rapide, GDS : haute	x	x
	Fixit 587	Mortier de pose de regards, GDS : haute	x	
	Fixit 587 Quick	Mortier de pose de regards à prise rapide, GDS : haute	x	

A accéléré exempt d'alcalis
 S silica raffiné
 P à pomper
 SCC auto-compactant
 FT résistant au gel et sels de dé verglaçage

Domaine d'application des bétons secs Fixit

Pour tous les travaux de bétonnage dans les secteurs artisanaux et industriels, alpins et privés, que l'accès au lieu de bétonnage soit aisé ou difficile.

- Fondations
- Murs
- Dalles
- Couche de béton sur des plafonds préfabriqués

- Murs de jardin
- Terrasses
- Murs de soutènement
- Escaliers
- Etayage de fouille
- Halle industrielle
- Piscines
- Travaux de réparation
- Travaux de rénovation
- Transformations
- Radiers / dallages
- Sols d'étables
- Fosses à purin
- Béton projeté
- Pieux forés
- Poutre d'ancrage
- Chevilles d'ancrage
- Nervures-supports
- Ponts
- Éléments préfabriqués

Voici un aperçu des avantages du système de silo Fixit

- Disponibilité immédiate (sans délai de mise en route et de production)
- Pas de quantités résiduelles
- Réglage variable de la consistance
- Déroulement flexible du chantier
- Faible besoin de place (2,4 m x 2,4 m seulement)
- Chez Fixit, vous ne payez pas l'eau, mais uniquement le béton.

Les produits en béton Fixit sont livrables en sacs, en Big bag ou en vrac pour silo (voir le tableau page 70).



Bureaux de vente régionaux

Région Ouest

1880 Bex VD
Tél. 024 463 05 48
Fax 024 463 05 46
ventes@fixit.ch

Région Centre

5113 Holderbank AG
Tél. 062 887 53 63
Fax 062 887 53 53
info@fixit.ch

Région Est

7204 Untervaz GR
Tél. 081 300 06 66
Fax 081 300 06 60
info.untervaz@fixit.ch

FIXIT.CH

03/2019 (e)

