

MÉMENTO



Guide pour l'emploi des adjuvants en 43 fiches pratiques

Composition ■ Propriétés ■ Dosage ■ Emploi



EDITIONS

LE MONITEUR

editionsdumoniteur.com

Sommaire

Avant-propos	7	
Sigles et abréviations.....	9	
Introduction	11	
PARTIE 1	Réglementation sur les adjuvants du béton et applications actuelles	13
CHAPITRE 1	Définition et contexte normatif	15
CHAPITRE 2	Adjuvants couramment utilisés	23
CHAPITRE 3	Adjuvants d'emploi peu courant.....	43
PARTIE 2	Bonnes pratiques pour la fabrication et la mise en œuvre des bétons adjuvantés	49
CHAPITRE 4	Adjuvants et formulation du béton.....	51
CHAPITRE 5	Adjuvants et mise en œuvre du béton	61
PARTIE 3	Influence des adjuvants sur la qualité des bétons.....	71
CHAPITRE 6	Influence des adjuvants sur les propriétés du béton à l'état frais	73
CHAPITRE 7	Influence des adjuvants sur la prise et le durcissement du béton	79
CHAPITRE 8	Influence des adjuvants sur les propriétés du béton à l'état durci.....	85
CHAPITRE 9	Prévention des principales pathologies du béton	97

PARTIE 4	Adjuvants et environnement	109
CHAPITRE 10	Les adjuvants face à l'évolution des composants de base du béton	111
CHAPITRE 11	Impact des adjuvants sur l'environnement	123
	Index	129
	Table des matières.....	131

Plastifiants réducteurs d'eau

Les plastifiants réducteurs d'eau sont, à ce jour, les adjuvants les plus répandus. Ils sont largement utilisés dans la production de tous types de bétons, en centrale comme en usine de préfabrication.

En permettant de réduire le rapport Eau/Ciment, ils offrent la possibilité d'optimiser le coût des formules et d'obtenir des bétons plus compacts qui présentent une meilleure résistance et une plus grande durabilité. À teneur en eau constante, ils permettent d'obtenir des bétons plus plastiques, qui faciliteront la mise en œuvre.

Fonction	<p>Modification de l'ouvrabilité des bétons frais À teneur en eau constante, l'ajout d'un plastifiant permet d'augmenter la plasticité du béton. L'affaissement mesuré au cône d'Abrams est donc supérieur à celui d'un béton non adjuvanté.</p> <p>et/ou</p> <p>Réduction de la teneur en eau À plasticité équivalente à celle d'un béton non adjuvanté, l'utilisation d'un plastifiant permet une réduction de la teneur en eau supérieure à 5 %.</p>
Principaux cas d'emploi	<p>Domaines d'application standards :</p> <ul style="list-style-type: none"> – bétons prêts à l'emploi de consistance très plastique (S3) à fluide (S4), présentant un niveau de résistance moyen (C25/30) ; – bétons de préfabrication légère (blocs, pavés, dalles). <p>Applications sur prescription :</p> <ul style="list-style-type: none"> – bétons d'ouvrages d'art, de voirie, de génie civil, bétons routiers ; – bétons agricoles.

Plastifiants réducteurs d'eau

Bénéfices apportés	<p>À l'état frais, fonction de plastifiant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – amélioration de l'ouvrabilité ; – meilleure pompabilité ; – mise en œuvre facilitée. <p>À l'état frais, fonction de réducteur d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> – diminution du ressuage ; – diminution de la ségrégation ; – réduction du retrait hydraulique. <p>À l'état durci, fonction de réducteur d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> – meilleure compacité du béton (durabilité et performances mécaniques supérieures) ; – amélioration de la cohésion ciment/granulats ; – amélioration de la liaison béton/armatures ; – diminution de la porosité.
Effets secondaires, précautions d'utilisation	Un surdosage peut entraîner des retards de prise importants.
Dosage	0,15 % à 1,2 % du poids de ciment
Méthode d'introduction usuelle	Mélangés à l'eau de gâchage
Performances minimales attendues par rapport à un béton témoin non adjuvanté (suivant la norme NF EN 934-2)	<p>Réduction d'eau $\geq 5 \%$</p> <p>Résistance à la compression à 7 jours $\geq 110 \%$</p> <p>Résistance à la compression à 28 jours $\geq 110 \%$</p>

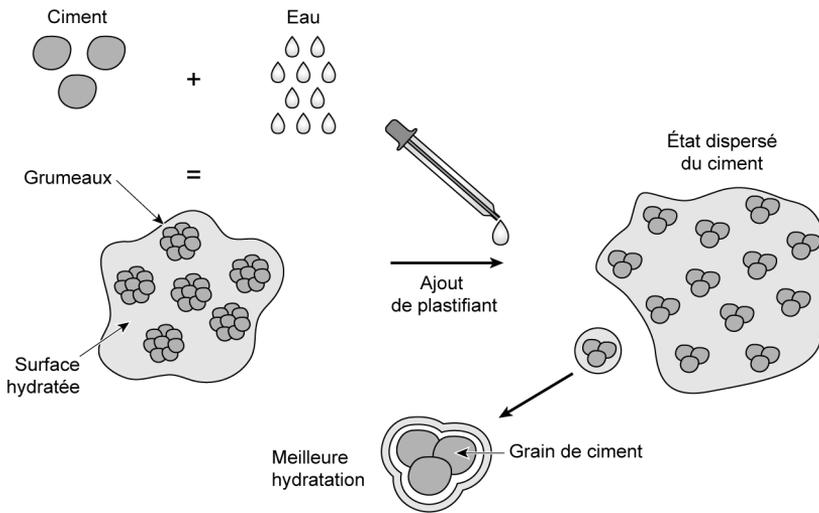
Familles chimiques

Gluconates, lignosulfonates	<p>Première génération de plastifiants.</p> <p>Principal inconvénient : un dosage supérieur à 0,5 % du poids de ciment entraîne des retards de prise très importants.</p>
Mélatamine sulfonates, polynaphtalène sulfonates	<p>Plastifiants de deuxième génération.</p> <p>Peuvent être dosés jusqu'à 1 % du poids de ciment.</p> <p>Principal inconvénient : le maintien de l'ouvrabilité est limité dans le temps.</p>
Plastifiants de nouvelle génération contenant des polycarboxylates (PCP)	<p>Ces plastifiants de nouvelle génération sont plus polyvalents que leurs prédécesseurs. Ils sont particulièrement intéressants pour la production de bétons très plastiques (S3).</p> <p>Ils permettent d'obtenir des bétons fluides (S4 - C25/30) sans avoir recours à un superplastifiant.</p> <p>Ils peuvent être dosés jusqu'à 1 % du poids de ciment sans générer de retard de prise.</p>

Plastifiants réducteurs d'eau**Mode d'action**

Les plastifiants de 1^{re} et 2^e générations agissent sur les grains de ciment en créant entre eux une répulsion électrostatique. Les plastifiants contenant des PCP agissent eux en repoussant les grains de ciment par encombrement stérique.

L'action de ces produits permet d'assurer une bonne dispersion du ciment dans la pâte et d'éviter la formation de grumeaux, qui emprisonnent une partie de l'eau efficace et réduisent très sensiblement la surface hydratée. Dispersés et hydratés de manière optimale grâce aux plastifiants, les grains de ciment sont mieux utilisés. En résulte une augmentation du rendement cimentaire.

**Mode d'action des plastifiants réducteurs d'eau**

FICHE
2.02

Adjuvants couramment utilisés

Superplastifiants hauts réducteurs d'eau

La famille des superplastifiants hauts réducteurs d'eau est, à ce jour, celle qui offre le plus de possibilités pour produire des bétons très fluides, très résistants, ou combinant ces deux propriétés.

Les superplastifiants sont donc préconisés pour obtenir des performances mécaniques élevées et une bonne durabilité dans des environnements agressifs. Ils sont incontournables pour le coulage en place et sans vibration de formes complexes, présentant après décoffrage une excellente qualité de parement.

<p>Fonction principale</p>	<p>Modification de l'ouvrabilité des bétons frais À teneur en eau constante, l'ajout d'un superplastifiant permet de fluidifier le béton de manière très sensible pour accroître son ouvrabilité.</p> <p>et/ou</p> <p>Forte réduction de la teneur en eau À plasticité équivalente à celle d'un béton non adjuvante, l'utilisation d'un superplastifiant permet une réduction de la teneur en eau supérieure à 12 %.</p>
<p>Principaux cas d'emploi</p>	<p>Domaine d'application standard : – bétons autoplaçants verticaux et horizontaux présentant un niveau de résistance moyen (C25/30).</p> <p>Applications sur prescription : – bétons prêts à l'emploi de consistance très plastique à fluide (S3, S4), présentant un niveau de résistance supérieur à C25/30 ; – bétons hautes performances (BHP), bétons à très hautes performances (BTHP), bétons à ultra-hautes performances (BUHP) ; – bétons pour fondations profondes, pour ouvrages fortement ferrailés ; – bétons soumis à des milieux agressifs ; – bétons architectoniques ; – bétons de dallages industriels ; – bétons précontraints ; – bétons lourds et légers ; – mobilier urbain.</p>

Superplastifiants hauts réducteurs d'eau

<p>Bénéfices apportés</p>	<p>À l'état frais, fonction de superplastifiant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – fluidification du béton ; – maintien de l'ouvrabilité (jusqu'à 3 h à 20 °C) ; – meilleure pompabilité ; – mise en œuvre facilitée. <p>À l'état frais, fonction de haut réducteur d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> – diminution du ressuage ; – diminution de la ségrégation ; – réduction du retrait hydraulique. <p>À l'état durci, fonction de haut réducteur d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> – meilleure compacité du béton (durabilité et performances mécaniques supérieures) ; – amélioration de la liaison béton/armatures ; – diminution du retrait ; – diminution de la porosité capillaire de la pâte de ciment ; – diminution du coefficient de perméabilité.
<p>Effets secondaires, précautions d'utilisation</p>	<p>Un surdosage peut entraîner des retards de prise importants ou des phénomènes de ségrégation irréversibles.</p>
<p>Dosage</p>	<p>0,6 % à 2,5 % du poids de ciment</p>
<p>Méthode d'introduction usuelle</p>	<p>Mélangés à l'eau de gâchage ou introduits en différé dans le malaxeur (cette dernière méthode étant préférable pour les superplastifiants à base de polycarboxylates).</p>
<p>Performances minimales attendues par rapport à un béton témoin non adjuvanté (suivant la norme NF EN 934-2)</p>	<p>Superplastifiant (à rapport Eau/Ciment égal) :</p> <ul style="list-style-type: none"> – affaissement : écart ≥ 120 mm ; – étalement : écart ≥ 160 mm ; – maintien de la consistance : après 30 min = valeur initiale du témoin ; – résistance à la compression à 28 jours ≥ 90 %. <p>Haut réducteur d'eau (à consistance égale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> – réduction d'eau ≥ 12 % ; – résistance à la compression à 1 jour ≥ 140 % ; – résistance à la compression à 28 jours ≥ 115 %.

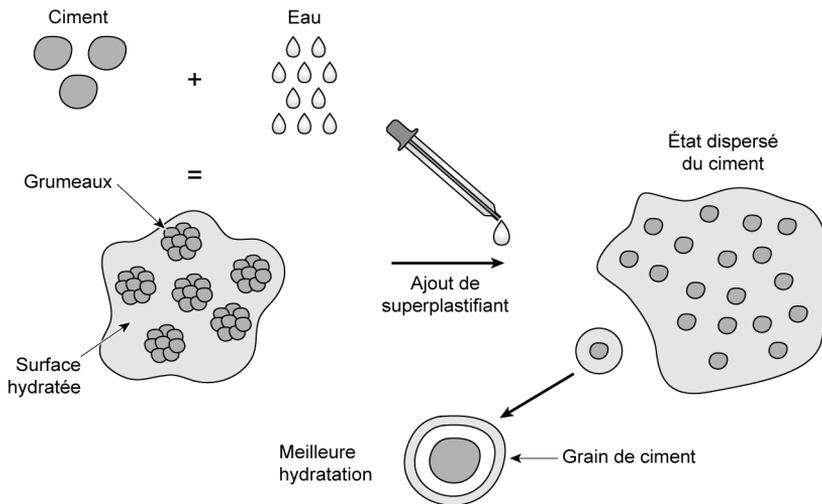
Superplastifiants hauts réducteurs d'eau

Familles chimiques

<p>Mélatamine sulfonates, polynaphtalène sulfonates</p>	<p>Superplastifiants de première génération, ne pouvant être dosés au-delà de 1,4 % du poids de ciment. Principal inconvénient : le maintien de l'ouvrabilité est limité dans le temps.</p>
<p>Polycarboxylates (PCP)</p>	<p>Dernière génération de superplastifiants, issue des progrès dans la chimie de synthèse. L'obtention de polymères réguliers et reproductibles permet de rechercher des effets ciblés en matière de réduction d'eau, d'augmentation de la résistance et de la durabilité. Ces superplastifiants sont à l'origine des bétons autoplaçants et des BHP. Ils offrent également un très bon maintien de maniabilité (jusqu'à 2 heures).</p>

Mode d'action

Les superplastifiants agissent sur le même principe que les plastifiants, mais de manière plus efficace, notamment pour les nouvelles générations (PCP). La structure en peigne des nouveaux polymères de synthèse contribue à un meilleur espacement des grains de ciment et offre une meilleure reproductibilité des phénomènes de fluidification et d'hydratation de la pâte cimentaire.



Mode d'action des superplastifiants hauts réducteurs d'eau

Temps d'ouvrabilité

<p>Objectif</p>	<p>Un béton correctement formulé et adjuvanté doit garantir un délai suffisant à une bonne mise en place avant que le processus de prise ne démarre.</p> <p>L'objectif assigné aux adjuvants est d'obtenir, pour chaque chantier ou application, le meilleur compromis entre le temps d'ouvrabilité et le délai nécessaire à l'obtention des résistances mécaniques à court terme souhaitées, sachant que l'allongement du premier est en général incompatible avec le raccourcissement du second.</p>
<p>Paramètres à prendre en compte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Temps de transport du béton frais - Distances de pompage - Temps de coulage - Température - Délai avant décoffrage
<p>Problèmes générés par une ouvrabilité inadéquate</p>	<p>Un temps d'ouvrabilité insuffisant entraîne un mauvais remplissage des coffrages et un mauvais enrobage des armatures, qui ont des conséquences sur l'aspect du béton, sa stabilité et sa durabilité.</p>
<p>Rôle des adjuvants</p>	<p>Allongement du temps d'ouvrabilité Un dosage adéquat des plastifiants réducteurs d'eau et superplastifiants hauts réducteurs d'eau permet d'obtenir à la fois la consistance et le temps d'ouvrabilité désirés. L'utilisation des retardateurs de prise permet de retarder le début de la prise et d'allonger ainsi le temps d'ouvrabilité, notamment en cas de températures élevées.</p> <p>Accélération de temps de prise et de durcissement L'utilisation des accélérateurs de prise et de durcissement permet d'accélérer les phénomènes de prise et de durcissement et d'éviter ainsi un allongement trop important du délai nécessaire à l'obtention des résistances à court terme souhaitées, notamment par temps froid.</p>



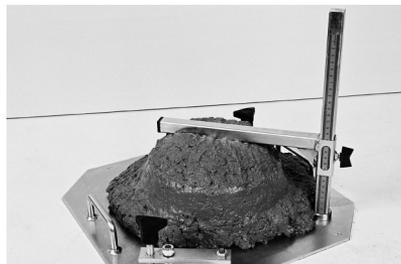
Temps d'ouvrabilité du béton frais

FICHE
6.02

Influence des adjuvants sur les propriétés du béton à l'état frais

Consistance

<p>Objectif</p>	<p>La consistance est un élément déterminant et obligatoire dans toute commande de béton. La norme NF EN 206-1 définit plusieurs classes de consistance pour les bétons de structure, en fonction de leur affaissement au cône d'Abrams (classes S0 à S4) ou de leur étalement (BAP > S5).</p> <p>Les adjuvants jouent ici un rôle capital en permettant l'obtention de bétons fluides à autoplaçants tout en garantissant l'homogénéité du mélange.</p>
<p>Paramètres à prendre en compte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mode de mise en œuvre - Délai avant démoulage - Stabilité du mélange
<p>Problèmes générés par une consistance inadéquate</p>	<p>Un béton trop ou pas assez fluide par rapport aux besoins du chantier peut impacter la durabilité de l'ouvrage en générant des problèmes importants à la mise en œuvre (mauvais remplissage des coffrages, bullage, mauvais dimensionnement) ainsi que lors du démoulage.</p>
<p>Rôle des adjuvants</p>	<p>Obtention de la consistance désirée L'optimisation du dosage des plastifiants réducteurs d'eau et superplastifiants hauts réducteurs d'eau permet d'ajuster de manière précise la consistance du béton et de formuler des bétons fluides à autoplaçants.</p> <p>Maintien dans le temps de la consistance des bétons fluides Les plastifiants réducteurs d'eau et superplastifiants hauts réducteurs d'eau contribuent au maintien dans le temps de la consistance des bétons fluides en augmentant la viscosité de la pâte cimentaire.</p>



Consistance S4

Homogénéité

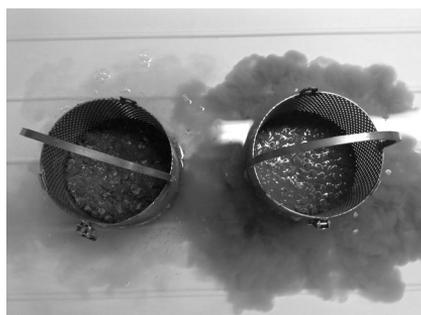
Objectif	<p>Un béton correctement formulé et adjuvanté est un mélange homogène de composants pulvérulents, solides et liquides présentant chacun des densités différentes.</p> <p>L'objectif assigné aux adjuvants est d'obtenir une pâte cimentaire suffisamment consistante pour maintenir les granulats en suspension, et un béton suffisamment fluide pour être facilement mise en œuvre, ces deux propriétés étant <i>a priori</i> contradictoires.</p>
Paramètres à prendre en compte	<ul style="list-style-type: none"> – Nature du liant – Nature et taille des sables et granulats – Quantité d'air inclus – Fluidité requise – Mode de mise en œuvre
Problèmes générés par une homogénéité inadéquate	<p>L'homogénéité est un prérequis pour des bétons durables. Si elle est insuffisante, l'apparition de pathologies est quasiment certaine : phénomènes de ressuage ou de ségrégation, défauts de remplissage, qui peuvent avoir des conséquences graves sur la résistance mécanique des structures.</p>
Rôle des adjuvants	<p>Maintien de l'homogénéité du mélange L'utilisation des plastifiants réducteurs d'eau et superplastifiants hauts réducteurs d'eau autorise une réduction importante de la teneur en eau, l'eau en excès étant la principale origine du manque d'homogénéité du béton.</p> <p>Les adjuvants modificateurs de viscosité permettent de garantir l'homogénéité du mélange lorsque l'exigence de fluidité tend vers les limites du béton (bétons autoplaçants).</p> <p>Répartition de l'air inclus Lorsqu'une augmentation de l'air inclus est nécessaire (résistance aux cycles gel/dégel), les entraîneurs d'air garantissent un calibrage régulier et une répartition homogène des bulles d'air à l'intérieur du béton.</p>

FICHE
6.04

Influence des adjuvants sur les propriétés du béton à l'état frais

Cohésion

<p>Objectif</p>	<p>Certains cas particuliers nécessitent d'avoir des bétons qui, en plus d'être homogènes, soient particulièrement cohésifs. Il s'agit, par exemple, des bétonnages près des zones de marnage, dans les marais ou dans les environnements marins, ainsi que des bétonnages réalisés sous l'eau.</p> <p>L'objectif assigné aux adjuvants est ici de contribuer à prévenir le délavement du béton sans nuire de manière trop sensible à sa maniabilité.</p>
<p>Paramètres à prendre en compte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Quantité de liant - Conditions de coulage
<p>Problèmes générés par une recherche de cohésion importante</p>	<p>Les bétons très cohésifs sont moins faciles à mettre en œuvre. Ils peuvent générer des phénomènes de bullage lorsqu'ils sont coulés verticalement et sont donc plutôt utilisés pour des coulages à l'horizontale.</p>
<p>Rôle des adjuvants et additifs</p>	<p>Très forte réduction de la teneur en eau L'utilisation des superplastifiants hauts réducteurs d'eau autorise une réduction très importante de la teneur en eau et permet d'apporter ainsi une plus grande cohésion au béton.</p> <p>Augmentation des propriétés cohésives L'ajout de modificateurs de viscosité, de rétenteurs d'eau et de fibres synthétiques dans le béton permet également de renforcer leur cohésion.</p>



30 secondes après immersion dans l'eau : à gauche, béton contenant un produit antidélavement et à droite, béton ordinaire

Table des matières

	Sommaire	5
	Avant-propos	7
	Sigles et abréviations.....	9
	Introduction	11
PARTIE 1	Réglementation sur les adjuvants du béton et applications actuelles	13
CHAPITRE 1	Définition et contexte normatif	15
	Fiche 1.01 Qu'est-ce qu'un adjuvant ?	17
	Fiche 1.02 Contexte normatif	20
CHAPITRE 2	Adjuvants couramment utilisés	23
	Fiche 2.01 Plastifiants réducteurs d'eau.....	25
	Fiche 2.02 Superplastifiants hauts réducteurs d'eau.....	28
	Fiche 2.03 Accélérateurs de prise	31
	Fiche 2.04 Accélérateurs de durcissement.....	34
	Fiche 2.05 Retardateurs de prise	36
	Fiche 2.06 Hydrofuges de masse	38
	Fiche 2.07 Entraîneurs d'air.....	40
CHAPITRE 3	Adjuvants d'emploi peu courant.....	43
	Fiche 3.01 Adjuvants combinant une fonction principale et une fonction secondaire.....	45
	Fiche 3.02 Adjuvants réservés à des cas très spécifiques	47

PARTIE 2	Bonnes pratiques pour la fabrication et la mise en œuvre des bétons adjuvés	49
CHAPITRE 4	Adjuvants et formulation du béton	51
	Fiche 4.01 Intégrer les adjuvants dans la formulation	53
	Fiche 4.02 Associer plusieurs adjuvants dans une même formule	55
	Fiche 4.03 Introduire des additifs solides dans une formule	57
	Fiche 4.04 Essais de convenance : une étape indispensable	59
CHAPITRE 5	Adjuvants et mise en œuvre du béton	61
	Fiche 5.01 Transport du béton	63
	Fiche 5.02 Mise en place et vibration	65
	Fiche 5.03 Coffrage et démoulage	67
	Fiche 5.04 Cure des bétons	69
PARTIE 3	Influence des adjuvants sur la qualité des bétons	71
CHAPITRE 6	Influence des adjuvants sur les propriétés du béton à l'état frais	73
	Fiche 6.01 Temps d'ouvrabilité	75
	Fiche 6.02 Consistance	76
	Fiche 6.03 Homogénéité	77
	Fiche 6.04 Cohésion	78
CHAPITRE 7	Influence des adjuvants sur la prise et le durcissement du béton	79
	Fiche 7.01 Prise du béton	81
	Fiche 7.02 Durcissement du béton	82
	Fiche 7.03 Prise et durcissement : deux phénomènes intimement liés	83

CHAPITRE 8	Influence des adjuvants sur les propriétés du béton à l'état durci	85
Fiche 8.01	Résistance mécanique	87
Fiche 8.02	Porosité	89
Fiche 8.03	Perméabilité	91
Fiche 8.04	Résistance aux conditions environnementales	92
Fiche 8.05	État de surface	94
CHAPITRE 9	Prévention des principales pathologies du béton	97
Fiche 9.01	Efflorescences	99
Fiche 9.02	Ressuage	101
Fiche 9.03	Ségrégation	103
Fiche 9.04	Fissuration	105
Fiche 9.05	Carbonatation	107
PARTIE 4	Adjuvants et environnement	109
CHAPITRE 10	Les adjuvants face à l'évolution des composants de base du béton	111
Fiche 10.01	Ciment et additions	113
Fiche 10.02	Granulats	116
Fiche 10.03	Granulats de béton recyclé	118
Fiche 10.04	Eau de gâchage	119
Fiche 10.05	Contribution des adjuvants au concept d'économie circulaire	121
CHAPITRE 11	Impact des adjuvants sur l'environnement	123
Fiche 11.01	Le béton adjuvanté au contact de l'eau potable	125
Fiche 11.02	Le béton adjuvanté et la qualité de l'air intérieur	127
	Index	129

MÉMENTO

Guide pour l'emploi des adjuvants en 43 fiches pratiques

Le **syndicat national des adjuvants pour bétons et mortiers (Synad)** participe au développement permanent d'échanges entre tous les acteurs du secteur de la construction : fabricants, utilisateurs, prescripteurs, instances européennes, etc. Il intervient dans la définition des standards nationaux et des méthodes de test des adjuvants.

Plus de 95 % des bétons utilisés aujourd'hui dans la construction sont adjuvantés. De nombreux adjuvants de haute technicité sont utilisés pour maîtriser les caractéristiques finales du béton (résistance mécanique, résistance aux chocs, à l'abrasion, etc.) et satisfaire aux contraintes de mise en œuvre.

Ce guide regroupe l'ensemble des connaissances qui permettent d'appréhender la manière de formuler, fabriquer et sélectionner un adjuvant adapté aux besoins de façon à mettre en œuvre des bétons de qualité.

Rédigé sous forme de fiches pratiques, cet ouvrage traite successivement :

- des différents types d'adjuvants disponibles : fabrication, utilisation, principales utilisations et bénéfices attendus, etc. ;
- des bonnes pratiques, de la formulation à la mise en œuvre : optimisation du dosage, tests en conditions réelles pour la validation des formules, combinaison des adjuvants, etc. ;
- de l'influence des adjuvants sur les propriétés et pathologies du béton ;
- de l'impact des adjuvants sur l'environnement : contribution à un principe d'économie circulaire, émissions de composés organiques volatils (COV) des produits finis en béton, etc.

Cet ouvrage didactique s'adresse aussi bien aux fabricants de béton et ingénieurs de bureaux d'études qu'aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, contrôleurs techniques soucieux de maîtriser les paramètres à prendre en compte dans les cahiers des charges et d'adopter les bonnes pratiques pour éviter les problèmes de qualité.



AU SOMMAIRE

Réglementation sur les adjuvants du béton et applications actuelles : Définition et contexte normatif ■ Adjuvants couramment utilisés ■ Adjuvants d'emploi peu courant ■ **Bonnes pratiques pour la fabrication et la mise en œuvre des bétons adjuvantés :** Adjuvants et formulation du béton ■ Adjuvants et mise en œuvre du béton ■ **Influence des adjuvants sur la qualité des bétons :** Influence sur les propriétés du béton à l'état frais ■ Influence sur la prise et le durcissement du béton ■ Influence sur les propriétés du béton à l'état durci ■ Prévention des principales pathologies du béton ■ **Adjuvants et environnement**