

V. Les adjuvants

V.1 Introduction

Aujourd'hui, les adjuvants sont devenus le **quatrième** composant du béton, qui est constitué de trois composants : granulats, ciment et eau. Grâce aux adjuvants qui lui sont ajoutés, le béton peut devenir plus **maniable**, **imperméable** et se prêter d'autant mieux aux besoins de la construction.

L'ajout d'adjuvants dans le béton daterait de l'époque romaine. On ajoutait alors du jaune d'œuf ou du sang au béton de chaux. Dès le développement du béton au XIXe siècle différents essais d'ajout d'adjuvants ont été réalisés. Jusqu'à des essais d'ajout de sucre comme retardateur de prise !

La commercialisation de ces ajouts a commencé plus tard vers 1910 ÷ 1920; il s'agissait surtout d'hydrofuges et d'accélérateurs. Les plastifiants furent commercialisés vers 1935, les entraîneurs d'air après la guerre en Europe. Récemment, sont apparus les antigels et les produits de cure. Depuis 1960, les adjuvants se sont diversifiés et multipliés; leur qualité et sa constance ne cessent de s'améliorer.

V.2 Définition

Les **adjuvants pour matériaux cimentaires** sont des produits, sous forme de Liquides ou en poudre, ajoutés aux matériaux cimentaires tel que les **coulis**, les **mortiers** et les **bétons** de ciment pour modifier leurs caractéristiques soit à l'état **frais** ou à l'état **durci**. Les adjuvants sont incorporés lors du **gâchage** dans des proportions définies selon chaque produit, ils sont le plus souvent inférieurs à **(5 %)** en masse de ciment.



V.3 Rôle des adjuvants :

Les adjuvants sont toujours incorporés dans la masse et leur emploi, qui nécessite des dosages précis, ne peut être envisagé que sur des chantiers disposant de moyens suffisants pour assurer un contrôle rigoureux.

Il ne faut pas les considérer comme des palliatifs destinés à remédier à une mauvaise exécution, mais comme agents susceptibles d'améliorer les qualités d'un bon béton.

V.3.1 Leur action est :

- ☛ Soit physique, en agissant sur la tension superficielle des composants.
- ☛ Soit chimique, en modifiant la vitesse de prise des liants.

- Soit mécanique, en modifiant la consistance du mélange.

V.3.2 Leurs différents buts :

- Améliorer la maniabilité ou la consistance.
- Réduire la teneur en eau.
- Améliorer la durabilité.
- Accélérer la prise et le durcissement.
- Améliorer l'imperméabilité.
- Améliorer la résistance à l'abrasion.
- Réduire le retrait de la pâte.
- Produire une expansion.
- Réduire le ressuage.
- Améliorer l'adhésivité d'un nouveau béton sur un ancien.
- Diminuer la chaleur d'hydratation.
- Améliorer la résistance aux attaques chimiques.
- Produire une teinte ou une couleur.

V.4 Emploi d'adjuvants

Il conviendra d'employer un adjuvant (plastifiant ou fluidifiant) lorsqu'on cherchera à atteindre une résistance assez élevée tout en conservant une plasticité suffisante.

Il conviendra alors de suivre scrupuleusement les indications données par le fabricant de l'adjuvant car il peut se faire qu'une certaine dose fournissant des résultats favorables, une dose plus forte entraîne une diminution de la qualité du béton.

V.5 Classification

- | |
|--|
| <p>Entraîneurs d'air</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plastifiants (plasticisers) – reducteurs d'eau • Superplastifiants –(superplastifiants high range water reducers) • Retardateurs • Accélérateurs • Inhibition de corrosion (des armatures) • Retuction de retrait |
|--|

Les adjuvants sont classés en fonction de leurs effets ainsi on distingue :

1. adjuvants modifiant la prise et le durcissement : accélérateurs et retardateurs,
2. plastifiants qui accroissent l'ouvrabilité du béton frais.
3. adjuvants modifiant la résistance aux actions aux physiques et chimiques : antigels et antigelifs, hydrofuges et produits de cure,
4. entraîneurs d'air.
5. adjuvants pour coulis d'injection,



Application de béton fluide

V.5.1 Plastifiants

Comme son nom l'indique, le plastifiant peut être soit des poudres ou farines très fines qui a pour rôle essentiel d'améliorer la plasticité du béton et par conséquent de faciliter sa mise en place. Certains plastifiants permettent de réduire la quantité d'eau de gâchage ce qui entraîne une amélioration des performances du béton.

Les superplastifiants qui sont des polymères de synthèse, ont une action plus importante que les plastifiants traditionnels pour moins de produit. Certains sont spécifiquement conçus pour *les bétons auto-nivelant* (BAN) ou *auto-plaçant* (BAP).

On distingue les différents : poudres et farines très fines qui ont essentiellement une action mécanique et complétant la granulométrie du béton en rendant le mélange plus onctueux.

On peut citer par exemple : la chaux grasse, la bentonite, le kieselguhr (sable siliceux), les pouzzolanes très fines ; employés à raison de 2 à 3 % du poids du ciment.

L'inconvénient de ces farines est qu'elles exigent pour leur propre mouillage un supplément notable d'eau de gâchage, ce qui risque d'accroître le retrait.

Mentionnons en outre les superplastifiants permettent de produire des bétons très fluides (de 150 à 220 mm d'affaissement) sans qu'on ait affaire à des problèmes majeurs de ressuage, de ségrégation ou de perte de résistance. Ils peuvent aussi être utilisés pour la fabrication de bétons de haute résistance, ces bétons ont un affaissement normal mais leur teneur en eau est sensiblement réduite.

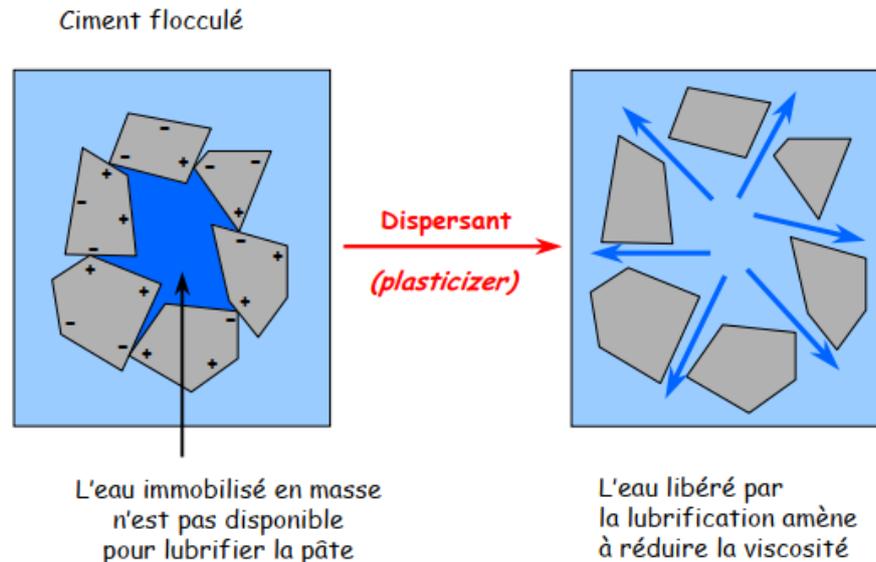
V.5.2 Fluidifiants :

Poudres ou farines qui ont une action physico-chimique et abaissent en particulier la tension superficielle entre l'eau et les corps solides.

Ils facilitent donc le mouillage des grains de sable et de ciment et diminuent leur tendance à s'agglutiner les uns aux autres. La mobilité accrue des grains facilite la mise en place du béton et le dosage en eau peut être réduit de 10 à 12 %.

Les fluidifiants sont souvent à base de ligurien (extraite du bois) ; les dosages d'emploi varient de 0,5 à 1% du poids du ciment.

Certains fluidifiants un effet retardateur de prise, il est alors nécessaire de veiller particulièrement à la dose prescrite et à la somme répartition du produit dans la masse.



V.5.3 Réducteurs d'eau :

Les adjuvants réducteurs d'eau sont des produits qu'on emploie soit pour obtenir :

- Une résistance donnée avec un dosage en ciment plus faible,
- Soit pour augmenter l'affaissement du béton sans avoir augmenté sa teneur en eau.

La diminution possible de la teneur en eau est généralement de 5 à 10 %. Plusieurs produits de ce type retardent quelque peu la prise du béton. Les réducteurs d'eau entraînent aussi une faible quantité d'air dans le béton et ils peuvent améliorer considérablement d'efficacité des agents entraîneurs d'air lorsqu'ils sont utilisés en même temps que ceux-ci. Ils peuvent, de plus, réduire les risques de ressuage et de ségrégation.

V.5.4 Retardateurs de prise du béton

Ce sont des produits qui permettent d'allonger la période de temps durant laquelle le béton reste plastique et maniable. Ils ralentissent la prise en *retardant l'hydratation du ciment*.

Ils sont utiles par temps chaud pour éviter que le béton ne durcisse trop vite ou lors du transport de béton sur de longues distances. Lorsque les conditions de mise en place sont difficiles ou longues, ils permettent d'effectuer celle-ci ou de faire une reprise plus facilement.

En peut citer les phosphates, les sulfates (en particulier le gypse ajouté au ciment au stade de sa fabrication) et les sucres connue retardateur.

Les principaux usages des retardateurs sont les suivants :

- ✓ Pour des bétons mis en place par pompage, ou transportés sur des longues distances ou dans une circulation encombrée.

- ✓ Pour des ouvrages où l'on désire éviter l'affaiblissement que représentent les reprises de bétonnage.
- ✓ Pour le bétonnage par temps chaud ou en grande masse, afin d'étaler dans le temps le dégagement de la chaleur d'hydratation.
- ✓ En surface de certains panneaux préfabriqués, pour permettre le délavage de la couche superficielle de ciment et laisser apparaître les agrégats, dans un but décoratif.
- ✓ L'emploi des retardateurs est particulièrement délicat, car leur dosage doit être très précis et très homogène ; un excès localisé de produit peut en effet arrêter la prise et en provoquer des accidents graves. De plus leur emploi permet une diminution la teneur en eau du mélange, ce qui réduit les possibilités de ressuage et de ségrégation. La résistance à très court terme est généralement réduite (24 h), mais à long terme, on enregistre des résistances mécaniques supérieures.

Retardateurs

- Compense les effets de haute température
- Quand il y a besoin de prolonger la période avant la prise, ex grande structures; pompage

ATTENTION:

Un retardateur très efficace pour le béton est le sucre

Les sels de métaux lourds (ex. Pb, Zn, Sn) ont aussi une action de retardatrice prolongé et difficile à contrôler

Retardateurs pratique

- poly acides organique ou ses sels:
 - Acide gluconate
 - gluconate de soude
 - Acide tartrique
 - Tartrate de soude
- Formation de produits bloquants sur la surfaces des grains.

- En fort dosage possibilité de désactiver le béton pendant 2-3 mois
- Réactivation sur chantier.
- Lancement des produits, béton prêt à l'emploi

V.5.5 Accélérateurs de prise du béton

Ils agissent en *accélérant l'hydratation du béton*. Les adjuvants accélérateurs de prise peuvent être employés avantageusement dans plusieurs cas, par exemple, vouloir réduire la durée de mûrissement d'un béton soit pour permettre l'enlèvement des coffrages plus tôt, soit pour accélérer la mise en service de la structure.

Le chlorure de calcium est l'adjuvant de ce type le plus couramment utilisé, habituellement dans des concentrations de 0,5 à 2 % de la masse du ciment.

Ils sont de deux sortes : accélérateurs de prise ou accélérateur de durcissement. A noter que leur utilisation peut entraîner une moindre résistance mécanique du béton.

Utilisation des accélérateurs

Modification des propriétés du béton, particulièrement en temps froid

- Pour avancer les opérations de finition et si nécessaire l'application d'insulation
- Réduire le temps pendant lequel il faut « cure » et protéger
- Augmenter la vitesse de durcissement, pour le décoffrage et la mise en service

Accélérateurs pour le ciment

- Le plus connu est le chlorure de calcium, CaCl_2 mais celui-ci promouvoit la corrosion des armatures
- Accélérateurs sans chlore: formate de calcium, nitrate de calcium, etc

V.5.6 Hydrofuges de masse

Ils permettent d'imperméabiliser le béton en arrêtant l'absorption capillaire. Ils sont plutôt à utiliser dans les enduits de revêtement plutôt que dans la totalité du béton.

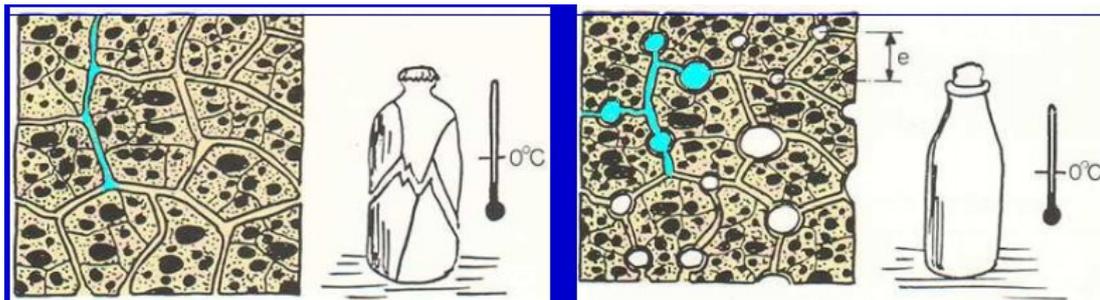
Ils sont de deux sortes : l'hydrofuge de masse qui est incorporé au mélange lors du malaxage du béton ou l'hydrofuge de surface qui est appliqué sur le béton durci. Dans ce dernier cas, l'hydrofuge n'est plus vraiment un adjuvant.

Certains hydrofuges peuvent provoquer une baisse sensible de la résistance du béton, ou une augmentation de retrait.

V.5.7 Entraîneurs d'air

Ce sont des produits tensioactifs, ils facilitent la formation de microscopiques bulles d'air dans la masse du béton frais. Ces bulles tout le diamètre $< 100 \mu\text{m}$, jouent le rôle de billes très fines et rendent ainsi le béton plus maniable, ce qui permet de réduire la quantité d'eau de gâchage en même temps qu'elles s'intercalent dans les réseaux capillaires en créant des tensions qui augmentent la cohésion du béton frais, diminuant ainsi le risque de ségrégation au cours de transport et une meilleure cohésion du béton (coffrage en pente, décoffrage rapide).

Ils lui permettent de mieux résister au gel et surtout aux cycles gel/dégel. Les entraîneurs d'air sont en général à base de résines ou d'huiles et se présentent sous forme de poudre ou de solutions à mélanger à l'eau de gâchage. Le dosage à employer est faible et se situe entre 0,1 et 0,5% du poids du ciment.



V.5.8 Antigels et antigelifs

Ce sont des adjuvants complexes qui font fonction à la fois de plastifiants, des entraîneurs d'air et des accélérateurs de durcissement (ou de prise). Ils permettent donc de bétonner dans les meilleures conditions possibles en période d'hiver.

Grâce aux plastifiants, il devient possible de réduire l'eau de gâchage tout en améliorant les conditions de mise en place. L'air entraîné permet à l'eau incluse dans le béton de geler éventuellement sans faire éclater le matériau. L'accélérateur permet à une vitesse normale, malgré la baisse de température.

Il faut observer les mêmes précautions que pour les adjuvants de base, vérifier par ailleurs les risques de corrosion.

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

V.5.9 Produits de cure

Ce ne sont pas à proprement parlé des adjuvants puisqu'ils sont pulvérisés sur le béton une fois que celui-ci est coulé. Ils empêchent ou compensent une perte d'humidité trop rapide et contrôlent la température du béton. Un séchage trop rapide entraîne une moindre résistance mécanique du béton et des phénomènes de retrait ou des fissures.

V.5.10 Adjuvants pour coulis d'injection :

On sait que les ouvrages de bétons armés utilisant le système de câbles situés dans les gaines souples et étanches, celles-ci sont injectées d'un coulis de ciments. L'injection est effectuée après la tension des câbles dès que le ciment peut supporter sans risques les contraintes appliquées. L'injection est une bonne opération nécessaire mais délicate qui a pour but d'enrober les câbles, de les lier au béton et de les protéger contre la corrosion.

Le coulis doit entièrement remplir les vides et doit être fluide et stable et ayant un temps de prise correcte (> 190 min). Un certain nombre d'adjuvants peuvent être ajoutés au coulis afin d'en améliorer les qualités :

- ☛ retardateurs de prise (si la durée prévue d'injection est longue),
- ☛ entraîneur d'air (léger gonflement et protection du gel),
- ☛ expansif (afin de remplir complètement la gaine).

V.5.11 Autres adjuvants

En utilise quelque fois des **colorants** dans le béton ou le mortier pour leur donner une teinte particulière, à cette fin, on emploie habituellement des **pigments minéraux** en fine poudre (oxydes et autres sels de cuivre, fer, cobalt, ...etc.).

Les **agents d'expansifs** permettent une augmentation du volume de la pâte de ciment, avec des dosages élevés, on produit des bétons ou des mortiers alvéolaires, dans lesquels on retrouve une forte proportion de vides, avec des dosages assez faibles, l'expansion peut compenser le retrait dû aux séchages.

Les agents **adhésifs** permettent d'améliorer considérablement l'adhésivité d'un nouveau béton à un ancien.

Les produits, à base de latex ou de résines polymères, sont particulièrement utiles lorsqu'on effectue des travaux de **réparation**.

Les adjuvants **imperméabilisants** produisent des bétons étanches, moins perméables, qui pourront être utilisés pour des ouvrages hydrauliques.

On ajoute parfois de la poudre d'acier dans les bétons qui serviront à la fabrication de plancher de bâtiment industriels. En effet, cet adjuvant améliore sensiblement la résistance du béton à l'abrasion et aux chocs.

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

V.6 Dosage en adjuvants par rapport au poids du ciment

ADJUVANTS	DOSAGE EN %
Plastifiants	0,15 à 1,2
Superplastifiants	0,6 à 2,5
Accélérateurs de prise	1 à 3
Accélérateurs de durcissement	0,8 à 2
Retardateurs de prise	0,2 à 0,8
Hydrofuges	0,5 à 2
Entraîneurs d'air	0,05 à 3
Rétenteurs d'eau	0,1 à 2

V.7 Contrôle et stockage des adjuvants :

La réception d'un produit à utiliser comme adjuvant doit comporter un contrôle au laboratoire relatif à sa nature chimique, à son comportement vis-à-vis du liant, des granulats, etc.

Le technicien devra exiger que les adjuvants soient accompagnés d'un certificat d'origine indiquant la date de fabrication et la date limite d'emploi au cas où le produit n'a pas une stabilité durable. Pour ces raisons multiples, une étiquette parfaitement lisible est exigé quel que soit le mode d'emballage. La plupart des adjuvants se présentent en fûts hermétiques stockable sur le chantier à pied d'œuvre.

La présentation en sachet dose ou en sac de poudre plus ou moins hygroscopiques peut nécessiter l'entrepôt à l'abri des intempéries. Il faut dans tous les cas suivre les instructions des fabricants qui en général, sont en mesure d'assister le technicien-utilisateur dans la mise en œuvre du produit.

V.8 Marques en Algérie

Marques : SIKA, NEOQUIM, KERAKOLL, BASF Adjuvants.



V.9 Conclusion

Il doit être bien entendu que cette méthode n'est qu'approximative et a pour seul but de trouver une solution approchée qui sera précisée en fonction des nécessités du chantier, ce qui ne veut pas dire que l'on se bornera à ajouter de béton en s'inspirant des principes exposés dans la présente notice le but recherché : "qualité-sécurité" sera atteint.

V.10 Normes, dosage et efficacité des adjuvants :

Les [adjuvants](#) font l'objet de la [norme](#) NF EN 934, partie 2 : Adjuvants pour béton, mortier et coulis. Définition – exigences – conformité – marquage et étiquetage.