

## Les ciments sont obtenus par cobroyage ou mélange d'un ou plusieurs constituants, chacun avec sa/ses propriété(s).

Ces constituants présentent une ou plusieurs des propriétés suivantes :

- des propriétés hydrauliques : ils forment par réaction avec l'eau des composés hydratés stables très peu solubles dans l'eau ;
- des propriétés pouzzolaniques : ils ont la faculté de former à température ordinaire, en présence d'eau, par combinaison avec la **chaux**, des composés hydratés stables ;
- des propriétés physiques qui améliorent certaines qualités du **ciment** (accroissement de la maniabilité et de la **compacité**, diminution du ressuage...).

On distingue les **constituants principaux** (matériau minéral spécialement choisi représentant une proportion supérieure à 5% en masse de la somme de tous les constituants principaux et secondaires) et les **constituants secondaires** (matériau minéral spécialement choisi représentant une proportion inférieure ou égale à 5% en masse de la somme de tous les constituants principaux et secondaires).

### Constituants principaux

#### Clinker Portland (K)

Le clinker Portland est obtenu par cuisson d'un mélange de calcaire et d'argile déterminé avec précision et contenant des proportions visées de **chaux** (CaO), de silice (SiO<sub>2</sub>), d'aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) et d'oxyde de fer (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Le clinker entre dans la composition de tous les ciments courants.

Le clinker se présente sous forme de granules composés de quatre phases minérales anhydres :

- silicate tricalcique (3CaO, SiO<sub>2</sub>) : 50 à 70%
- silicate bicalcique (2CaO, SiO<sub>2</sub>) : 10 à 30%
- aluminat tricalcique (3CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : 5 à 15%
- aluminoferrite tétracalcique (4CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : 5 à 10%

dont la dénomination simplifiée propre à l'industrie cimentière est respectivement C<sub>3</sub>S/C<sub>2</sub>S/C<sub>3</sub>A/C<sub>4</sub>AF, avec CaO = C / SiO<sub>2</sub> = S / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = A / Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = F.

Le C<sub>3</sub>A est le plus rapide à hydrater, mais donne peu de résistance. Le C<sub>2</sub>S (la béélite) agit lentement et donne des résistances à long terme. Le C<sub>3</sub>S (l'alite) contribue aux résistances à tous les âges.

#### Laitier granulé de haut fourneau (S)

Le laitier granulé de haut fourneau est obtenu par refroidissement rapide de la scorie fondue provenant de la fusion du minerai de fer dans un haut fourneau. C'est donc un **co-produit** de la fabrication de la **fonte**. Il doit présenter des propriétés hydrauliques latentes (c'est-à-dire qui se manifestent lorsqu'il a subi une activation convenable) pour convenir à son emploi comme **constituant du ciment**. Il est composé principalement d'oxydes de calcium (CaO), d'oxyde de magnésium (MgO) et de dioxyde de silicium (SiO<sub>2</sub>).

#### Pouzzolanes naturelles (P) ou naturelles calcinées (Q)

Les pouzzolanes naturelles sont en général d'origine volcanique. Elles sont essentiellement composées de silice, d'alumine et d'oxyde de fer présentant, soit naturellement (lorsqu'elles sont d'origine volcanique), soit après activation thermique, des propriétés pouzzolaniques.

Les pouzzolanes n'ont pas de propriétés hydrauliques intrinsèques mais, en présence de la chaux libérée par le clinker au cours de son hydratation, elles forment elles aussi des hydrates stables, semblables à ceux qui sont formés à la suite de l'hydratation du clinker.

#### Cendres volantes siliceuses (V) ou calciques (W)

Les cendres volantes sont des particules pulvérulentes obtenues par dépoussiérage électrostatique ou mécanique des gaz de chaudières alimentées au charbon pulvérisé. Elles peuvent être de nature siliceuse (V - propriétés pouzzolaniques) ou calcique (W - propriétés hydrauliques et/ou pouzzolaniques).

#### Schistes calcinés (T)

Les schistes acquièrent des propriétés hydrauliques et pouzzalaniques lorsqu'ils sont activés thermiquement. Ils ont des propriétés hydrauliques et pouzzolaniques.

#### Calcaires (L, LL)

Les calcaires sont des produits obtenus par broyage fin de roches naturelles présentant une teneur en carbonate de calcium - CaCO<sub>3</sub> - supérieure à 75 % en masse.

Les calcaires L et LL ont une teneur en carbone organique (TOC) respectivement de 0,5 % et 0,2 % en masse.

#### Fumée de silice (D)

La fumée de silice est une particule très fine (environ 1µm) qui présente une très forte teneur en silice amorphe. Elles proviennent de la réduction de quartz de grande pureté par du charbon dans des fours à arc électrique utilisés pour la production de silicium et d'alliages de ferrosilicium. Ce sont des particules environ 100 fois plus petites que les grains de **ciment**.

### Constituants secondaires

Les constituants secondaires sont des matériaux minéraux naturels ou des matériaux dérivés du processus de fabrication du **clinker** ou des constituants décrits dans les paragraphes ci-dessus (sauf s'ils sont déjà inclus en tant que constituants principaux du ciment). Ils ne peuvent excéder 5 % du poids total du ciment. Ils améliorent les propriétés physiques des ciments.

### Additifs

Les additifs sont des constituants qui ne figurent pas dans ceux énumérés ci-dessus et qui sont ajoutés pour améliorer la fabrication ou les propriétés du ciment. La quantité totale des additifs doit être inférieure ou égale à 1 % en masse de ciment. La proportion des additifs organiques, sous forme d'extrait sec, doit être inférieure ou égale à 0,2% en masse de ciment. L'additif le plus courant est l'agent de mouture qui permet d'augmenter le débit des broyeurs.

#### Sulfate de calcium

Le sulfate de calcium est ajouté aux autres constituants du ciment au cours de sa fabrication pour réguler la **prise** (de 3 à 5% du poids du ciment). C'est en général du **gypse** (sulfate de calcium hydraté CaSO<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub>O), de l'anhydrite (sulfate de calcium anhydre CaSO<sub>4</sub>) ou de l'hémihydrate (CaSO<sub>4</sub>, ½ H<sub>2</sub>O).

Auteur

Patrick Guiraud



Retrouvez toutes nos publications  
sur les ciments et bétons sur  
[infociments.fr](http://infociments.fr)

Consultez les derniers projets publiés  
Accédez à toutes nos archives  
Abonnez-vous et gérez vos préférences  
Soumettez votre projet