

### Propriétés du béton à l'état frais

#### 1. Béton frais

Possède une propriété bien particulière : son ouvrabilité. Cette caractéristique constitue un atout majeur du matériau en terme de mise en œuvre.

L'ouvrabilité est, en effet, la capacité du béton à pouvoir être mis en œuvre facilement (remplissage des coffrages et enrobage des armatures) : elle caractérise, avant que le matériau ne durcisse, la fluidité du béton.



**Figure1** : Essai d'affaissement

#### 2. Mesure de l'ouvrabilité du béton

Une des grandeurs définissant l'ouvrabilité est la consistance. Elle peut être mesurée facilement par un essai d'affaissement en utilisant le cône d'Abrams, du nom de son inventeur ou "Slump test".

En mesurant la hauteur d'affaissement après le démoulage du cône, on obtient une indication sur l'ouvrabilité du béton, plus la hauteur d'affaissement est importante, plus le béton est fluide.

La norme EN 206 retient plusieurs types d'appareils pour la mesure de la consistance du béton frais:

- Cône d'Abrams
- Essai d'étalement à la table à secousses
- Maniabilimètre LCPC

#### 3. Ségrégation du béton

La ségrégation se définit comme étant la séparation des constituants d'un mélange hétérogène (perte d'homogénéité) produisant ainsi une distribution non uniforme de ces constituants dans un volume donné.

Dans le cas du béton, on distingue habituellement 2 causes de ségrégation soit:

- une mauvaise formulation du béton;

- une mauvaise technique de mise en place du béton.

Au-delà de la mise en œuvre, la ségrégation compromet l'esthétique des ouvrages, leur homogénéité mécanique et leur durabilité.

En particulier, des accumulations localisées de gravillons conduisent à des différences de déformabilité (par exemple, de retrait), les zones les plus riches en granulat étant les moins déformables; il s'ensuit souvent des fissures.

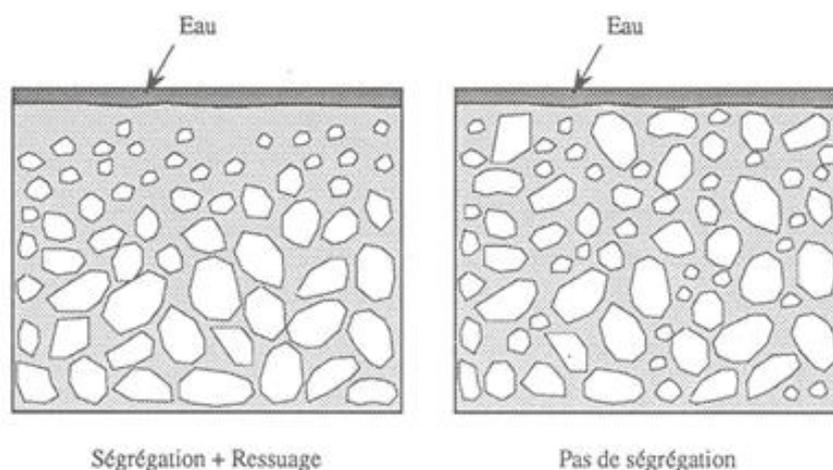


**Figure 2 :** ségrégation du béton

#### 4. Ressuage du béton

Le ressuage est un type spécial de ségrégation où les particules solides ont un mouvement général inverse à celui du liquide.

En fait, pendant la période dormante du béton, les particules solides qui sont plus denses que l'eau sédimentent. L'eau est ainsi chassée vers le haut dans le cas de coffrages imperméables.



**Figure 3:** représentation schématique de la ségrégation et ressuage

## Suite Chap 1 Béton : MDCII-3GC

---

Au niveau visuel, le ressuage s'observe par une mince pellicule d'eau à la surface du béton. Selon les conditions météorologiques, on assiste à une compétition entre le débit d'eau ressuée et le débit d'eau évaporée.

Si l'eau évaporée est plus faible, le phénomène de ressuage est visible. La quantité d'eau ressuée sera de toute façon égale à la quantité d'eau stagnante ajoutée à celle déjà évaporée.

Globalement, la vitesse de ressuage diminue avec :

- ✓ l'augmentation du temps de malaxage ;
- ✓ l'augmentation de la vitesse de rotation des pales du malaxeur ;
- ✓ la diminution du temps d'introduction de l'eau de gâchage.

En ce qui concerne les paramètres intrinsèques au matériau, l'amplitude et la vitesse de ressuage augmentent si :

- le dosage en eau est augmenté ;
- le dosage en ciment est diminué l'on choisit un ciment à surface spécifique moindre

### 5. Retrait plastique

Lors du développement de l'hydratation, des changements volumétriques apparaissent. Le plus important est celui de la réduction de volume du système «eau+ciment»; alors que la pâte à l'état plastique, subit une contraction volumétrique de l'ordre de 8 à 10% du volume absolu du ciment sec.

$$V_{\text{hydrates}} = 0.9 (V_{\text{ciment anhydre}} + V_{\text{eau}})$$

Cette contraction est connue sous le nom de retrait plastique parce que le béton est encore à l'état plastique.

Si la quantité d'eau perdue par unité de surface excède largement la quantité d'eau apportée à la surface par le ressuage, des fissures de surface peuvent apparaître.

On dira alors que le béton présente une fissuration de retrait plastique.

### 6. Influence de la composition

En ajustant la composition des bétons (principalement par l'emploi d'adjuvants), il est possible de modifier la consistance du béton ainsi que la durée pendant laquelle le béton reste "ouvrable".

La formulation d'un béton doit aboutir à un béton qui possède la plus grande ouvrabilité, le plus faible frottement interne avec la quantité d'eau minimum. Cette aptitude du béton à la déformation est aussi traduite par les termes consistance et maniabilité.

### 7. Fabrication et mise en œuvre

Comme tout matériau le béton doit fabriqué et mis en œuvre selon des règles de l'art précises afin d'offrir pour des qualités optimales.

#### 7.1. Préparation

Le béton est un mélange à froid de matériaux naturels : ciment, granulats (sables ou gravillons), eau et éventuellement des adjuvants. Ce mélange durcit au bout de quelques heures.

L'étude de formulation ayant défini les proportions des différents constituants du béton pour atteindre le niveau de performance recherché, ces constituants sont dosés de manière pondérale (de préférence) ou volumétrique, puis malaxés généralement pendant 1 à 3 minutes en fonction du type de matériel et de la nature du béton. On distingue deux techniques de fabrication du béton :

##### 7.1.1 Fabrication en centrale

Le béton est généralement fabriqué dans des centrales de Béton Prêt à l'Emploi (BPE), dans des centrales de chantiers installées sur le site, ou dans des usines de préfabrication. Ces centrales utilisent du ciment livré en « vrac », c'est à dire dans des camions citernes de 25 tonnes. Certaines centrales sont livrées par péniches.

##### 7.1.2 Fabrication en bétonnière

Pour de petits chantiers où les caractéristiques de résistance ne sont pas importantes, le béton peut être fabriqué dans des bétonnières, le ciment étant dans ce cas approvisionné en sacs de 50 kg.

### 8. Transport

Le béton est généralement transporté entre le lieu de fabrication et le chantier par des camions malaxeurs, appelés « toupies ». Les camions malaxeurs peuvent avoir des volumes variant entre 4 et 8 m<sup>3</sup>. Ils sont équipés d'un réservoir tournant sur lui-même (d'où le nom de toupie). Cette rotation est indispensable pendant le transport.

Le temps de transport est limité à 1h30 sauf si des produits retardateurs de prise ont été ajoutés au béton au moment de la fabrication en centrale.

Les rajouts d'eau à l'arrivée sur le chantier sont interdits.

Une fois le camion arrivé sur chantier on utilise différentes techniques, suivant les possibilités d'accès aux coffrages : goulottes, bennes, tapis ou pompes à béton. Le pompage du béton offre une grande productivité, la mise en place de quantités importantes en une seule coulée, et la possibilité d'assurer l'approvisionnement sur des sites d'accès difficiles



**Figure 2 :** Mise en place du béton à la goulotte



**Figure 3 :** pompage du béton

### 9. Mise en œuvre

La mise en œuvre du béton est une opération très importante, dont dépendent en grande partie la réussite d'un ouvrage et sa pérennité dans le temps. Il convient donc d'y apporter un soin particulier et de prendre en compte tous les paramètres techniques et climatiques. De la sortie du malaxeur à l'ouvrage fini, le béton passe par différentes phases : transport, coulage dans un coffrage ou un moule, vibration, maturation, démoulage et cure. Ces différentes phases impliquent le recours à des techniques devant respecter des règles d'exécution, appelées « règles de l'art ».

### 8.1. L'approvisionnement du béton

Il faut : éviter les chocs ou les manœuvres brutales pouvant entraîner la ségrégation du béton, prévoir un temps de transport compatible avec le temps de début de prise du béton et par temps froid, protéger le béton contre le gel.

### 8.2. La mise en place du béton

Les coffrages doivent être : suffisamment rigides et indéformables pour supporter la poussée du béton frais et étanches pour éviter des fuites de laitance. Ils doivent être nettoyés et traités avec un produit démoulant adapté avant chaque utilisation. Les armatures doivent être correctement calées et positionnées. La hauteur de chute du béton doit être limitée pour éviter les risques de ségrégation ; la vitesse de bétonnage aussi constante que possible.



### 8.3. La vibration du béton

Elle est indispensable pour obtenir des bétons présentant de bonnes caractéristiques mécaniques et des parements de qualité.

### 8.4. Le bétonnage par temps chaud ou par temps froid

**Par temps chaud**, pour éviter la dessiccation du béton, il convient de limiter la température du béton frais et de protéger le béton par une cure adéquate. On utilisera de préférence un ciment à faible chaleur d'hydratation.

**Par temps froid**, en dessous d'une température de 5 °C la prise du béton est quasiment arrêtée, et en dessous de 0 °C, le béton risque de geler. Dans ce cas, il est possible de réchauffer l'eau de gâchage ou les granulats ou de chauffer le béton ou de calorifuger les coffrages. On utilisera de préférence un ciment à durcissement rapide.

## 9. Vibration

La vibration est indispensable pour obtenir des bétons présentant de bonnes caractéristiques mécaniques et physiques et une bonne compacité.

### 9.1. Rôle de la vibration

La vibration appliquée au béton frais permet de favoriser l'arrangement des grains constituant le béton (les grains s'imbriquent les uns dans les autres et laissent le moins de vide possible). Sous l'effet de la vibration, le béton est comparable à une sorte de liquide visqueux, ce qui permet une meilleure mise en place dans les coffrages, un parfait enrobage des armatures et de garantir



une compacité optimale. Les effets de la vibration sur le béton frais se traduisent pour le béton durci par des caractéristiques améliorées : porosité réduite, meilleur retrait diminué et enrobage plus efficace des armatures. Seul un béton très compact possède de bonnes caractéristiques de résistance.

### 9.2. Matériels de vibration

Deux catégories principales :

- les vibreurs internes, qui agissent directement sur le béton par pervibration, aussi appelés aiguilles vibrantes, ils sont constitués par un tube métallique dans lequel la rotation d'une masse excentrée provoque la vibration.
- les vibreurs externes, qui agissent sur le béton par l'intermédiaire d'un coffrage ou d'une poutre.

### 9.3. Règles de la vibration

Le temps de vibration nécessaire est lié aux caractéristiques du béton, au volume à vibrer et à la densité de ferrailage. De manière empirique, on peut dire qu'il faut arrêter la vibration quand le béton cesse de se tasser, le dégagement de bulles d'air s'arrête ou la surface se couvre d'une mince couche de laitance.

Le temps de vibration varie en général de trente secondes à deux minutes.

## 10. Cure du béton

Cure du béton est la protection mise en œuvre pour éviter une dessiccation de surface du béton et lui assurer une maturation satisfaisante.



### 10.1. Rôle de la cure

Lors du durcissement du béton, et particulièrement quand les conditions atmosphériques sont défavorables (vent, soleil, hygrométrie faible) il convient d'éviter que l'eau du béton ne s'évapore avant d'avoir hydraté l'ensemble des grains de ciment. Cette cure est particulièrement nécessaire pour les dalles et les chaussées, qui offrent une grande surface favorisant l'évaporation.