

## Chapitre 1 : Les granulats

L'homme à depuis longtemps extraits du sol diverses roches, des minerais (métaux), et des minéraux (pierres précieuses) utiles à son existence, ainsi prélevé-t-il de marbreuses roches, calcaires, sables, gravier, gypse, ... etc ? , comment les exploite-t-il autant que matériaux de construction ?

### 1.1 DEFINITION ET ROLE DES GRANULATS

Les granulats pour bétons – norme de définition XP P 18-540 – sont des grains minéraux classés en fillers, sablons, sables, gravillons, graves ou ballasts, suivant leurs dimensions comprises entre 0 et 125 mm. Selon un concept traditionnel, les granulats constituent le squelette du béton.

Les granulats, qui sont généralement moins déformables que la matrice de ciment, s'opposent à la propagation des microfissures provoquées dans la pâte par le retrait. Ils améliorent ainsi la résistance de la matrice.

La nature des liaisons qui se manifestent à l'interface granulats/pâte de ciment, conditionne les résistances mécaniques du béton. Le choix d'un granulats est donc un facteur important de la composition du béton, qui doit toujours être étudiée en fonction des performances attendues, spécialement sur le plan de la durabilité.

#### **1.1.1 L'origine de granulats :**

Il s'agit de grains ou de fragments obtenus à partir de roches massives que l'on extrait et que l'on concasse (tels le calcaire , le granit , ... etc) ou encore des graviers et des sables ( roches détritiques meubles) la taille de granulats peut varier , en fonction de leur utilisation de 10 mm jusqu'à 80 mm.

### 2. PROCESSUS DE FABRICATION DES GRANULATS:

Leur fabrication nécessite une série d'opérations :

#### • **L'extraction**

L'extraction s'effectue dans les carrières avec des techniques différentes selon qu'il s'agit de gisements de roches massives ou de gisements de roches meubles exploités soit à sec, soit en eau.

L'extraction des roches massives oblige le carrier à pratiquer le tir de mines avec l'emploi d'explosifs pour détacher la roche de son gisement (l'abattage) et la fragmenter au maximum. Le tir de mines répond à des règles précises et ne peut être confié qu'à des professionnels habilités.

L'extraction des roches meubles en milieu sec se pratique directement avec les engins habituels : pelles hydrauliques, chargeurs. En milieu immergé, le carrier utilise généralement des engins flottants : drague à godets, drague suceuse.

#### • **Le Transfert**

Le transfert des matériaux entre la carrière et l'installation de traitement s'effectue soit par transporteurs à bandes (appelés aussi convoyeurs à bandes), soit par des engins roulants communément appelés dumpers ou tombereaux.

#### • **Le Traitement**

Le traitement est réalisé dans des installations automatisées généralement situées sur le site de la carrière.

Les opérations successives de concassage, broyage, criblage et lavage des matériaux extraits de la carrière permettent d'obtenir une gamme de granulats qui répond aux besoins de la clientèle.

##### **1/ Le Concassage**

Le concassage s'effectue dans des concasseurs qui réduisent de façon successive la taille des éclats de roches

Il existe différents types de concasseurs :

- concasseurs à mâchoires,
- concasseurs giratoires,

- concasseurs à percussion,
- concasseurs à projection centrifuge.

### 2/ Le Criblage

Le criblage (ou tamisage) permet de "sélectionner les grains", le crible ne laissant passer dans ses mailles que les éléments inférieurs à la taille voulue. On peut ainsi, par une succession de criblages, trier les grains et obtenir des granulats de différents calibres :

- soit correspondant à une granulométrie précise, par exemple : sable 0/3 mm, gravillon 2/4 mm
- soit pour mélanger différentes granulométries entrant dans une fourchette donnée afin d'obtenir un produit recomposé.

### 3/ Le Lavage

La présence d'argiles ou de poussières mélangées aux matériaux ou enrobant les granulats peut les rendre impropre aux usages auxquels ils sont destinés. Dans ce cas, ils sont lavés.

### 4/ Le Stockage

Une fois traités et classés par granulométrie, les granulats sont acheminés vers les aires de stockage, soit sous forme de stocks au sol ou dans des trémies ou des silos.

- **Le Contrôle De La Qualité**

Tout au long du processus de fabrication, le carrier procède avec son laboratoire à des opérations régulières de contrôle de la qualité portant sur la chaîne de production et sur la conformité du produit fini (granulométrie, forme, dureté, propreté...)

- **La Livraison**

Les granulats sont livrés à une clientèle généralement de proximité (centrales de BPE, usines de produits en béton, centrales de fabrication d'enrobés, chantiers routiers...), l'essentiel du transport se faisant par la route.

## 3. LES CARACTERISTIQUES DES GRANULATS

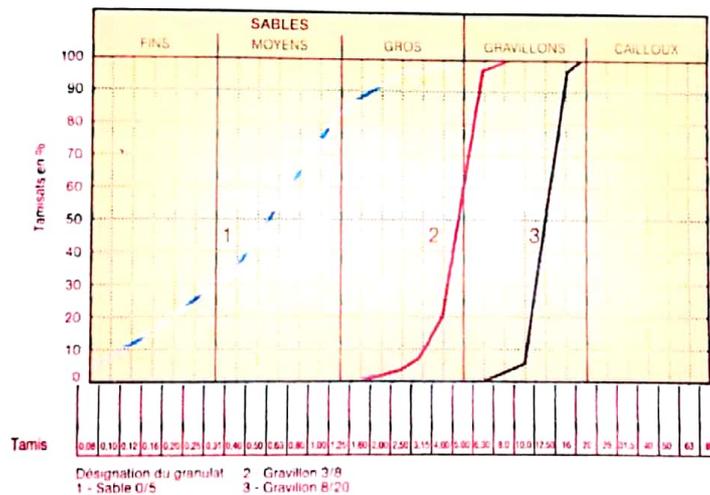
### 3.1 Les caractéristiques géométriques

#### 3.1.1 Granulométrie

La granulométrie permet de déterminer l'échelonnement des dimensions des grains contenus dans un granulat. Elle consiste à tamiser le granulat sur une série de tamis à mailles carrées, de dimensions d'ouverture décroissantes et à peser le refus sur chaque tamis.

Les ouvertures carrées des tamis sont normalisées et s'échelonnent de 0,08 mm à 80 mm.

La courbe granulométrique exprime les pourcentages cumulés, en poids, de grains passant dans les tamis successifs.



### *Classes granulaires*

Un granulat est caractérisé du point de vue granulaire par sa classe d/D, d et D étant respectivement la plus petite et la plus grande dimension des grains.

Lorsque d est inférieur à 2 mm, le granulat est désigné 0/D.

La norme XP P 18-540 indique la terminologie usuelle des granulats selon leurs dimensions :

- **Fillers** 0/D :  $D < 2$  mm
- **Sablons** 0/D :  $D < 1$  mm
- **Sables** 0/D :  $1 < D < 6,3$  mm
- **Gravillons** d/D :  $d > 1$  mm ;  $D < 125$  mm
- **Graves** 0/D :  $D > 6,3$  mm
- **Ballast** d/D :  $d \geq 25$  mm ;  $D \leq 50$  mm

De façon pratique, la composition du béton peut faire appel à une granularité discontinue (par exemple un sable 0/5 et un gravillon 15/25).

Cette formule permet de limiter les stockages d'un trop grand nombre de classes granulaires, en ne nécessitant que deux classes faciles à trouver chez les distributeurs de granulats.

La granulométrie continue (par exemple à partir de trois granulats 0/5, 5/15, 15/25) nécessite des dosages plus précis et des installations qui ne peuvent se concevoir que pour des chantiers importants ou des centrales de fabrication de béton.

### *Module de finesse*

La norme XP P 18-540 définit : le module de finesse d'un sable qui caractérise sa granularité comme le  $1/100^{\text{ème}}$  de la somme des refus, exprimés en pourcentages, sur les différents tamis de la série suivante : 0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5,0 mm. Pour un sable 0/5, il est recommandé d'avoir un module de finesse voisin de 2,5.

### *Coefficient d'aplatissement*

Il caractérise la forme du granulat à partir de sa plus grande dimension et de son épaisseur. La norme NF P 18-561 définit les modalités de sa mesure.

## **3.2 Les caractéristiques physico-chimiques**

### **3.2.1 Masse volumique en vrac, encore appelée masse volumique apparente**

C'est la masse du granulat sec occupant l'unité de volume. Elle dépend du tassement des grains. Elle se mesure conformément à un mode opératoire précis (normes NF P 18 554 et 18 555).

Elle est comprise entre 1 400 kg/m<sup>3</sup> et 1 600 kg/m<sup>3</sup> pour les granulats roulés silico-calcaires.

La masse volumique réelle du granulat (vides entre grains exclus) est nettement plus élevée : de 2 500 à 2 600 kg/m<sup>3</sup> pour les mêmes granulats.

Sur chantier, les granulats contiennent un certain pourcentage d'humidité, d'autant plus important que le granulat est fin.

La conséquence en est, pour les sables, une expansion en volume désignée sous le nom de « foisonnement ». Il peut atteindre 20 à 25 % pour des teneurs en eau de 4 à 5 %, ce qui modifie les dosages lorsqu'on raisonne en volume. Il est donc important de connaître la teneur en eau des granulats ; on peut l'obtenir de façon rapide sur chantier, par séchage et pesée.

### **3.2.2 Porosité**

C'est le rapport du volume des vides contenus dans les grains au volume des grains, exprimé en pourcentage. La porosité des granulats courants est en général très faible. Cependant, la porosité est importante dans le cas des granulats légers.

### **3.2.3 Propreté des granulats**

Les granulats employés doivent être propres, car les impuretés perturbent l'hydratation du ciment et entraînent des défauts d'adhérence entre les granulats et la pâte.

La propreté est caractérisée par la teneur en particules fines ( $< 0,5$  mm) essentiellement argileuses ou d'origine végétale ou organique dont la valeur acceptable P mesurée conformément à la norme P 18-591 en ce qui concerne les granulats  $> 2$  mm doit être  $< 1,5$ .

Dans le cas des sables, le degré de propreté est fourni par l'essai appelé « équivalent de sable piston PS » (norme P 18-597) qui consiste à séparer le sable des particules très fines qui remontent par floculation à la partie supérieure de l'éprouvette où l'on a effectué le lavage. L'essai est fait

uniquement sur la fraction de sable 0/2 mm. La valeur de PS doit selon les cas être supérieure à 60 ou 65.

Il faut souligner l'importance de la propreté des granulats sur la qualité du béton qui influe autant sur sa mise en oeuvre que sur ses performances finales, en abaissant l'adhérence pâte de ciment/granulats. Il faudra donc être particulièrement exigeant sur cette caractéristique, et au respect des spécifications la concernant. D'autres impuretés sont susceptibles de nuire aux qualités du béton. Il s'agit de particules organiques qui peuvent perturber son durcissement, de sels tels que les sulfates ou les sulfures, qui sont à l'origine de phénomènes de gonflement ou de taches. Enfin, les corps étrangers (lignites ou scories) sont à proscrire.

### 3.3 Les caractéristiques mécaniques

#### 3.3.1 Méthodes de mesures

Les caractéristiques mécaniques des granulats ne sont pas déterminées par des essais habituels de traction ou de compression. Par contre, il existe des essais tentant de reproduire certaines sollicitations propres à des usages spécifiques des granulats, par exemple le degré d'usure pour les granulats utilisés pour les bétons routiers.

##### • Essai Micro Deval

C'est un essai dont le principe est de reproduire, dans un cylindre en rotation, des phénomènes d'usure. Les modalités de cet essai font l'objet de la norme NF P 18-572.

##### • Essai Los Angeles

Le principe de cet essai est la détermination de la résistance à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements réciproques. Il fait l'objet de la norme NF P 18-573. Le coefficient Los Angeles calculé à partir du passant au tamis de 1,6 mm, mesuré en fin d'essai, caractérise le granulat.

Pour des granulats susceptibles d'être soumis aux effets du gel, on peut mesurer le coefficient Los Angeles après une série de 25 cycles gel/dégel (- 25 °C, + 25 °C) et le comparer au coefficient de référence. La valeur du coefficient LA est limitée à 30 pour les usages autres que routiers.

#### Spécifications

La norme XP P 18-540 distingue les « granulats pour chaussées y compris les chaussées en béton hydraulique » et les granulats pour « mortiers et bétons hydrauliques »... Les granulats sont classés en 6 catégories allant de A à F, chacune d'elle devant satisfaire les conditions suivantes :

CATEGORIES	L + M <sub>dx</sub>	L	M <sub>dx</sub>
A	≤ 25	≤ 20	≤ 15
B	≤ 35	≤ 25	≤ 20
C	≤ 45	≤ 30	≤ 25
D	≤ 55	≤ 35	≤ 30
E	≤ 80	≤ 45	≤ 45
F	> 80	> 45	> 45

L : Coefficient Los Angeles  
M : Coefficient Micro Deval

Lorsque la **catégorie F** est retenue, les limites supérieures doivent obligatoirement être fixées. On se reportera à la norme de référence pour les spécifications telles que propreté, sensibilité au gel ou teneurs limites en impuretés.

## 4. LES DIFFERENTS TYPES DE GRANULATS

Les granulats utilisés pour le béton sont soit d'origine naturelle, soit artificiels.

### 4.1 Les granulats naturels

#### 4.1.1 Origine minéralogique

Parmi les granulats naturels, les plus utilisés pour le béton proviennent de roches sédimentaires siliceuses ou calcaires, de roches métamorphiques telles que les quartz et quartzites, ou de roches éruptives telles que les basaltes, les granites, les porphyres.

#### 4.1.2 Granulats roulés et granulats de carrières

Indépendamment de leur origine minéralogique, on classe les granulats en deux catégories.

\* Les granulats alluvionnaires, dits roulés, dont la forme a été acquise par l'érosion.

Ces granulats sont lavés pour éliminer les particules argileuses, nuisibles à la résistance du béton et cribléton et criblés pour obtenir différentes classes de dimension. Bien qu'on puisse trouver différentes roches selon la région d'origine, les granulats utilisés pour le béton sont le plus souvent siliceux, calcaires ou silico-calcaires.

\* *Les granulats de carrière* sont obtenus par abattage et concassage, ce qui leur donnent des formes angulaires. Une phase de précriblage est indispensable à l'obtention de granulats propres. Différentes phases de concassage aboutissent à l'obtention des classes granulaires souhaitées. Les granulats concassés présentent des caractéristiques qui dépendent d'un grand nombre de paramètres: origine de la roche, régularité du banc, degré de concassage ... La sélection de ce type de granulats devra donc être faite avec soin et après accord sur un échantillon.

## **4.2 Les granulats artificiels**

### **4.2.1 Sous-produits industriels, concassés ou non**

Les plus employés sont le laitier cristallisé concassé et le laitier granulé de haut fourneau obtenus par refroidissement à l'eau.

La masse volumique apparente est supérieure à  $1\ 250\ \text{kg/m}^3$  pour le laitier cristallisé concassé,  $800\ \text{kg/m}^3$  pour le granulé.

Ces granulats sont utilisés notamment dans les bétons routiers. Les différentes caractéristiques des granulats de laitier et leurs spécifications font l'objet des normes NF P 18-302 et 18-306.

### **4.2.2 Granulats à hautes caractéristiques élaborés industriellement**

Il s'agit de granulats élaborés spécialement pour répondre à certains emplois, notamment granulats très durs pour renforcer la résistance à l'usure de dallages industriels (granulats ferreux, carborundum...) ou granulats réfractaires.

### **4.2.3 Granulats allégés par expansion ou frittage**

Ces granulats, très utilisés dans de nombreux pays comme l'URSS ou les Etats-Unis, n'ont pas eu en France le même développement, bien qu'ils aient des caractéristiques de résistance, d'isolation et de poids très intéressantes.

Les plus usuels sont l'argile ou le schiste expansé (norme NF P 18-309) et le laitier expansé (NF P 18-307). D'une masse volumique variable entre  $400$  et  $800\ \text{kg/m}^3$  selon le type et la granularité, ils permettent de réaliser aussi bien des bétons de structure que des bétons présentant une bonne isolation thermique.

Les grains de poids intéressants puisque les bétons réalisés ont une masse volumique comprise entre  $1200$  et  $2000\ \text{kg/m}^3$ .

### **4.2.4 Les granulats très légers**

Ils sont d'origine aussi bien végétale et organique que minérale (bois, polystyrène expansé). Très légers -  $20$  à  $100\ \text{kg/m}^3$  - ils permettent de réaliser des bétons de masse volumique comprise entre  $300$  et  $600\ \text{kg/m}^3$ .

On voit donc leur intérêt pour les bétons d'isolation, mais également pour la réalisation d'éléments légers: blocs coffrants, blocs de remplissage, dalles, ou rechargements sur planchers peu résistants.