

CHAPITRE 2

Les granulats

Introduction

La fin du XIXe siècle marquera la révolution dans « l'art de construire » avec l'invention **du ciment et du béton**. Dans le même temps la création des réseaux de chemins de fer, infrastructures routières, des ouvrages d'art nécessitait des travaux très importants et des matériaux nouveaux et économiques.

Tous ces travaux utilisent des matières premières sous forme de morceaux de roches, soit **naturels**, sables et graviers soit obtenus **artificiellement** par concassage de roches naturelles : **les granulats**.

Définition

On donnera le nom de granulats à un ensemble de grains inertes destinés à être agglomérés par un liant et à former un agrégat.

Le terme agrégats, utilisé pour désigner les granulats, est donc impropre. En effet, un agrégat est un assemblage hétérogène de substances ou éléments qui adhèrent solidement entre eux (le mortier ou le béton par exemple).

Le terme granulats, au pluriel, désigne un ensemble de grains d'un même type, quel que soit le critère de classification utilisé. Le terme granulat, au singulier, sera utilisé pour désigner un mélange de grains de divers types.

Les granulats utilisés dans les travaux de génie civil doivent répondre à des impératifs de qualité et des caractéristiques propres à chaque usage.

Les granulats constituent le squelette du béton et ils représentent, dans les cas usuels, environ 80 % du poids total du béton.

Les granulats sont nécessaires pour la fabrication des bétons;

Du point de vue économique ils permettent de diminuer la quantité de liant qui est plus cher;

Du point de vue technique ils augmentent la stabilité dimensionnelle (retrait, fluage) et ils sont plus résistants que la pâte de ciment.

Il faut par conséquent, augmenter au maximum la quantité de granulats, en respectant toutefois les deux conditions suivantes:

- Les granulats doivent satisfaire à certaines exigences de qualité;
- La qualité de pâte liante doit être suffisante pour lier tous les grains et remplir les vides.

Classification des granulats

On trie les granulats par dimension au moyen de tamis (mailles carrées) et de passoirs (trous circulaires). On désigne une classe de granulats par deux chiffres. Le premier désigne le diamètre minimum d , des grains et le deuxième le diamètre maximum D .

Un granulat est caractérisé du point de vue granulaire par sa classe d/D . Lorsque d est inférieur à 2 mm, le granulat est désigné $0/D$.

Il existe cinq classes granulaires principales caractérisées par les dimensions extrêmes d et D des granulats rencontrés (Norme NFP18-101):

- Les fines $0/D$ avec $D \leq 0,063$ mm,
- Les sables $0/D$ avec $D \leq 6,3$ mm,
- Les gravillons d/D avec $d \geq 2$ mm et $D \leq 31,5$ mm,

- Les cailloux d/D avec $d \geq 20$ mm et $D \leq 80$ mm,
- Les graves d/D avec $d \geq 6,3$ mm et $D \leq 80$ mm,

Les caractéristiques principales des granulats

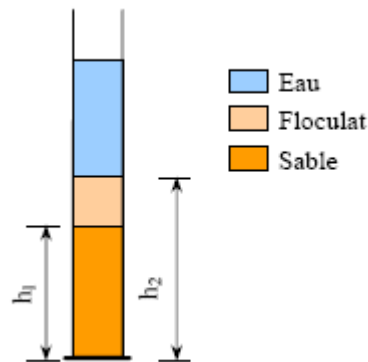
a) Propreté des granulats

Les granulats employés pour le béton doivent être propres, car les impuretés perturbent l'hydratation du ciment et entraînent des adhérences entre les granulats et la pâte.

La propreté désigne:

D'une part, la teneur en fines argileuses ou autres particules adhérentes à la surface des grains, ce qui se vérifie sur le chantier par les traces qu'elles laissent lorsqu'on frotte les granulats entre les mains. D'autre part, les impuretés susceptibles de nuire à la qualité du béton, parmi lesquelles on peut citer les scories, le charbon, les particules de bois, les feuilles mortes, les fragments de racine.

Dans le cas des sables, le degré de propreté est fourni par 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. L'essai dit "équivalent de sable piston" permet de mesurer le degré de propreté du sable.



Détermination de l'équivalent de *sable piston*

$$PS = 100 \frac{h_1}{h_2}$$

Valeurs préconisées pour l'équivalent de sable par Dreux

PS < 60	Sable argileux à ne pas utiliser. Risque de retrait ou de gonflement
60 < PS < 70	Sable légèrement argileux: admissible pour bétons courants avec risque de retrait important
70 < PS < 80	Sable propre: convient bien pour les bétons de haute qualité.
PS > 80	Sable très propre: absence presque totale de fines argileuses.

b) La forme des granulats influence:

La facilité de mise en œuvre et le compactage du béton.

La compacité du mélange, donc le volume des vides à remplir par la pâte de ciment.

Forme des granulats

cubes, sphères	trois dimensions à peu près égales (bonne compacité)
plaquettes	une dimension beaucoup plus petite que les deux autres (mauvaise compacité)
aiguilles	une dimension beaucoup plus grande que les deux autres (très mauvais compacité)

c) L'état de surface des grains influence:

La compacité du mélange.

L'adhérence du granulat à la pâte de ciment.

La forme est d'autant meilleure qu'elle est proche d'une sphère ou d'un cube:

d) Module de finesse d'un granulat

Le module de finesse d'un granulat est égal au 1/100 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 - 10 - 20 - 40 et 80 mm

Le module de finesse est plus particulièrement appliqué aux sables dont il est une caractéristique importante. Un module de finesse est d'autant **plus faible** que le granulat est **riche en éléments fins**.

Selon Dreux un bon sable à béton doit avoir un module de finesse compris entre 2,2 à 2,8.

Exemple:

	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	32
Ta. %	8	18	28	37	47	62	80	100
Re. %	92	82	72	63	53	38	20	0

Module de finesse = $(92 + 82 + 72 + 63 + 53 + 38 + 20 + 0) / 100 = 4,20$

Différents types de granulats

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

- **Les granulats naturels**

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 quartzs et quartzites, ou de roches éruptives telles que les basaltes, les granites, les porphyres.

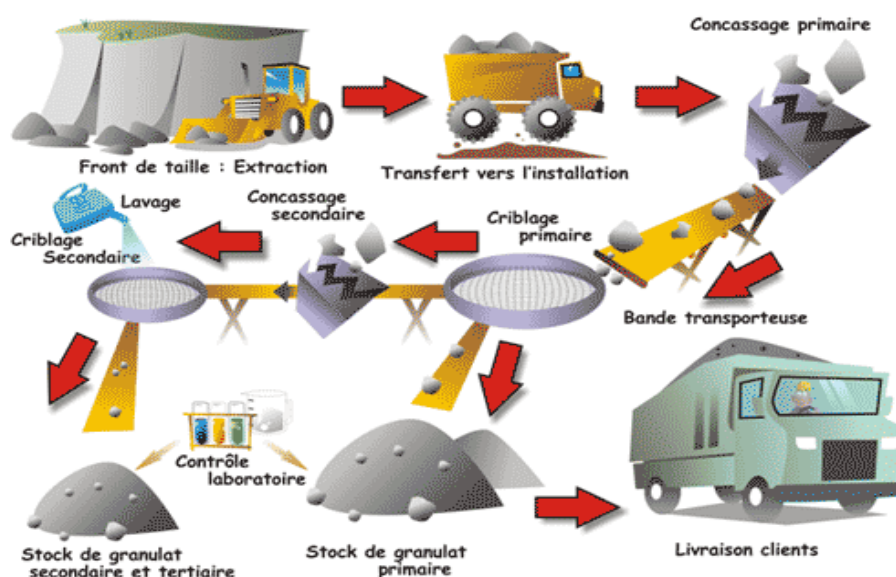
Granulats roulés et granulats de carrières

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 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.



- **Les granulats artificiels**

- **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 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.

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.

Granulats allégés par expansion

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 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 kg/m^3 .

Les granulats très légers

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