

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL



SCIENCE DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

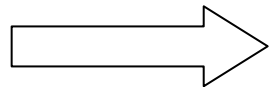
Responsable : Dr. Ghomari fouad

Préparé par Melle Lechgueur

LES GRANULATS.

1- GENERALITES.

Comment peut on les définir?



Les granulats c'est l'ensemble de grains minéraux appelés, fines, sables, gravillons ou cailloux, suivant leur dimension comprise entre **0** et **80mm**.

* Les granulats étant le squelette du béton,
ils améliorent la résistance.



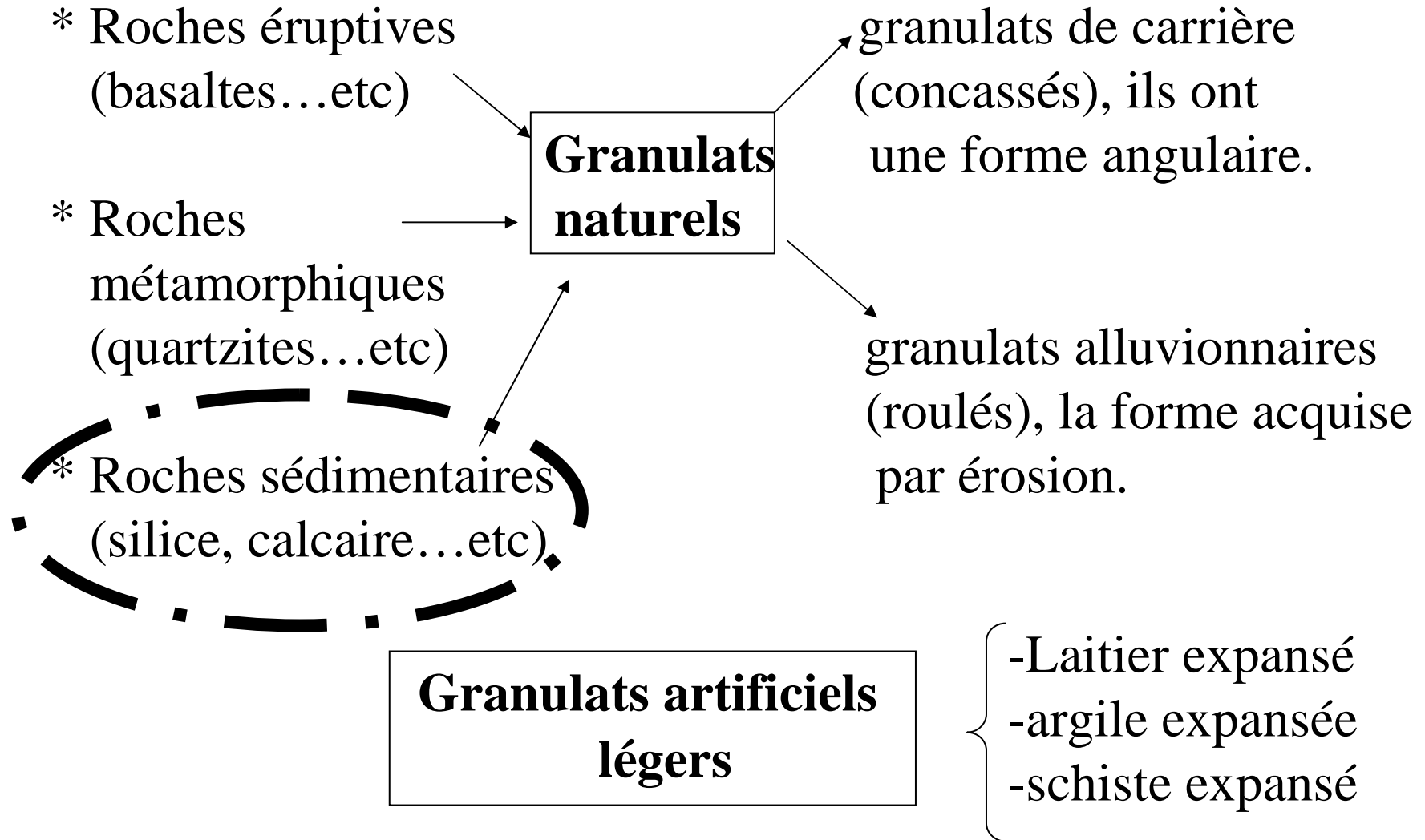
Différents types des granulats

* La nature des liaisons qui se manifestent à l'interface granulats/pâte de ciment, conditionne les résistances du béton, Il faut faire le bon choix des granulats

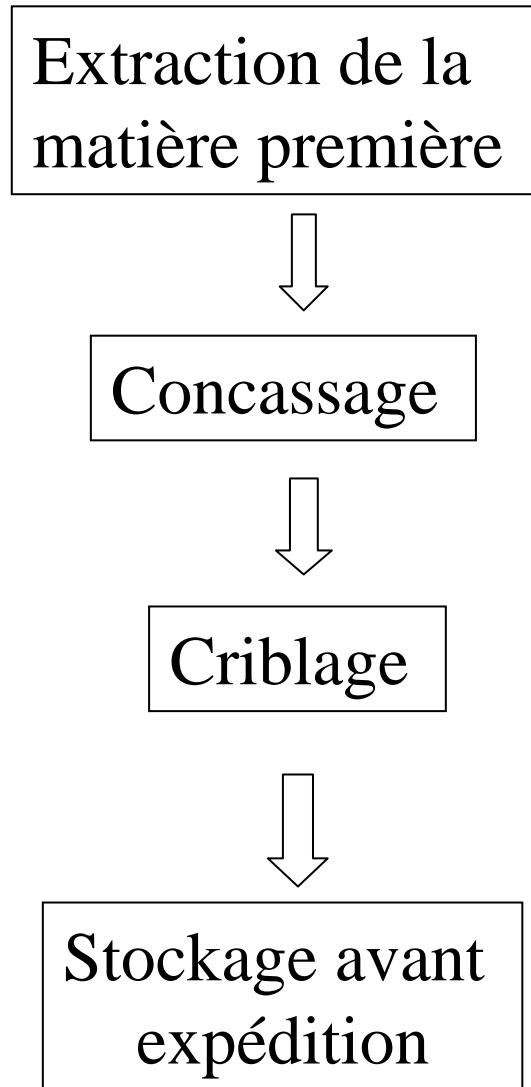
- nature(minéralogique et pétrographique).
- techniques de fabrication.

* Les performances attendues pour un béton seront sur le plan de la “durabilité” et de la “compacité”.

2-TYPES DES GRANULATS.



3-TECHNIQUES DE FABRICATION



3-1 Extraction.

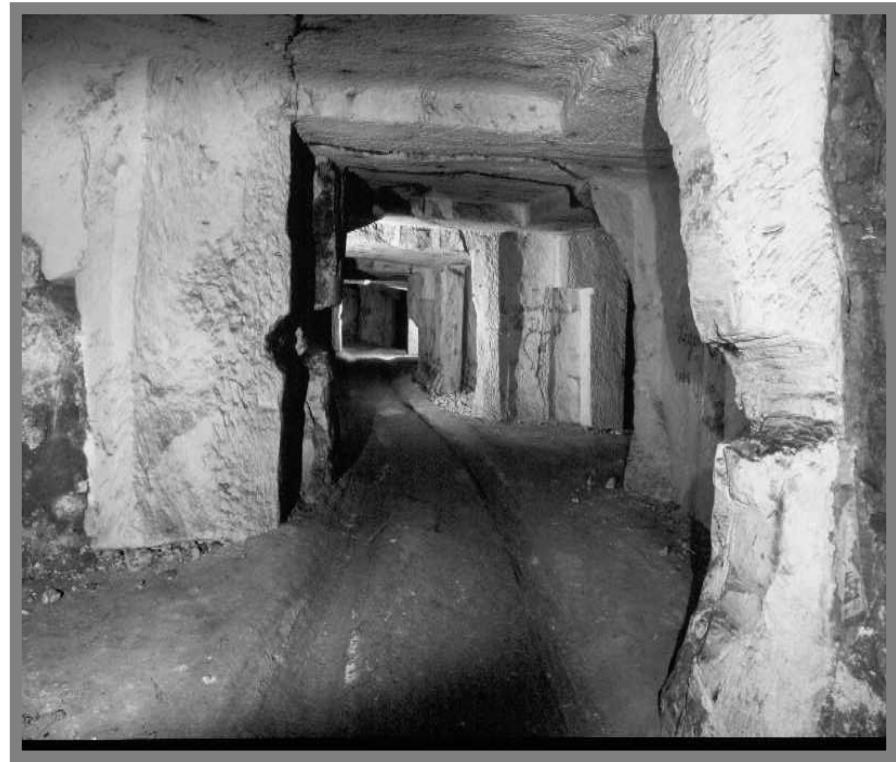
abattage à l'explosif pour les roches dures, et par pelle mécanique pour les roches moins dures (granulats concassés), et par dragage en site aquatique (granulats alluvionnaires).



Extraction à ciel ouvert en carrière (Espagne)



Extraction de granit (Scandinavie)



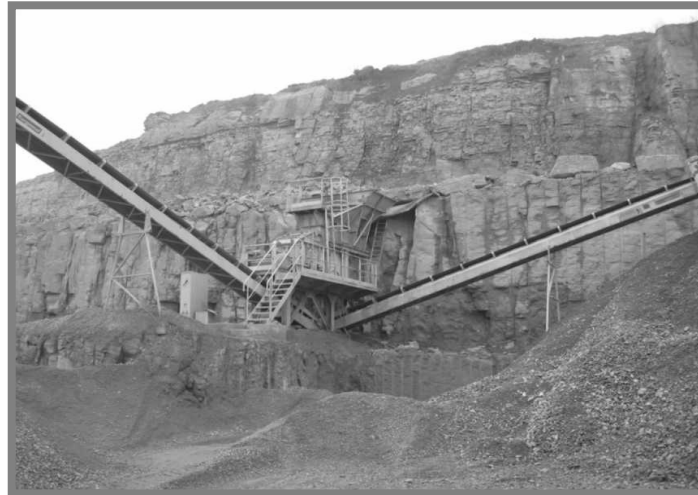
Carrière souterraine (France)

3-2 Concassage.

Opération primordiale (granulats concassés), et moins intéressante (granulats alluvionnaires).



Concasseurs à mâchoirs : ce sont des concasseurs primaires à simple effet, munis d'un système oscillant.
Débit suivant le matériau : jusqu'à 15 tonnes/h.



3-3 Criblage

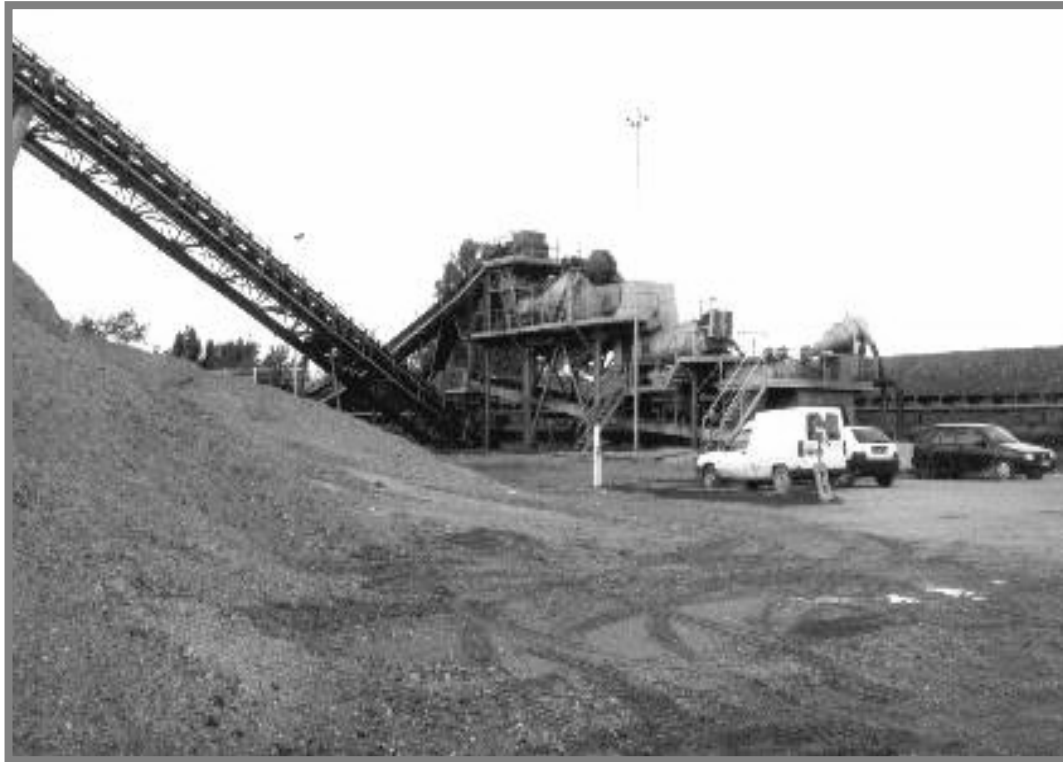
Il se fait sur tamis (granulats concassés), mais il s'effectue sous l'eau (granulats alluvionnaires).



Cribleur rotatif



Cribleur vibrant



Le cribleur-laveur sépare les plus gros éléments du reste de la roche. Ces éléments les plus gros vont être traités à part car ils sont trop gros pour être traités dans l'usine.

3-4 Stockage

- * stockage à l'air libre.
- * stockage en silos.



stockage à l'air libre



silos pour stockage



*Stockage des éléments
les plus fins*



stockage sous hangars



Pour pouvoir faire le bon choix des granulats, il faut tout d'abord les caractériser, mais comment ?

En déterminant :

- la composition minéralogique.**
- les caractéristiques géométriques.**
- les caractéristiques physiques.**
- l'état de surface...etc.**
- les caractéristiques mécaniques.**

4- CARACTERISATION DES GRANULATS.

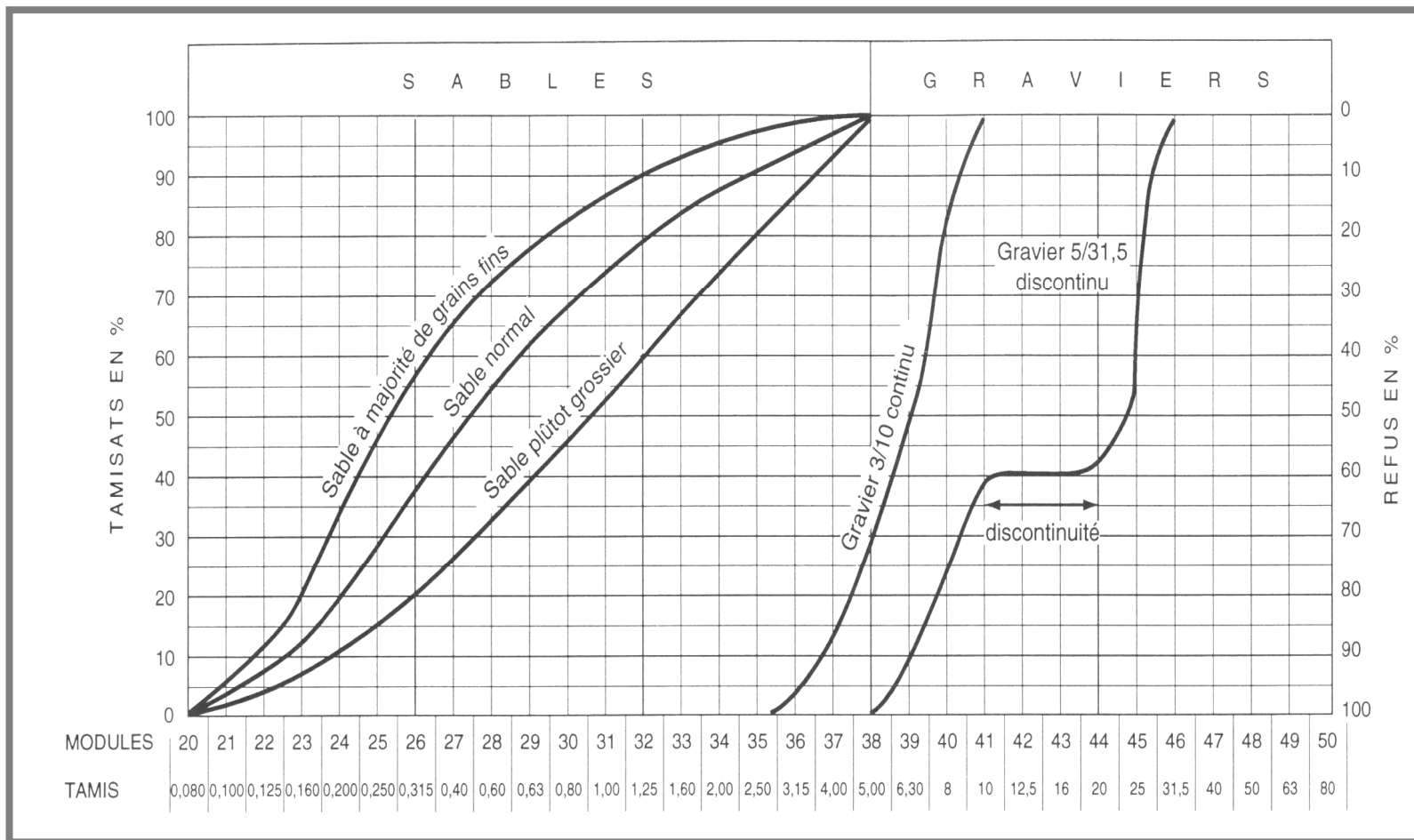
4-1 Composition minéralogique.

Déterminée sur des lames minces qu'on examine au microscope (% des constituants, degré d'altération).

4-2 Caractéristiques géométriques.

4-2-1 Granulométrie (échelonnement des dimensions des grains contenus dans un granulats): tamisage sur une série de tamis \longrightarrow traçage de la courbe granulométrique(% tamisats cumulés en fonction des diamètres des grains).

N.B: En cas des passoires, on convertira 



courbes granulométriques de quelques granulats

4-2-2 Classes granulaires.

Un granulat est caractérisé par sa classe d/D ; d et D étant respectivement la plus petite et la plus grande dimension des grains.

La norme NFP18 101 indique la terminologie des granulats selon leurs dimensions:

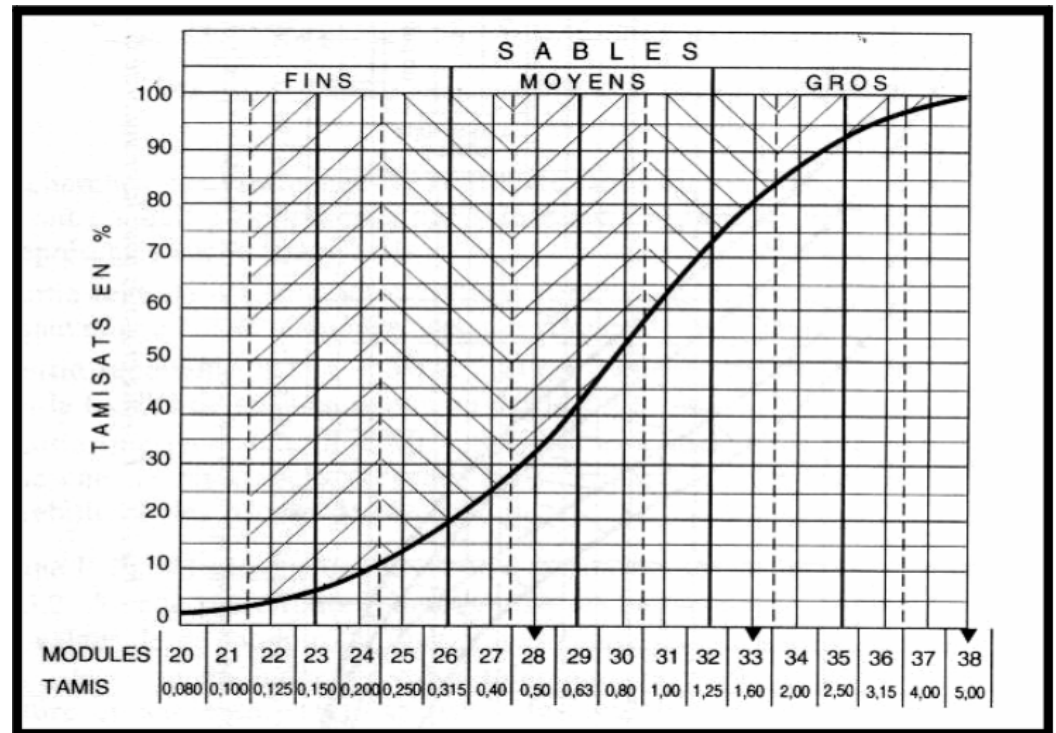
- * Fines (fillers): $\leq 0.08 \text{ mm}$
- * Sables: $d < 1\text{mm}$ et $0.08 < D < 6.3 \text{ mm}$
- * Gravillons: $d \geq 1\text{mm}$ et $D < 31.5 \text{ mm}$
- * Cailloux: $d \geq 20 \text{ mm}$ et $D < 80 \text{ mm}$
- * Graves: $6.3 \text{ mm} < D < 80 \text{ mm}$

4-2-3 Module de finesse(sables).

La granularité sur la série des tamis(*mm*):0.16, 0.315, 0.63, 1.25, 2.5, 5, est caractérisée par :

$$M_f = \frac{1}{100} \sum_{i=0.16}^5 R_i$$

Le module de finesse est plus particulièrement appliqué aux sables dont il est une caractéristique importante; par exemple, le sable dont la courbe est tracée sur la figure suivante a pour module de finesse $M_f = 2.66$ calculé ainsi:



Refus sur les tamis:

D=0.16 93%

D=0.315 81 %

D=0.63 57 % total

D=1.25 27 % 266

D=2.5 8 %

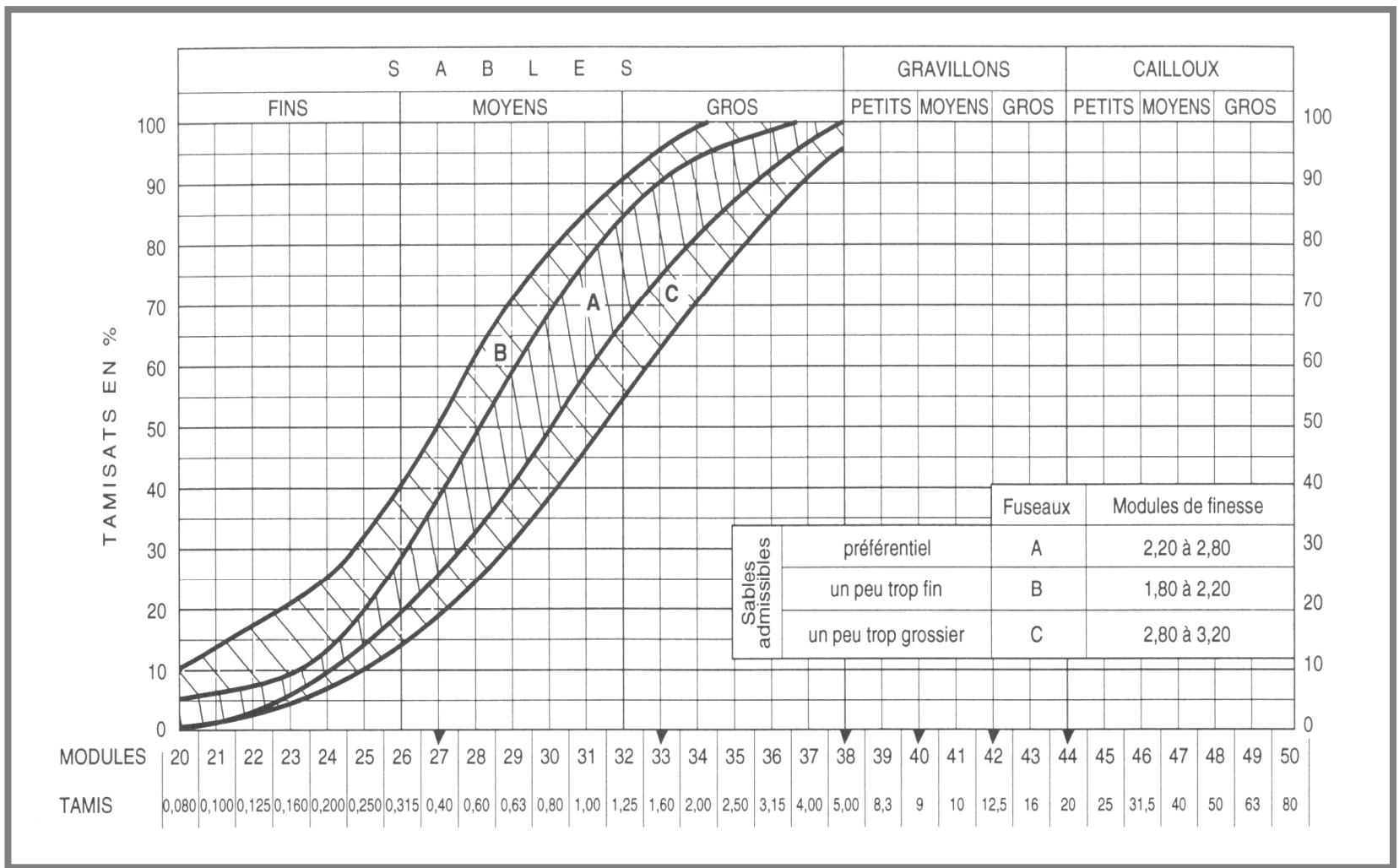
D=5mm 0 %

Mf: module de finesse = $(1/100) \times 266 = 2.66$

Le module de finesse correspond donc, à un coefficient près, à la surface hachurée sur la figure précédente.

C'est une caractéristique intéressante, surtout en ce qui concerne les sables.

Un bon sable à béton doit avoir un module de finesse d'environ 2.2 à 2.8.



fuseaux proposés pour la granularité des sables à béton

4-2-4 Coefficient d'aplatissement A.

C'est le pourcentage d'éléments tels que:

$$\mathbf{G / E > 1.58}$$

Où **G**: est la plus grande dimension des granulats.

E: est l'épaisseur.

4-2-5 Coefficient de forme.

C'est le rapport du volume v du grain au volume

$V = \pi \cdot N^3 / 6$ de la sphère de diamètre N :

$$F = v / V = v / (\pi \cdot N^3 / 6)$$

4-3 Caractéristiques physiques.

4-3-1 Masse volumique apparente. Elle est comprise entre 1400 et 1600 kg /m³.

$$\mathbf{M_v \text{ app} = M / V \text{ (kg/m}^3\text{)}}$$

4-3-2 Masse volumique absolue. Elle est comprise entre 2500 et 2600 kg /m³.

$$\mathbf{M_v \text{ abs} = M / V_s \text{ (kg /m}^3\text{)}}$$

4-3-3 Porosité.

$$n = v / V \quad \text{où}$$

v: volume des pores.

V: volume total du corps des granulats.

En général: granulats courants \longrightarrow n \searrow
granulats légers \longrightarrow n \nearrow

4-3-4 Propreté des granulats (teneur en fines argileuses).

- * cailloux ou gravillons \longrightarrow teneur en fines = % de passant à $0.5mm$ (tamisage effectué sous l'eau) 2 à 5%.
- * sables \longrightarrow Essai de l'équivalent de sable 15 et 25 %.

$$E_s = (H_1 / H_2) \times 100$$

où H1: hauteur du sable propre.

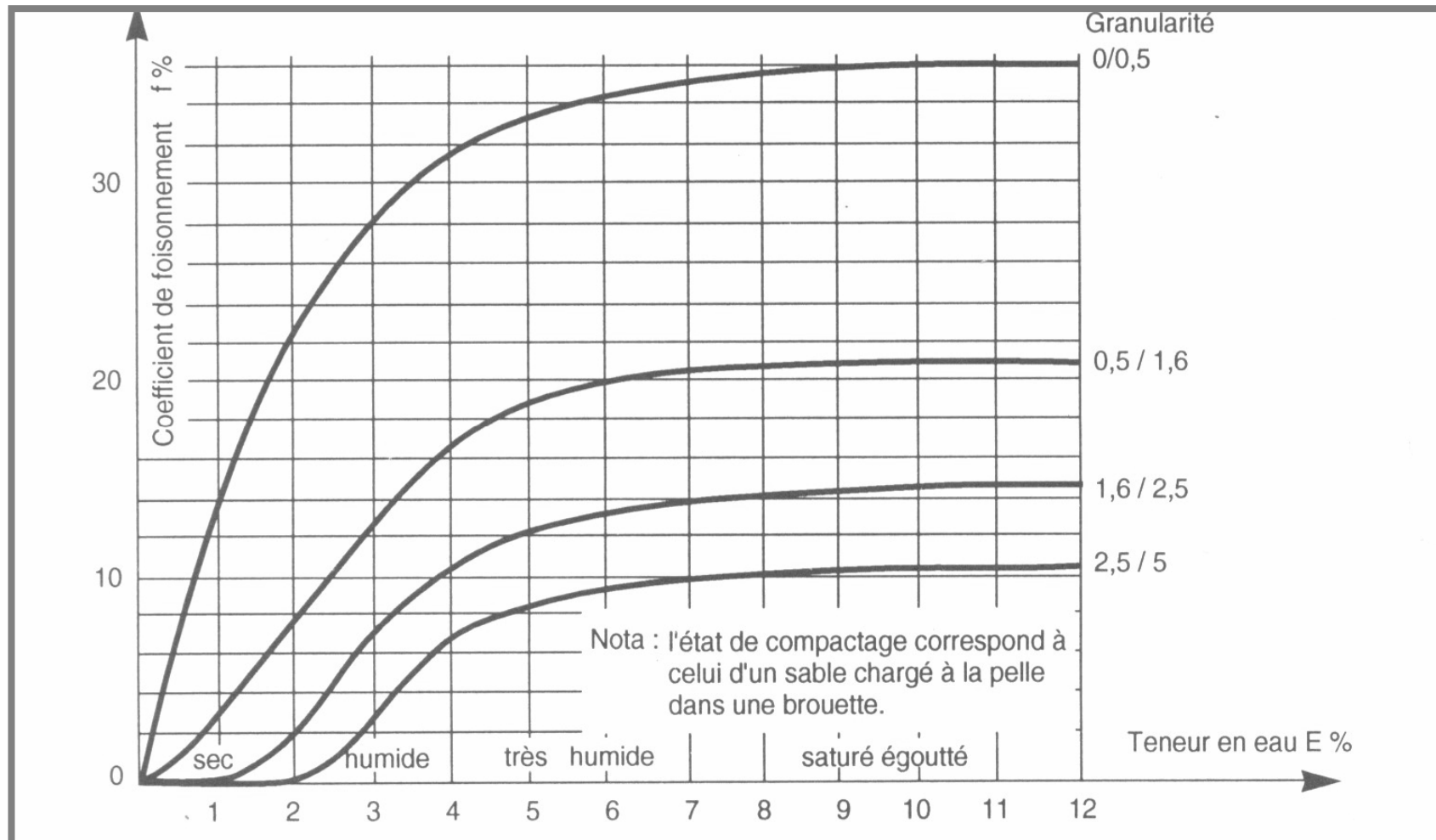
H2: hauteur totale du sable.

il peut être complété par l'essai du bleu de métylène.

4-3-5 Foisonnement des sables.

Humidité ↗ ⇒ volume de sable sec ↗
cette expansion en volume est désignée sous le nom de
“foisonnement “. Le coefficient de foisonnement est
donné par:

$$f = (V_h - V_{sec}) / V_{sec} (\%)$$



**foisonnement des sables élémentaires composant
(en proportions données) le sable 0/5 pour béton courant**

4-4 Etats de surface des granulats.

L'état de surface peut être défini par:

- * la rugosité des grains.
- * l'angularité.

4-5 Résistance mécanique.

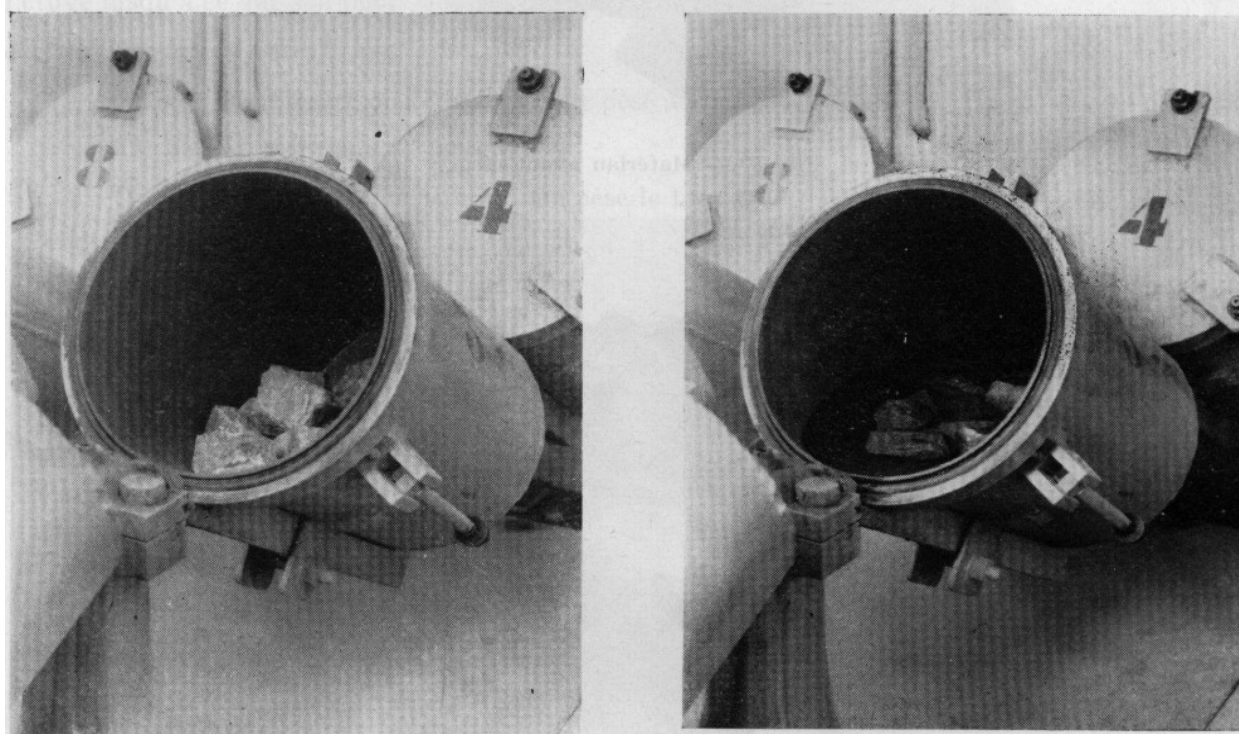
4-5-1 Essai Deval .

Un échantillon de 5kg, composé de 44 pierres du même calibre,est placé dans un cylindre tournant autour d'une diagonale du plan diamétral. Après un nombre de tours à une vitesse précisée par le mode opératoire.

$$D = 400 / U \quad U: \text{étant le passant à } 2\text{mm}.$$

D  granulat moins bon

Il existe deux types d'essais:

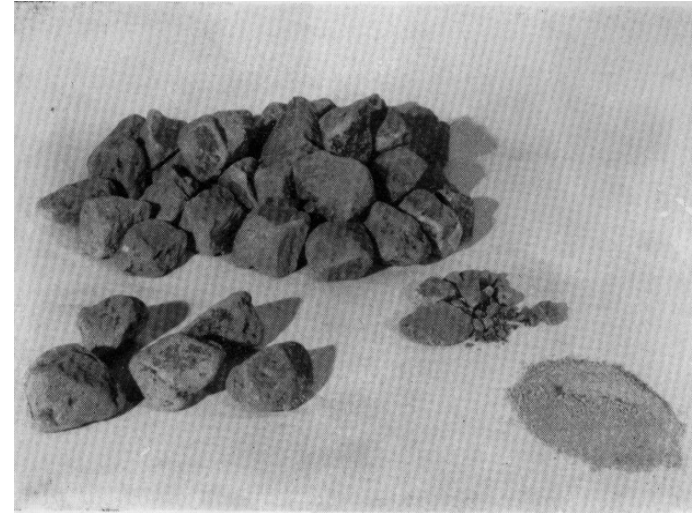


Essai Deval sec

Essai Deval humide



Matériau avant l'essai



Matériau après l'essai

4-5-2 Essai Micro-Deval.

Il se pratique sur des gravillons 4/6.3 ou 6.3/10 ou 10/14. 500g de gravillon sont placés avec une charge de 2 à 5 kg de billes d'acier de 10mm de diamètre dans une jarre cylindrique remplie d'eau. On fait tourner 2 h 30 minutes et on récupère le passant P au tamis de 2mm. Le coefficient micro-Deval est:

$$MD = 100 (P/500)$$

MD   granulat moins bon

4-5-3 Essai Los Angeles.

Estime la résistance à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements. Il se pratique sur les classes granulaires 4/6.3 ou 6.3/10 ou 10/14. On place un échantillon de 5 kg de granulat et 7 à 11 boulets de 417 g dans un tambour dont une génératrice intérieure est munie d'une plaque.

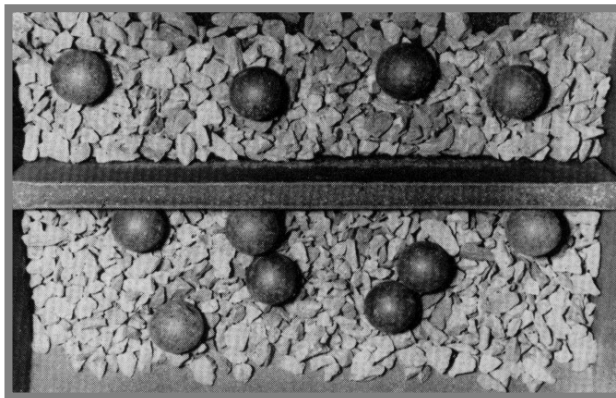
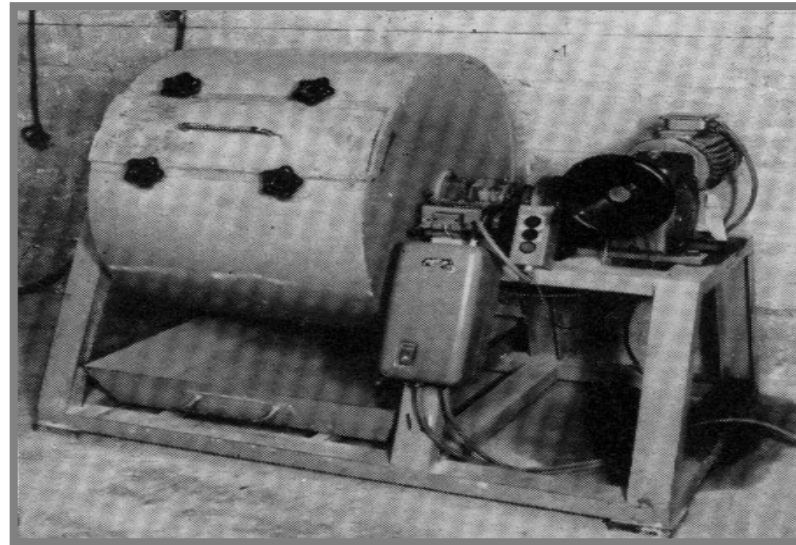
Lorsque le tambour tourne, le granulat et les boulets s'accumulent sur la plaque pendant une fraction de tour et retombent ensuite.

$$LA = 100 (P/5000) \quad P \text{ est le passant à } 1.6\text{mm}$$

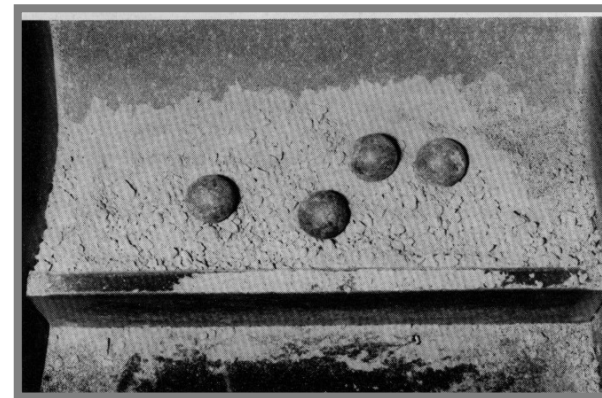
la norme NFP 18 541 spécifie que LA doit être ≤ 40 .

Il s'applique aux granulats utilisés pour la constitution des assises de chaussée.

Machine Los Angeles
Fermée.



Echantillon avant l'essai.



Echantillon après l'essai.

Roche d'origine	Dureté deval	Dilatatio n $\mu\text{m}/\text{m } ^\circ\text{C}$	propriétés	Difficultés rencontrées	Possibilité d'emp-loi pour bétons
1-R.éruptives Granites Diorites Porphyres Basaltes	15 à 19 16 16/17 20	8 à 12	Dures et compactes, donc bonne résistance au gel		Oui pour la Plupart
2- R.métamorphiques Quartzites Marbres Schistes gneiss	17 à 20 15 à 20	10 10/12	Durs et compactes, inattaquables chimiquement. Sensibles au gel.	Présence de fines friables	Granulats de qualité utilisés pour les parements Oui. Uniquement Schistes durs Oui si stables.
3- R.sédimentaires Calcaires dolomies	12 à 15 10 à 12	6 à 8	Bonne adhérence au mortier.		Oui. Possible après essais préalables.

figure 02 : Aptitude des principaux granulats à leur emploi selon la roche d'origine

Nature du béton ou de l'ouvrage		Masse volumique du béton	Nature des granulats
Bétons classiques pour le chantier ou la préfabrication.		2200 à 2400 kg/m ³	Tous granulats roulés ou concassés avec préférence pour les siliceux, calcaires ou silico-calcaires.
Bétons apparents, architectoniques.		2200 à 2400 kg/m ³	Les memes mais aussi les porphyres, basaltes, granites, diorites, qui offrent une palette très riche d'aspect et de teinte.
Bétons légers	Pour structures	1500 à 1800 kg/m ³	Argile ou schiste expansé, laitier expansé.
	Semi-isolant Semi-porteur	1000 à 1500 kg/m ³	Argile expansée, pouzzolane, ponce.
	Isolants	300 à 800 kg/m ³	Vermiculite, liège, bois polystyrène expansé, verre expansé.
Bétons lourds		3000 à 5000 kg/m ³	Corindon, barytine, magnétite.
Bétons réfractaires		2200 à 2500 kg/m ³	Corindon, déchets de produits réfractaires, briques silico-alumineux, laitier, granulats spéciaux.
Bétons ou chapes pour dallages industriels (abrasion importante)		2400 à 3000 kg/m ³	Corindon, carborundum, granulats métalliques.

Figure 03: Choix des granulats selon la fonction du béton