

2.1 Les granulats pour béton

2.1.1 - Définition des granulats

Le granulat est constitué d'un ensemble de grains minéraux qui selon sa dimension (comprise entre 0 et 125 mm) se situe dans l'une des 7 familles suivantes :

- fillers ;
- sablons ;
- sables ;
- graves ;
- gravillons ;
- ballast ;
- enrochements.

Les granulats sont obtenus en exploitant des gisements de sables et de graviers d'origine alluvionnaire terrestre ou marine, en concassant des roches massives (calcaires ou éruptives) ou encore par le recyclage de produits tels que les matériaux de démolition. Leur nature, leur forme et leurs caractéristiques varient en fonction des gisements et des techniques de production.

La nature minérale des granulats est un critère fondamental pour son emploi, chaque roche possédant des caractéristiques spécifiques en terme de

résistance mécanique, de tenue au gel et des propriétés physico-chimiques. Les granulats les plus usuels pour la fabrication des mortiers et des bétons sont élaborés à partir de roches d'origine alluvionnaire (granulats roulés ou semi-concassés) ou à partir de roches massives (granulats concassés). La taille d'un granulat répond à des critères granulométriques précis. Les granulats sont classés en fonction de leur granularité (distribution dimensionnelle des grains) déterminée par analyse granulométrique à l'aide de tamis.

Le granulat est désigné par le couple d/D avec
 d : dimension inférieure du granulat
 D : dimension supérieure du granulat

<i>Les granulats les plus utilisés</i>		
<i>Familles</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Caractéristiques</i>
Fillers	O/D	D < 2 mm avec au moins 85 % de passant à 1,25 mm et 70 % de passant à 0,063 mm
Sables	O/D	d = 0 et D ≤ 4 mm
Graves	O/D	D ≥ 6,3 mm
Gravillons	d/D	d ≥ 2 mm et D ≤ 63 mm
Ballasts	d/D	d = 31,5 mm et D = 50 ou 63 mm



Les intervalles d/D et O/D sont appelés classes granulaires.

Les granulats utilisés pour la confection des bétons sont :

- **les fillers ;**
- **les sables ;**
- **les gravillons ;**
- **les graves.**

Les granulats sont considérés comme courants lorsque leur masse volumique est supérieure à 2 t/m³ et léger si elle est inférieure à 2 t/m³. Les granulats doivent répondre à des exigences et des critères de qualité et de régularité qui dépendent de leur origine et de leur procédé

d'élaboration. Les granulats sont donc spécifiés par deux types de caractéristiques.

- Des caractéristiques intrinsèques, liées à la nature minéralogique de la roche et à la qualité du gisement, telles que, par exemple :

- la masse volumique réelle ;
- l'absorption d'eau et la porosité ;
- la sensibilité au gel ;
- la résistance à la fragmentation et au polissage ;
- la gélivité.

- Des caractéristiques de fabrication, liées aux procédés d'exploitation et de production des granulats telles que, en particulier :

- la granularité ;
- la forme (aplatissement) ;
- la propreté des sables.

Les caractéristiques des granulats sont fonction de leurs familles (gravillons, sables, fillers) et font l'objet de méthode de détermination adaptée.

2.1.2 - Différents types de granulats

Un granulats, en fonction de sa nature et de son origine, peut être...

- **Naturel** : d'origine minérale, issus de roches meubles (alluvions) ou de roches massives, n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique (tels que concassage, broyage, criblage, lavage).

- **Artificiel** : d'origine minérale résultant d'un procédé industriel comprenant des transformations thermiques ou autres.

- **Recyclé** : obtenu par traitement d'une matière inorganique utilisée précédemment dans la construction, tels que des bétons de démolition de bâtiments.

■ Granulats naturels

Les granulats naturels sont issus de roches meubles ou massives. Les roches meubles (matériaux alluvionnaires) sont exploitées le long des fleuves et des rivières. Les roches massives calcaires constituent les bassins sédimentaires et les chaînes récentes; les roches massives éruptives constituent les massifs anciens.

Différents types de granulats issus de roches massives

Types de roches massives	Exemple de famille de granulats
Roche magmatique Roche éruptive	Granite, rhyolite, porphyre, diorite, basalte, etc.
Roche sédimentaire	Grès, grès quartziques, silex, calcaires, etc.
Roche métamorphique	Gneiss, micaschistes, quartzites, etc.

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.

Granulats roulés et granulats de carrières

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

- **Les granulats de roche meuble**, 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. Ils sont exploités à proximité des cours d'eau, dans la nappe ou au-dessus de la nappe ou sur des fonds marins peu profonds. L'extraction est donc réalisée en fonction du gisement à sec ou dans l'eau

- **Les granulats de roche massive** sont obtenus par abattage et concassage, ce qui leur donne 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.

■ Granulats artificiels

Des granulats artificiels peuvent être employés pour réaliser des bétons à usages spécifiques.

- **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.

- **Granulats à hautes caractéristiques**

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

- **Granulats recyclés**

Ce sont essentiellement des granulats obtenus pour recyclage de béton de démolition.

- **Granulats et composants légers**

- **Les granulats légers** usuels sont l'argile expansée, le schiste expansé ou le laitier expansé. D'une masse volumique variable entre 400 et 800 kg/m³ 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 gains de poids sont intéressants puisque les bétons réalisés ont une masse volumique comprise entre 1 200 et 2 000 kg/m³.

- **Les composants légers** sont d'origine aussi bien végétale et organique que minérale. Le polystyrène expansé et le liège, d'origine non minérale, le bois, ainsi que la vermiculite sont également utilisés pour réaliser des bétons très légers en isolation ou pour des chapes. Très légers – de 20 à 100 kg/m³ – ils permettent de réaliser des bétons de masse volumique comprise entre 300 et 600 kg/m³. Ils sont donc particulièrement adaptés 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.

2.1.3 - Production des granulats

La production des granulats à partir de roches meubles ou massives, nécessite les principales étapes suivantes.

- **Le décapage** consiste à enlever les terres situées au-dessus de la zone à exploiter.

- **L'extraction** s'effectue dans des carrières. Les techniques mises en œuvre dépendent du type de gisement :

- gisement de granulats alluvionnaires exploité en terrain sec (au moyen d'engins de terrassement) ou en site immergé (au moyen par exemple de drague) ;

- gisement compact de roches massives qui nécessite l'emploi d'explosif, l'abattage et la fragmentation des blocs.

- **Le traitement** fait suite à l'extraction des matériaux, qui sont concassés et broyés (au moyen d'appareils travaillant par chocs ou écrasement) afin de réduire leur taille, criblés (au moyen de cribles vibrants) pour obtenir des granulats de tailles différentes, puis lavés (afin d'éliminer les éléments de pollution et les fines) ou dépoussiérés et enfin stockés. Les opérations de traitement permettent d'obtenir des granulats répondant à des spécifications précises quant à leurs caractéristiques géométriques et physiques pour des usages particuliers.

- **La remise en état du site** a lieu après exploitation.

2.1.4 - Normes de référence

Les granulats comme la grande majorité des matériaux de construction doivent être conformes à des normes. Les granulats constituent le squelette du béton, la régularité de leurs caractéristiques conditionne donc celles du béton. Les granulats pour bétons font l'objet de deux principales normes de référence.



■ **La norme NF EN 12620 (août 2003)**
Granulats pour béton

Cette norme définit les termes relatifs aux granulats pour béton relevant de la Directive des Produits de Construction (DPC 89/106/CE). Elle définit des catégories pour chaque caractéristique des granulats et des fillers utilisés dans la fabrication des bétons. Les constituants du béton peuvent être élaborés à partir de matériaux naturels, artificiels ou recyclés. Elle concerne en particulier les bétons conformes à la norme NF EN 206-1, les granulats entrant dans la composition des produits préfabriqués en béton et les bétons routiers. Elle spécifie les caractéristiques (physiques et chimiques) relatives à l'évaluation de la conformité des granulats et au système de maîtrise de la production.

■ **La norme XP P 18-545 (février 2004)**
Granulats : éléments de définition
Conformité et codification

Cette norme définit les règles générales permettant d'effectuer les contrôles des granulats. Elle regroupe en codes les catégories définies dans la norme NF EN 12620 pour les divers usages possibles : granulats pour chaussées (couches de fondation, de base et de liaison, couche de roulement utilisant des liants hydrocarbonés et bétons de ciment), granulats pour bétons hydrauliques et mortiers, granulats pour voies ferrées (assises et ballast). Elle précise les critères de régularité et de conformité et fournit les Fiches Techniques Produit.



2.1.5 - Spécifications sur les granulats de la norme XP P 18-545

■ **Granulats pour bétons et mortiers**

La norme XP P 18-545 précise, dans l'article 10 : Granulats pour bétons hydrauliques et mortiers, les spécifications sur les granulats destinés à constituer des bétons.

Les spécifications concernent les caractéristiques détaillées ci-dessous.

- **Caractéristiques applicables aux gravillons**
 - Los Angeles : LA
 - Sensibilité au gel-dégel : G
 - Granularité et teneur en fines des gravillons : Gr
 - Aplatissement : A
 - Éléments coquilliers des gravillons d'origine marine : Cq
 - Boulettes d'argiles
- **Caractéristiques applicables aux sables et graves**
 - Granularité et teneur en fines : Gr
 - Module de finesse : FM
 - Propreté : P
 - Polluants organiques
- **Caractéristiques applicables aux sables, graves et gravillons**
 - Absorption d'eau : Ab
 - Impuretés prohibées
 - Alkali-réaction
 - Soufre total : S
 - Sulfates solubles dans l'acide : SA
 - Chlorures

- **Caractéristiques applicables aux fillers**
 - Granularité

Les principales caractéristiques des granulats sont repérées par des codes A, B, C ou D. La norme XP P 18-545 définit à l'aide de cette codification, les valeurs des spécifications adaptées à certains types d'ouvrages.

- **Bétons courants**

Les granulats de code C et ceux dont deux caractéristiques au plus sont de code D conviennent.

- **Bétons de structures de génie civil ou de bâtiments de classe de résistance supérieure à C 35/45**

Les granulats de code A conviennent. Certaines caractéristiques peuvent être de code B.

- **Bétons soumis à des classes d'exposition particulières**

Les granulats de code B conviennent si l'absorption est de catégorie A.

Nota

Cette spécification concerne les bétons soumis à des classes d'exposition XF4 (forte saturation en eau avec agent de déverglaçage) ou XA 3 (environnement à forte agressivité chimique).

- **Granulats pour bétons légers**

La norme XP P 18-545 donne, dans l'article 13, les spécifications sur les granulats légers pour bétons hydrauliques et mortiers. Elles sont relatives aux caractéristiques géométriques (granularité et formes), physiques (masse volumique et absorption d'eau), mécaniques (résistance au gel-dégel) et chimiques.

- **Granulats pour chaussées en béton de ciment**

La norme XP P 18-545 précise, dans l'article 9, les spécifications sur les granulats destinés à réaliser des bétons de chaussées. Les spécifications concernent les caractéristiques suivantes.



- **Caractéristiques applicables aux gravillons**

- Caractéristiques intrinsèques :
 - Los Angeles : LA et Micro Deval : M_{DE}
- Sensibilité au gel
- Caractéristiques de fabrication
- Éléments coquilliers des gravillons d'origine marine
- Boulette d'argile

- **Caractéristiques applicables aux sables et aux graves**

- Friabilité des sables : FS
- Caractéristiques de fabrication
- Polluants organiques
- Teneur en carbonate

- **Caractéristiques applicables aux sables, aux graves et aux gravillons**

- Absorption d'eau : WA
- Impuretés prohibées : ImP
- Soufre total : S
- Sulfates solubles dans l'acide : SA
- Chlorures

La norme XP P 18-545 définit (en vue des contrôles des caractéristiques de fabrication des matériaux) des fuseaux de spécifications encadrés par :

- la limite inférieure : Li
 - la limite supérieure : Ls
- et des fuseaux de régularité limités par :
- la valeur spécifiée inférieure : Vsi
 - la valeur spécifiée supérieure : Vss

ainsi que des fuseaux de fabrication. Les fuseaux de régularité (Vsi et Vss, associés à des valeurs d'incertitudes d'essais dépendant de sa répétabilité et de sa reproductibilité) permettent de définir des critères de conformité.



La norme XP P 18-545 définit, dans l'annexe A, le cadre d'une Fiche Technique Produit (FTP) qui sera renseignée par le fournisseur. Elle précise les valeurs spécifiées des caractéristiques normalisées et la synthèse des principaux résultats d'essais.

2.1.6 - Spécifications sur les granulats de la norme NF EN 12620

La norme NF EN 12620 définit pour chaque caractéristique physique ou mécanique spécifiant des granulats, des catégories de valeurs maximales.

■ *Caractéristiques géométriques*

Granularité

La norme NF EN 12620 spécifie les caractéristiques générales de granularité que doivent respecter les gravillons, les sables, les graves et les fillers en fonction de leur classe granulaire.

Forme des gravillons

La norme définit des catégories de granulats en fonction de leur coefficient d'aplatissement.

■ *Caractéristiques physiques*

Résistance à la fragmentation

La norme NF EN 12620 définit des catégories des valeurs maximales du coefficient Los Angeles (par exemple catégorie LA₃₀ si le coefficient de Los

Angeles est inférieur à 30) et des catégories de valeurs maximales de résistances au choc.

Résistance à l'usure des gravillons

Elle définit des catégories de valeurs maximales de la résistance à l'usure des gravillons en fonction des valeurs de coefficient micro deval (par exemple catégorie M_{DE25} si le coefficient Micro Deval est inférieur à 25).

Résistance au polissage

Les catégories de valeurs minimales de résistance au polissage sont définies en fonction des valeurs du coefficient de polissage accéléré (par exemple CPA₅₀ si le coefficient de polissage accéléré est supérieur à 50).

2.1.7 - Caractéristiques des granulats

Les granulats sont les principaux composants du béton (70 % en poids). Les performances mécaniques des granulats vont donc conditionner la résistance mécanique du béton et leurs caractéristiques géométriques et esthétiques, en particulier, l'aspect des parements des ouvrages. Le choix des caractéristiques des granulats (roulés ou concassés, teintes, dimensions) est déterminé par les contraintes mécaniques, physico-chimiques et esthétiques du projet à réaliser et de mise en œuvre du béton (critère de maniabilité, enrobage).

■ *Caractéristiques géométriques*

Classe granulaire

Les granulats sont désignés selon leur classe granulaire d/D (avec d : dimension inférieure et D : dimension supérieure). L'intervalle d/D est appelé classe granulaire. Les classes granulaires sont spécifiées en utilisant des séries de dimensions de tamis (en mm).

Série de base : 1 / 2 / 4 / 8 / 16 / 31,5 / 63

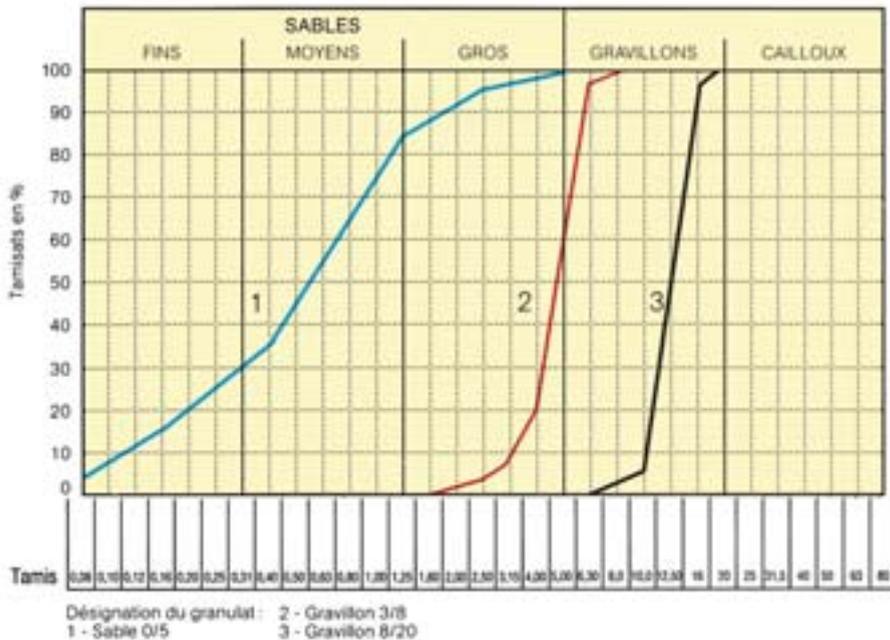
Série de base + série 1 : 1 / 2 / 4 / 5,6 / 8 / 11,2 / 16 / 22,4 / 31,5 / 45 / 63

Série de base + série 2 : 1 / 2 / 4 / 6,3 / 8 / 10 / 12,5 / 14 / 16 / 20 / 31,5 / 40 / 63

Granularité

La granularité représente la distribution dimensionnelle des grains contenus dans un granulat. Elle est

EXEMPLE DE COURBES GRANULOMÉTRIQUES
D'UN SABLE ET DE DEUX GRAVILLONS



Série de tamis.

déterminée par tamisage (avec une série de tamis, de dimensions d'ouvertures décroissantes) et exprime le pourcentage massique de granulats passant au travers d'un ensemble spécifié de tamis. La proportion de particules retenues par un tamis s'appelle le refus, son complément le passant.

Elle est représentée par une courbe granulométrique représentant les dimensions de tamis en abscisses et en ordonnées les pourcentages de passants cumulés à travers les tamis successifs (en poids de grains).

Forme des gravillons

Coefficient d'aplatissement

La forme des gravillons est déterminée par l'essai d'aplatissement (A). Le coefficient d'aplatissement caractérise la forme du granulat à partir de sa plus grande dimension et de son épaisseur. Plus A est élevé, plus le gravillon contient d'éléments plats. Une mauvaise forme à une incidence sur la maniabilité et favorise la ségrégation.

Module de finesse

Les sables sont caractérisés par le module de finesse (MF). Le module de finesse d'un granulat est égal au $1/100^e$ de la somme des refus cumulés

Nota

La composition du béton fait appel en général à une granularité discontinue.

La plupart des bétons sont composés à partir de deux classes : un sable de type 0/5,6 et un gravillon 5,6/12,5 ; 5,6/16 ou 5,6/20. Cette formule permet de limiter les stockages d'un trop grand nombre de classes granulaires, en ne nécessitant que deux classes courantes chez les producteurs de granulats.

La granulométrie continue (par exemple à partir de trois granulats 0/5,6, 5,6/16, 16/22,4) 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 prêt à l'emploi.

Il est courant d'utiliser pour formuler les bétons des granulats concassés associés à des sables alluvionnaires.

exprimés en pourcentages, sur différents tamis. Le module de finesse surtout utilisé pour les sables permet de caractériser leur granularité par une seule valeur. Celle-ci dépend surtout de la teneur en grains fins du sable. Plus le module de finesse est faible, plus le sable est fin. Un module de finesse élevée caractérise un sable grossier.

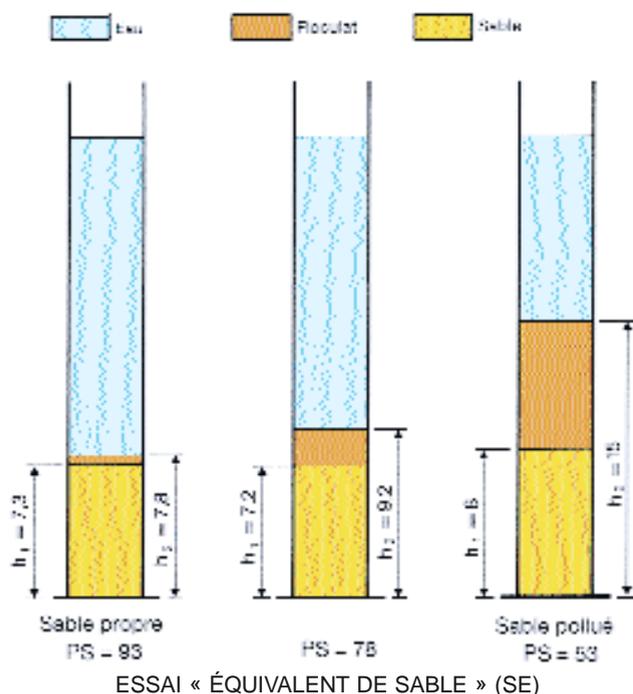
■ **Caractéristiques physico-chimiques**

Propreté des granulats

Les impuretés peuvent perturber l'hydratation du ciment ou entraîner des défauts d'adhérence granulats-pâte, ce qui peut avoir une incidence sur la résistance du béton. La propreté traduit l'absence d'éléments fins indésirables dans les granulats. Elle désigne essentiellement la teneur en fines argileuses, dont la valeur doit être limitée.

Dans le cas des gravillons, elle est donnée par le pourcentage de passant au tamis de 0,5 mm (tamisage effectué sous eau).

Dans le cas des sables, la propreté (SE) est fournie par l'essai appelé « équivalent de sable » qui permet de mesurer la fraction argileuse du matériau. L'essai consiste à séparer le sable des matières argileuses ou fines, qui remontent par floculation à la partie supérieure de l'éprouvette où l'on a effectué le lavage (plus la valeur de SE est grande, plus le sable est propre). Elle peut également être évaluée par l'essai au bleu de méthylène (VB) – plus la valeur de VB est petite, plus les sables sont propres. Le



bleu de méthylène est adsorbé préférentiellement par les argiles, les matières organiques et les hydroxydes de fer. La valeur de bleu (VB) exprime la quantité de bleu de méthylène adsorbée par 100 g de fines.

Il faut souligner l'importance de la propreté des granulats sur la qualité du béton. La présence de particules argileuses est en effet défavorable, autant à la mise en œuvre du béton qu'à ses performances finales, en abaissant l'adhérence de la pâte de ciment sur les granulats. D'autres impuretés telles que les particules organiques sont susceptibles de nuire aux qualités du béton et perturber son durcissement. Les sels tels que les sulfates ou les sulfures, peuvent être à l'origine de phénomènes de gonflement ou de tâches. Les corps étrangers (lignites ou scories) sont à proscrire.

■ **Caractéristiques physiques et mécaniques**

Les caractéristiques physiques et mécaniques des granulats sont déterminées par des essais visant à reproduire certaines sollicitations propres à des usages spécifiques des granulats. Elles sont donc spécifiées en fonction de leur emploi.

Résistance à l'usure des gravillons

La résistance à l'usure des granulats est déterminée par l'essai Micro-Deval en présence d'eau. Cet essai consiste à reproduire dans un cylindre en rotation des phénomènes d'usure par frottements. Cette résistance est caractérisée par le coefficient Micro-Deval M_{DE} qui représente la proportion d'éléments fins produits pendant l'essai. Plus le coefficient M_{DE} est faible, plus la résistance à l'usure des gravillons est élevée.

Porosité

La porosité représente 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. Elle est importante dans le cas des granulats légers.

Résistance à la fragmentation des gravillons

La résistance à la fragmentation est déterminée par le coefficient 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. L'essai consiste à faire tourner les granulats dans un tambour fermé contenant des boulets métalliques.

Le coefficient Los Angeles représente la proportion d'éléments finis produits au cours de l'essai. Plus le coefficient LA est faible, plus la résistance des gravillons est élevée.

Résistance au polissage des gravillons

Cette caractéristique concerne les granulats utilisés pour la réalisation de couches de roulement. Plus le coefficient de polissage accéléré (CPA) est élevé, plus la résistance au polissage est importante.

Coefficient d'absorption d'eau

Le coefficient d'absorption d'eau A_b représente la capacité d'absorption d'eau d'un granulat. Plus il est élevé, plus le matériau est absorbant.

Masse volumique en vrac ou apparente

C'est la masse du granulat sec occupant l'unité de volume. Elle dépend du tassement des grains. Elle est comprise entre $1\,400\text{ kg/m}^3$ et $1\,600\text{ kg/m}^3$ pour les granulats roulés silico-calcaires. La masse volumique réelle du granulat (vides entre grains exclus) est nettement plus élevée: de $2\,500$ à $2\,600\text{ kg/m}^3$.

Résistance des gravillons au gel-dégel

La vulnérabilité du granulat dans le béton à l'action du gel-dégel est fonction de sa nature, de son utilisation, des conditions climatiques et de la formulation du béton (utilisation par exemple d'air entraîné).

■ **Caractéristiques chimiques**

Teneur en ions chlorures

Les chlorures modifient la cinétique d'hydratation du ciment et provoquent la corrosion des armatures. La teneur en chlorure issu de l'ensemble des constituants du béton est donc limitée.

Réactivités aux alcalis

Dans des conditions défavorables (granulats contenant une fraction significative de silice soluble réactive dans un environnement riche en alcalin) et en présence d'humidité, les phénomènes d'alcali-réaction peuvent provoquer un gonflement du béton. Les granulats sont désignés comme étant non réactifs (NR), potentiellement réactifs (PR) ou potentiellement réactifs à effet de pessimum (PRP).



Teneur en soufre et en sulfates

Les granulats peuvent contenir de faibles quantités de sulfates et de sulfures sous réserve que leur teneur en soufre total S n'excède pas 0,4 % en masse. La teneur en sulfates (SO_3) doit être inférieure à 0,2 %. On la détermine si S est supérieure à 0,08 %.

Les sulfures présents dans les granulats peuvent en s'oxydant se transformer en sulfates qui risquent de générer des phénomènes de gonflement. Il faut donc limiter la teneur en soufre pour se prémunir de ce phénomène. Les sulfates peuvent perturber la prise et les actions des adjuvants d'où la nécessité de limiter leur teneur dans le béton.

■ **Caractéristiques esthétiques**

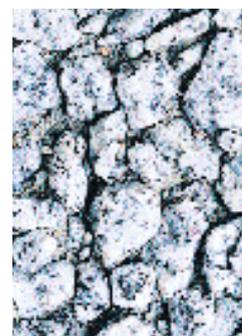
Les granulats contribuent à la teinte des parements des bétons. Ils sont mis en valeur en fonction du traitement de surface appliqué. On utilise indifféremment en fonction des disponibilités et de l'aspect recherché des granulats roulés, concassés ou semi-concassés. Les sables et les gravillons sont disponibles dans une large variété de teintes naturelles.

La teinte des bétons ayant subi un traitement de surface (béton lavé, béton désactivé, béton boucharde, béton poli) est liée à la couleur des gravillons et des gros grains de sable.



La teinte du mortier peut s'harmoniser avec celle des granulats ou au contraire créer un contraste faisant ressortir la couleur des gravillons. Le traitement de surface peut aussi faire apparaître, de façon plus ou moins marquée, la teinte des grains fins du sable ou celle des gros grains. La taille et la forme des granulats ont aussi un impact déterminant sur la texture des bétons traités. La granulométrie doit donc être compatible avec l'aspect recherché.

En règle générale, pour les bétons bruts de décoffrage, la dimension maximale des granulats ne dépasse pas 25 mm. Pour les bétons à traiter, la granulométrie sera fonction de l'aspect de surface recherché et de l'épaisseur du parement.



2.1.8 - Marquage des granulats

Le marquage CE des granulats est obligatoire pour leur mise sur le marché depuis le 1^{er} juin 2004. Par le marquage CE, le producteur de granulat déclare qu'il a mis en place un système de maîtrise de la production des granulats, lui permettant de respecter la nouvelle norme NF EN 12620, avec des essais normalisés à réaliser selon des fréquences précises.

Le système d'attestation de conformité recommandé par l'UNPG (Union Nationale des Producteurs de Granulats) est de niveau 2 +. La déclaration du producteur s'appuie sur un audit réalisé par un organisme notifié.

Les exigences essentielles relatives aux marquages des granulats et les informations à mentionner sur la déclaration de conformité sont spécifiées dans l'annexe ZA de la norme NF EN 12620. Elles portent sur les granulats (tableau ZA, 1a) et les fillers (tableau ZA, 1b) obtenus par traitement de matériaux naturels, artificiels ou recyclés et mélanges de ces granulats.

Le marquage CE permet de garantir aux utilisateurs le respect des exigences relatives à la sécurité et à la protection de l'environnement vis-à-vis d'un usage donné.

Teintes des granulats en fonction de leur nature minéralogique	
Nature minéralogique des granulats	Teintes
Calcaires durs	Noir, bleu, rose, beige, blanc, vert
Granites	Jaune, rose, gris, vert
Basaltes	Noir ou bleu-noir
Grès	Gris, rouge, beige
Diorites	Bleu ou rose
Quartzites	Rose, gris, blanc
Silex	Beige ou bistre

La dureté des granulats doit être adaptée aux traitements de surface. Suivant leur origine, les gravillons offrent différentes qualités :

- calcaires (marbres, pierres marbrières) : bonne adaptation aux traitements par grésage ou polissage ;
- siliceux (quartz, quartzites) : bonne résistance à l'abrasion ;
- éruptifs et métamorphiques (basaltes, granites, diorites, porphyres) : très grande variété de coloration.

2.1.9 - Certification de production

Le marquage CE ne se substitue pas à la marque NF granulats. Les producteurs de granulats ont mis en place des systèmes d'assurance qualité de leurs procédures d'exploitation permettant de certifier leur production (Certification volontaire Marque NF-granulats). Cette marque permet d'attester, avec des contrôles plus sévères et des essais complémentaires à ceux du marquage CE, réalisés par des laboratoires extérieurs COFRAC, que les granulats sont conformes aux normes et qu'ils proviennent d'une fabrication contrôlée selon les termes du règlement de la marque.

2.1.10 - Caractéristiques essentielles sur les granulats

<i>Caractéristiques essentielles sur les granulats</i>	
Forme, dimension des grains et masse volumique réelle	Classes granulaires Granularité Forme des gravillons Masse volumique réelle et coefficient d'absorption d'eau
Propreté	Teneur en éléments coquilliers des gravillons Fines
Résistance à la fragmentation ou à l'écrasement	Résistance à la fragmentation des gravillons
Résistance au polissage, à l'abrasion et à l'usure	Résistance à l'usure des gravillons Résistance au polissage Résistance à l'abrasion
Composition teneur	Chlorures Sulfates solubles dans l'acide Soufre total Constituants réduisant le temps de prise et la résistance du béton
Stabilité volumique	Stabilité volumique Retrait au séchage
Absorption d'eau	Masse volumique réelle et coefficient d'absorption d'eau
Durabilité face au gel-dégel	Sensibilité des gravillons au gel / dégel
Durabilité face à la réaction alcali-silice	Réaction alcali-silice

2.1.11 - Caractéristiques essentielles sur les fillers

<i>Caractéristiques essentielles sur les fillers</i>	
Finesse / granularité et masse volumique réelle	Fillers Masse volumique réelle et coefficient d'absorption d'eau
Composition / teneur	Chlorures Sulfates solubles dans l'acide Soufre total Constituants réduisant le temps de prise et la résistance du béton
Propreté	Fines
Stabilité volumique	Stabilité volumique Retrait au séchage
Durabilité face au gel-dégel	Sensibilité des gravillons au gel-dégel

2.1.12 - Principales normes d'essais sur les granulats

<i>Principales normes d'essais sur les granulats</i>	
Caractéristique	Norme d'essai
Granularité - gravillons	NF EN 933-1
Granularité - sables	NF EN 933-1
Module de finesse	NF EN 13139
Granularité - graves	NF EN 933-1
Granularités - fillers	NF EN 933-10
Forme des gravillons - Aplatissement	NF EN 933-3
Teneur en éléments coquilliers des gravillons	NF EN 933-7
Teneur en fines des sables et graves	NF EN 933-1
Teneur en fines des gravillons	NF EN 933-1
Qualité des fines - Équivalent de sable	NF EN 933-8
Essai au bleu de méthylène	NF EN 933-9
Résistance à la fragmentation des gravillons (LA)	NF EN1097-2
Résistance à l'usure des gravillons (M.D.E.)	NF EN 1097-1
Résistance au polissage (PSV)	NF EN 1097-8
Masse volumique réelle et coefficient d'absorption d'eau	NF EN 1097-6
Résistance des gravillons au gel-dégel	NF EN 1367-1
Teneur en Chlorures	NF EN 1744-1
Teneur en Sulfate soluble dans l'acide	NF EN 1744-1
Soufre total	NF EN 1744-1
Constituants réduisant le temps de prise et la résistance du béton	NF EN 1744-1
Teneur en carbonate des sables	NF EN 1744-1

2.1.13 - Le choix des granulats selon la fonction du béton

La variété des usages et fonctions remplies par le béton conduit à adopter des granulats qui, selon le cas, présenteront des caractéristiques d'aspect, de densité et de résistance mécanique différentes. Les granulats les plus couramment employés sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.



Choix des granulats des bétons			
Nature des bétons ou de l'ouvrage	Nature des granulats	Masse volumique des bétons	
Bétons classiques pour chantier ou usine de préfabrication	Tous granulats roulés ou concassés avec préférence pour les siliceux, les calcaires ou les silico-calcaires	2 200 à 2 400 kg/m ³	
Bétons apparents, architectoniques	Les mêmes mais aussi les porphyres, basaltes, granites, diorites, qui offrent une palette très riche d'aspects et de teintes	2 200 à 2 400 kg/m ³	
Usages routiers	Toutes origines roulés ou concassés	2 200 à 2 300 kg/m ³	
Bétons légers	pour structure	Argile ou schiste expansé, laitier expansé	1 500 à 1 800 kg/m ³
	semi-isolant semi-porteur	Argile expansée, pouzzolane, ponce	1 000 à 1 500 kg/m ³
	isolant	Vermiculite, liège, bois, polystyrène expansé, verre expansé	300 à 800 kg/m ³
Bétons lourds	Corindon, barytine, magnétite	3 000 à 5 000 kg/m ³	
Bétons réfractaires	Corindon, déchets de produits réfractaires, granulats spéciaux	2 200 à 2 500 kg/m ³	
Bétons ou chapes pour dallages industriels (soumis à une abrasion importante)	Corindon, carborundum, granulats métalliques	2 400 à 3 000 kg/m ³	

2.1.14 - Adéquation granulats béton

Les granulats présentent des caractéristiques très différentes selon leur origine. Ces caractéristiques influant sur celles du béton, il importe de bien les connaître et de veiller au respect des spécifications. Le tableau ci-contre synthétise l'influence que peuvent avoir sur le béton un certain nombre de caractéristiques géométriques et physiques des granulats.

Influence des caractéristiques du granulat sur les performances des bétons	
Caractère du granulat	Influence sur les bétons
Nature minéralogique	La plupart des granulats conviennent pour le béton. Influence défavorable des argiles, des calcaires marneux (gonflement et altération à terme).
Présence de matières organiques	Influence défavorable sur la prise et le durcissement, chute de résistances.
Teneur élevée en sulfates, sulfures, chlorures	Réaction avec le ciment, fissuration, corrosion des armatures.
Propreté des granulats	Critère important. Les impuretés perturbent l'hydratation du ciment et entraînent des défauts d'adhérence granulats/pâte.
Forme des grains, angularité	Généralement peu importante : certains sables concassés peuvent parfois être défavorables à la mise en œuvre du béton et à sa compacité finale.
Granularité	Importante pour la bonne composition du béton.