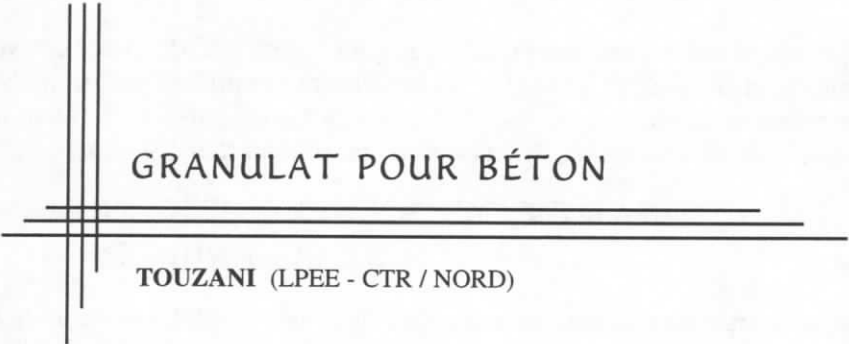




GRANULAT POUR BÉTON

TOUZANI (LPEE - CTR / NORD)

Devant un projet de construction, les divers intervenants administrations, maîtres d'ouvrages, maîtres d'oeuvres, Laboratoire, Bureaux d'études, Bureaux de contrôle, Architectes, Promoteurs immobiliers, Entrepreneurs, sont appelés à donner leurs point de vue sur les conditions d'acceptation et d'utilisation de tous les constituants des bétons et notamment les granulats qui constituent les 75 % de son poids.

Ils en sont le squelette et jouent un rôle important dans le comportement de ce matériau, et les caractéristiques principales du béton peuvent être notablement modifier selon les qualités spécifiques des granulats utilisés.

- Comment procéder au choix des granulats ?
- Quelle règles à imposer pour obtenir les qualités voulues ?

L'objet de la communication que nous proposons est de répondre à ces questions et de passer en revue les différentes propriétés des granulats et leurs relations avec les propriété des béton, Ainsi qu'une présentation schématique des opérations d'extraction et d'élaboration des granulats .

NATURE DE LA ROCHE ORIGINE DES GRANULATS

Les granulats naturels sont des produits finis de matériaux extraits de gisements rocheux ou alluvionnaires; Ils appartiennent à l'une des familles de roches suivantes :

- Roches éruptives : Granite, Diorite, Basaltes,...
- Roches sédimentaires : Calcaires, Grès, Quartzite,...
- Roches métamorphiques : Amphibolites, Gneiss,...
- Gravier et sables issus des formations alluviales, marines, éoliennes ou glaciaires .

Ces formations peuvent être regrouper en trois familles de minéraux :

- Famille de minéraux calcaires.
- Famille de minéraux siliceux.
- Famille de minéraux silico-calcaires.

En fonction de la nature géologique et minéralogique un gisement peut s'avérer potentiel pour exploitation car ce sont ces paramètres qui conditionnent les propriétés intrinsèques des granulats.

NOTION DE GISEMENT

L'exploitation des granulats nécessitent des investissements importants qu'il faut rentabiliser au mieux, la connaissance du gisement est essentielle pour dimensionner correctement les installations et extraire les matériaux dans les meilleures conditions techniques et économiques. Il est important de savoir :

- le volume de matériau exploitable,
- l'épaisseur de la découverte,
- le repérage des discontinuités,
- la localisation des pollutions,
- la fracturation du massif,
- les contraintes d'exploitation (nappes, venues d'eau...)

Tous ces paramètres pris séparément ou ensemble auront une influence primordiale sur la fabrication de granulats conformes aux spécifications .

ÉLÉMENTS SUR L'ÉLABORATION DES GRANULATS

L'élaboration des granulats ou une exploitation des granulats a quatre fonctions essentielles :

- **La fonction production - extraction** : qui consiste à alimenter l'installation de traitement en produits bruts, Elle comprend, suivant les cas, les sous - fonctions suivantes :

- Découverte,
- Perforation - abattage,
- Fragmentation des gros - blocs,
- Extraction
- Chargement
- Transport à la recette de l'installation.

- **La fonction élaboration - traitement des produits:** elle consiste à élaborer, à partir d'une matière première souvent hétérogène, un produit industriel régulier et homogène répondant à des spécifications bien précises.

- **La fonction stockage - expédition :** elle nécessite une réflexion importante pour ne pas détériorer la qualité de la production et pour optimiser le mouvement des stocks et le matériel de stockage .

- **La fonction contrôle de qualité :** Cette fonction doit traiter les points suivants:

- L'organisation de la qualité ou plutôt la mise en place d'un POQ et d'un PAQ .
- Le contrôle de la production .
- Le contrôle de conformité des produits .

CHOIX DES GRANULATS

Le choix des granulats est facilité par les textes réglementaires et les normes qui précisent les spécifications à imposer, nous citons les documents habituellement rencontrés au niveau des marchés publics à savoir .

- La NM 10.1.008 datée du 23/07/76 relative au béton de ciment usuels où sont données les spécifications des sables et gravettes pour bétons .
- La NF P 18 - 541 datée du Mai 1994 relative au granulats pour béton hydrauliques .
- Le fascicule 65 A datée janvier 92 du ministère de l'équipement, du logement et des transports France .
- Le cahier des perspirations communes applicables aux travaux routières . fascicule n° : 4 (ministère d'équipement Maroc) .

LES SPÉCIFICATIONS NORMALISÉES DU GRANULAT

La norme NF P 18 - 541 et NM 10.1.008 donnent les spécifications aux quelles doivent satisfaire les granulats courants ($S \geq 2 \text{ t / m}^3$) utilisés comme constituants des bétons hydrauliques. En annexes sont données des tableaux récapitulatifs de ces spécifications .

La norme P 18 - 541 présente l'avantage par rapport à la NM 10.1.008 qu'elle utilise une notion statique de jugement de qualité en tenant compte des critères de répétabilité et de reproductibilité des essais, de même elle introduit d'autres caractéristiques et d'autres essais (exp : sensibilité au gel, alcali - réaction, valeur au bleu pour la propreté de sable). En outre son champ d'application est plus étendu, il traite les ouvrages d'art de résistance caractéristique ≥ 36 MPa et les bâtiments de résistance caractéristique > 60 MPa.

RELATION ENTRE LES CARACTÉRISTIQUES DES GRANULATS ET CELLES DU BÉTON

Les caractéristiques des granulats ont une grande influence sur les propriétés du béton frais " maniabilité " ou les bétons durcis : Résistance, aspect des parements et durabilité .

Dans le tableau ci-après nous allons constater ce que les normes sur les granulats nous apportent et nous allons voir les liens existant entre les caractéristiques spécifiées des granulats et les propriétés des bétons :

Nature minéralogique	Les caractéristiques intrinsèques des granulats en dépendent, on peut, notamment, remarquer que : - un granulat calcaire à faible coefficient de dilatation thermique est favorable pour s'opposer à la fissuration de retrait thermique, mais défavorable du point de vue de la tenue dans un milieu agressif acide . - La présence de clivages dans les minéraux (micas, felds-paths, etc) accroît les retraits.
Granularité des sables (passent à $0,08 \leq 1,2$ %) (Mf : 1,8 à 3,2)	<u>La teneur en fines :</u> Les fines confèrent au béton frais un pouvoir de rétention d'eau qui permet de s'opposer au ressuage et une cohésion qui assure le maintien de l'homogénéité (absence de ségrégation). Leur excès devient défavorable car il accroît la demande en eau ($\frac{E}{C}$) . Leur absence ne permet pas d'obtenir un béton suffisamment compact et réduit les résistances mécaniques . <u>Le module de finesse :</u> Permet de juger globalement de la granularité d'un sable, sable fin à grossier, l'optimum qui donnera le meilleur compromis résistance - maniabilité - maintien de l'homogénéité se situe à $2,5 \pm 0,35$

Granularité des Gravillons d / D	D est choisie en fonction des critères de mise en oeuvre (densité de ferrailage). Pour une bonne maniabilité les spécifications fixent l'étendue de $\frac{(d+D)}{2}$
Absorption d'eau $Ab \leq 5 \%$ ou $Ab \leq 2,5 \%$	C'est une mesure des pores accessibles à l'eau une valeur élevée est défavorable pour la durabilité des bétons et aussi pour le maintien de la maniabilité du béton frais . une très faible valeur favorise le ressuage
Résistance mécanique Los Angeles $LA \leq 40$ ou $LA \leq 30$ Friabilité des sables (alluvionnaire) $FS \leq 60$ ou $FS \leq 40$	Pour les gravillons cette caractéristique intervient Beaucoup plus pour les BHP, et en limite sa valeur pour les différents types de bétons pour ne pas risquer d'avoir un mélange dont la granularité pourrait évoluer pendant le malaxage ou le transport en camion toupie ce qui modifierait les propriétés des bétons . La friabilité des sables est une mesure globale d'homogénéité appliquée aux sables alluvionnaire. une valeur élevée indique de fortes proportions d'éléments tendres ou friables nuisibles à l'aspect des parements et à la durabilité des bétons.
Coefficient d'aplatissement des gravillons $A \leq 30 \%$ ou $A \leq 25 \%$ ou $A \leq 20 \%$	C'est une mesure de la quantité d'éléments plats et allongés qui permet de juger de la forme des grains . une mauvaise forme nuit à la maniabilité, ce qui risque d'être compensé par un accroissement du dosage en eau, et favorise la ségrégation et l'apparition de défauts d'aspect.
Homogénéité $\geq 95 \%$	C'est une mesure quantité, peu courante, de la teneur en grains légers qui sont souvent altérés friables nuisible à l'aspect des parements et à leur durabilité, à la tenue au gel et à la résistance à l'usure des dallages .
Inpureses Prohibées $\leq 0,1 \%$	Il s'agit de débris végétaux, charbons, grains légers, etc qui nuisent à la durabilité et à l'aspect des parements .

Sensibilité au gel $G \leq 50 \%$	La stabilité au gel des bétons est surtout influencée par la gélinivité des granulats .
Alcali - réaction	Les granulats doivent être qualifiés vis-à-vis de l'alcalis - réaction. la détermination de la teneur des alcalins actifs permettra d'établir le bilan des alcalins de tous les constituants de béton et par conséquent se prémunir contre les désordres des ouvrages .
Propreté des granulats	La pollution des granulats accroît la demande en eau, fait chuter les résistances et plus particulièrement la résistance au jeune âge, augmente les retraits et nuit à la durabilité des bétons .
Teneur en soufre total $S \leq 0,4 \%$ Teneur en sulfates $SO_3 \leq 0,15 \%$	Les sulfates (pyrites) présents dans certains granulats peuvent s'oxyder et se transformer en sulfates pouvant donner lieu à des réactions expansives avec le ciment . Les sulfates solubles (gypse), en faible proportion peuvent perturber la prise et modifier les effets des adjuvants .
Matière organique dans les sables (test colorimétrique)	Leur présence peut perturber la prise, faire chuter les résistances surtout au jeune âge, et donner lieu à des tâches sur les parements .
Chlorures	Ils modifient la cinétique d'hydratation du liant et favorisent la corrosion des armatures ou des câbles de précontrainte . Les normes fixent la teneur en chlorures des bétons en différenciant les bétons non armés, armés ou précontraints .
Teneur en éléments coquilliers $\leq 10 \%$ pour les gravillons	s'ils sont présents en quantité notable, ils nuiront à la maniabilité et causeront un accroissement du dosage en eau . Pour les sables le critère d'acceptation est un essai de friabilité .

ORIGINES DES DÉFAUTS DE PRODUCTION ET REMÈDES

Comme dans toute fabrication industrielle, la production de granulats comporte des dérives qu'il y a lieu de connaître et d'agir correctement pour les corriger.

Dans le tableau suivant sont donnés un ensemble d'anomalies qu'on peut constater en cours de fabrication et les solutions à adopter pour y remédier.

Défauts Origines	Origines Remèdes	Remèdes
Propreté	• Front de taille, altération • découverte insuffisante, faille • Bancs d'argiles • Poches d'argiles • Précriblage et criblage • colmatage • Dimension insuffisante • Lavage insuffisant • Stockage, Pollution	Augmenter la découverte éliminer les produits altérés à l'extraction Augmenter la maille de pré-criblage Guider l'extraction pour éliminer l'argile Décolmatage Augmentation de la maille des cribles Augmentation du débit d'eau, tri des mottes d'Argiles en début de chaîne. Stocker les matériaux à l'abri des poussières éviter de rouler sur les stoks.
Coupures granulomé triques	• Criblage • Efficacité du crible, grille percée Maille à adapter ou colmatée	Changement de grille, mise en place de la maille adéquate, redimensionnement du crible
Formes	• Concassage Règlage sous-alimentation, appareils non adaptés à la roche.	meilleure alimentation des concasseurs. Réglage optimum Augmenter le recyclage, mise en place de concasseur plus adapte

L'emploi de granulats de bonnes caractéristiques permettra l'obtention de béton de qualité, satisfaisant les critères de maniabilité, d'aspect des parements, et présentant une bonne constance des caractéristiques des bétons .

L'incidence du transport sur les coût des matériaux poussent les consommateurs vers les productions de proximité, d'où la nécessité d'une mise en place d'une certification volontaire de la part des producteurs comme le cas du LABEL QUALITE LPEE qui peut garantir à l'utilisateur la conformité aux normes .

Et pour terminer, voici quelques aphorismes, qui peuvent être utiles à l'occasion :

- Les études et essais préalables ne coûtent cher que lorsqu'on omet de les faire.
- Les gisements ne sont uniformes que sur le carte géologique : ce sont des milieux discontinus, hétérogènes et anisotropes .
- Le matériel n'est neuf que dans le catalogue du fabricant .
- Les concasseurs et les cribles n'apprécient ni l'indigestion, ni la fringale .
- La force des choses n'entraîne pas vers la qualité mais vers les défauts .
- Le contrôle de qualité n'est pas un frein, mais un moteur auxiliaire .
- On ne peut pas faire un bon plat avec de mauvais ingrédients .