

### I. définition du béton léger :

Le béton est un terme générique qui désigne un matériau de construction fabriqué à partir de granulats (sable, gravillon) agglomérés par un liant. Le béton léger fait partie de la gamme des bétons spéciaux ses caractéristiques, suggèrent de nouvelles applications , ce qui le distingue du béton ordinaire est sa faible masse volumique. En effet la masse d'un béton de densité normale varié de 2200 à 2600 Kg/m<sup>3</sup>, tandis que celle du béton léger oscille entre 300et 1850 Kg/m<sup>3</sup>.

La réduction de la masse volumique peut s'obtenir de différentes façons :

- en utilisant des granulats légers
- en remplaçant les granulats par des bulles d'air
- en laissant des vides important entre les granulats denses (légers ) collés entre eux sans éléments fins (sable

### 2. Différence entre les bétons classiques et les bétons légers :

Malgré leurs bonnes qualités, les bétons classiques ont toujours présenté des inconvénients à savoir :

- Le poids propre des éléments en béton très élevé (poids mort hors charges ).
- Exigence d'un sol de forte capacité de portance.
- Mise en œuvre assez délicate (coffrage et coulage).
- Caractéristiques thermiques et phoniques médiocres

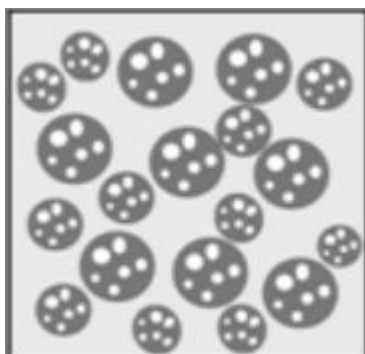
En revanche l'utilisation d'un béton de faible masse volumique peut être bénéfique en terme :

- D'éléments porteurs de faible section
- Mise en œuvre facile et par conséquent une productivité élevée.
- Permet de construire sur des sols de faible capacité de portance.
- Procure une meilleure isolation thermique et phonique
- Meilleure tenue au feu et au gel dégel .

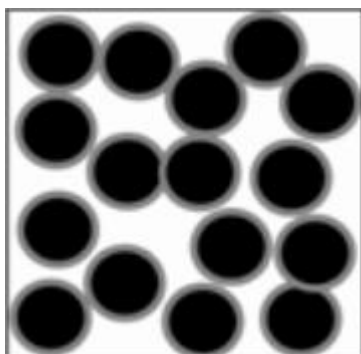
### 3. Type des bétons légers :

La faible masse volumique des bétons légers provient de leur porosité élevée. Cette porosité peut être localisée dans trois endroits :

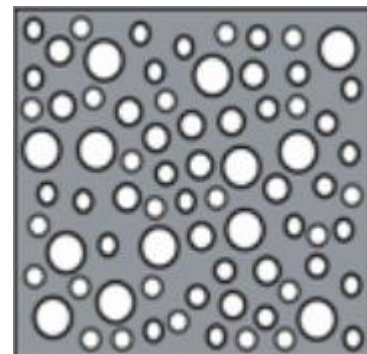
- Au sein des granulats : C'est le cas des bétons de granulats légers
- Entre les gros granulats par suppression des granulats fins. C'est le cas des bétons caverneux
- Dans la pâte de ciment : C'est le cas des bétons cellulaires.



Béton de granulat léger

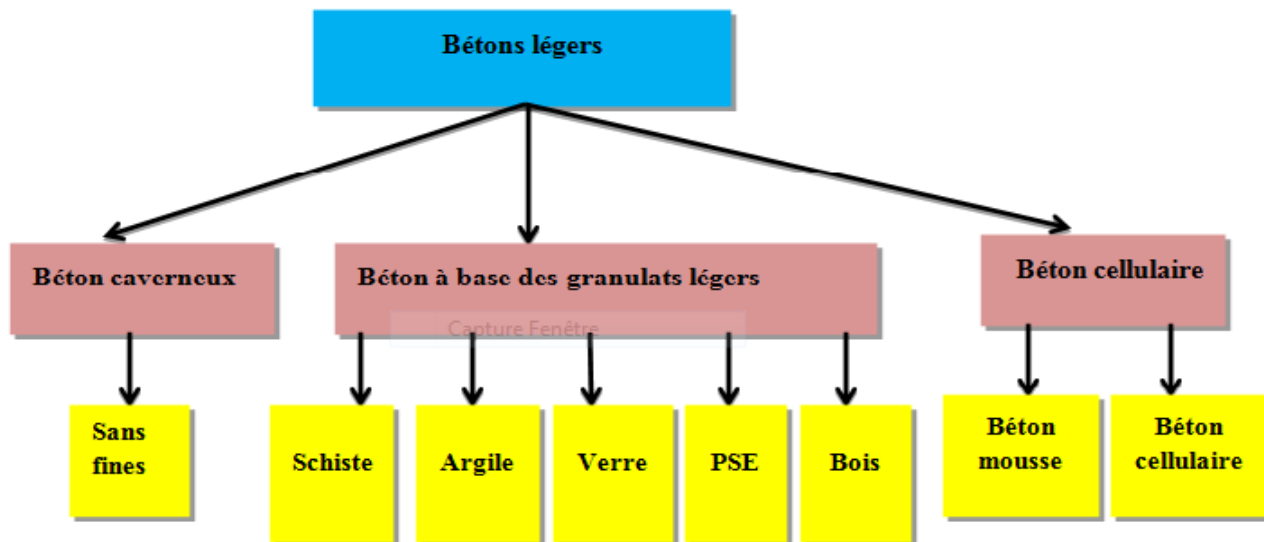


Béton caverneux



Béton Cellulaire

**Figure I.:** représentation schématique des différents types de béton légers



### 3.1 .Béton à base de granulats légers

Le béton à base de granulats légers, n'est pas une nouvelle invention en technologie de béton. On l'a connu depuis des périodes antiques, ainsi il est possible de trouver un bon nombre de référence en liaison avec l'utilisation BGL. Il est réalisé en utilisant les agrégats normaux d'origine volcanique tels que la ponce, etc.

Les bétons de granulats légers trouvent de nombreuses applications dans le domaine du bâtiment et des ouvrages d'art. Ils sont utilisés notamment pour alléger les structures telles que les poutres, les poteaux, les planchers etc. Les bétons légers connus pour améliorer l'isolation thermique. Les bétons légers pour les produits de structure présentent une masse volumique réelle sèche comprise entre 1200 et 2000 Kg/m<sup>3</sup> et des résistances à la compression entre 25 et 80 MPa.

#### 3.1.1. Type et nature des granulats légers :

Comme pour tout béton, les granulats sont également un élément-clé dans la composition du béton léger. Il est possible d'utiliser des granulats naturels pour sa confection, comme on peut utiliser des granulats recyclés qui peuvent être utilisés en remplacement partiel ou total des granulats naturels dans le BL. Les granulats influencent de manière significative les propriétés du BL à savoir la fluidité, la résistance mécanique du béton et la durabilité.

les granulats légers ont plusieurs origines, ils peuvent être naturels, obtenus par traitement des déchets ou fabriqués spécialement pour les bétons légers.

#### A - Les granulats légers naturels :

Il s'agit de granulats naturels par définition, mais légers ; c'est-à-dire présentant une structure alvéolée.

Les granulats légers naturels sont issus en général de roches d'origine volcanique ou sédimentaire subissant diverses transformations mécaniques.

#### A-1 Granulats minéraux :

##### Pierre ponce :

La pierre ponce est un matériau naturel d'origine volcanique, elle se forme par un refroidissement brusque de roche en fusion, elle se présente sous l'aspect de grains assez arrondis dont le diamètre maximale de 10 à 20 mm d'une densité sèche variant de 500 à 800 kg /m<sup>3</sup>.

La ponce est assez friable et employée pour des bétons légers de structure et d'isolation ayant des résistances modestes ainsi que dans le cas des enduits légers.



**Figure 2 :** la pierre Ponce

### Pouzzolane :

La pouzzolane provient de la cristallisation du magma volcanique refroidi assez lentement (lave mousseuse) silicoalumineuse. Sa densité est un peu plus élevée que celle de la ponce, variée de 700 à 900 Kg/m<sup>3</sup>.



**Figure 3:** Granulats De Pouzzolane

### A-2 Granulats végétaux :

#### Granulat de Liège :

Ce type de granulat est obtenu à partir des chaînes de liège en passant par le concassage de celle-ci et puis le liège est torréfié dans des autoclaves vers 350°C sa densité sèche varie entre 65 et 120 Kg/m<sup>3</sup>. Le domaine d'utilisation des granulats de liège est bien la confection des chapes et des planchers.



**figure4:** granulats de liège

#### Copeaux de bois : (sapin - pin )

par découpage et broyage on obtient de morceaux de bois de 5 à 25 mm , qui doivent être déshydratés , traités chimiquement et stabilisés par une attaque d'acide pour éliminer la cellulose et puis par le chlorure de calcium ensuite lavés et séchés , ils présentent une densité sèche de 250 à 400 kg / m<sup>3</sup>.

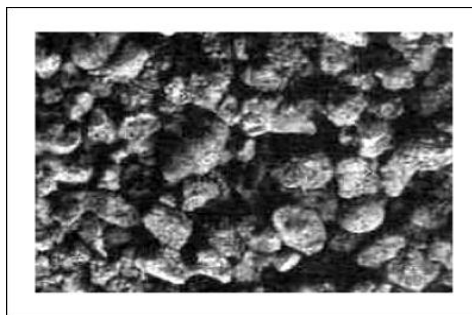


**Figure 5 :** copeaux de bois

### A-3 Granulats obtenus par traitement des déchets industriels:

#### Laitier expansé :

le laitier s'expance en refroidissant dans une fosse au fond de laquelle on envoie des jets d'eau sous pression , la roche obtenue à une structure alvéole .



**Figure 6 :** laitier expansé

#### Cendres volantes :

les cendres volantes sont mélangées à de l'eau pour former des granules traitées thermiquement à une température de 1200 °c à 1300 °c , les boulettes obtenues ont une densité sèche de 630 à 680 kg / m<sup>3</sup>

#### Vermiculite :

obtenue par expansion à l'air chaud vers 900 °c puis refroidissement brusque de paillettes de micas (minéral en feuillets facile à séparer ,composé des silicates ,riche en aluminium et en potassium ) présente une densité sèche de 70 à 130 kg / m<sup>3</sup>



**Figure 7 :** vermiculite

#### Perlite :

obtenue par chauffage rapide vers 1000 °c puis refroidissement brusque d'une roche volcanique riche en silice produisant ainsi des micro billes d'une densité de 50 à 100 kg/ m<sup>3</sup>.



**Figure 8 :** perlite

### A - 4 Granulats fabriqués spécialement :

#### Argile et schiste expansés :

sont les plus fabriqués au monde , traités à une température de 1150 °c à 1200 °C, le dégagement de certains gaz dans le matériau lui donne au refroidissement une structure interne alvéole et une surface externe

vitrifiée et dure présentant un diamètre de 3 à 25 mm de forme assez arrondie d'une densité sèche de 350 à 750 kg /m<sup>3</sup> donnant des bétons d'une masse volumique de 1200 à 2000 kg /m<sup>3</sup> .



figure 9 : argile expansée

**Verre fritté :**

est un mélange de poudre de verre avec un expansif sous forme granulé traité à 800 ° c donnant des boulettes d'une densité sèche de 130 à 160 kg /m<sup>3</sup>.

**Polystyrène expansée :**

le polystyrène additionné à un agent d'expansion dans des caissons ou circule la vapeur chaude , les paillettes de polystyrène augmentent de volume sous forme de billes sphériques d'un diamètre de 1 à 6 mm dont la densité sèche est de 10 à 15 kg /m<sup>3</sup> donnant des bétons de masse volumique 300 à 600 kg /m<sup>3</sup> et d'une résistance à la compression de 0.3 à 5 Mpa .

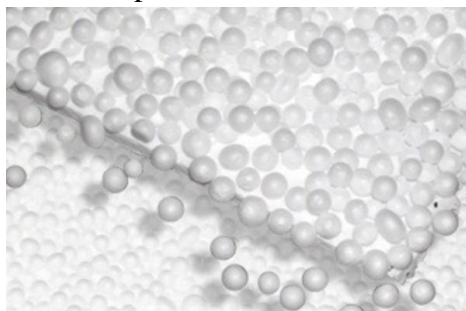


figure 10: polystyrène

**3.1.2 Caractéristiques des granulats légers :**

**porosité :**

les granulats légers sont caractérisés par une forte porosité qui varie de 25 à 75 % du volume apparent , la porosité des granulats manufacturés varie proportionnellement avec leur taille .

**Absorption :**

l'absorption des granulats légers dépend de leur réseau poral et la présence ou non d'une enveloppe plus dense à la surface des granulats . Les granulats manufacturés présentent une absorption de 10 à 20 % après 24 h.

| Au bout de        | 5min | 1h   | 1j   | 28 j |
|-------------------|------|------|------|------|
| Absorption forte  | 10 % | 15 % | 27 % | 45 % |
| Absorption faible | 5 %  | 7 %  | 12 % | 15 % |

### 3.2 béton caverneux :

Ce sont des bétons obtenus par mélange de ciment et des granulats (courants ou légers) avec élimination totale, ou partielle des granulats fins (sable), avec une quantité d'eau de gâchage minimale juste nécessaire pour assurer l'enrobage des graviers.

Donc le léger caverneux est très poreux en raison de la présence dans sa masse de vides dus à l'absence du sable (granulats fins). Ce type de bétons sont utilisés dans le cas où la résistance n'est pas recherchée, c'est le cas :

- ❖ des murs banchés ; - pavage des routes .
- ❖ des bétons de remplissage.

La résistance en compression du béton caverneux est généralement comprise entre 3 et 7 MPa. On note une augmentation de la résistance avec l'âge semblable à celle des bétons de densité normale. Il présente une forte porosité de l'ordre de 15 à 25 % du volume , une forte perméabilité et une masse volumique inférieure à  $1800 \text{ kg/m}^3$  . Le retrait de ce type de béton est plus faible par rapport un béton normale avec une grande résistante au gel.

**Tableau2 : caractéristiques du béton léger caverneux**

| Types des bétons spéciaux   | Propriétés, caractéristiques particulières  | Utilisation, domaines d'application privilégiés   |
|---|---|---|
| <b>Bétons légers caverneux</b><br>- <b>béton caverneux de granulats légers</b><br>- <b>bétons de bois</b><br>- <b>bétons de liège</b> | - Masse volumique réduite<br>- Perméabilité à l'eau et l'air<br>- Absorption acoustique | - Allègement et drainage<br>- Absorption des bruits, réduction des bruits d'impact (écran acoustique, etc.) |

### 3.3 Béton cellulaire :

Lors de la classification initiale des bétons légers, on a indiqué que l'incorporation de vides stable à l'intérieur de la pâte de ciment ou du mortier durci constitue une méthode pour réduire la masse volumique du béton. L'incorporation d'un gaz se fait habituellement en utilisant de la poudre d'aluminium finement divisée, dans une proportion d'environ 0.2% de la masse de ciment. La réaction de la poudre avec l'hydroxyde de calcium ou les alcalis du ciment libère des bulles d'hydrogène. Les bulles provoquent l'expansion de la pâte de ciment ou du mortier qui doivent avoir une consistance suffisante pour empêcher qu'elles ne s'échappent .

Au milieu alcalin la poudre d'aluminium par exemple réagit comme suit :



➤ Le béton cellulaire est un matériau de construction à base de matières minérales abondantes dans la nature, ses constituants sont : du sable fin, du ciment, de la chaux et d'un agent expansif tel que :

- Poudre d'aluminium
- Agent moussant
- Entraîneur d'air].

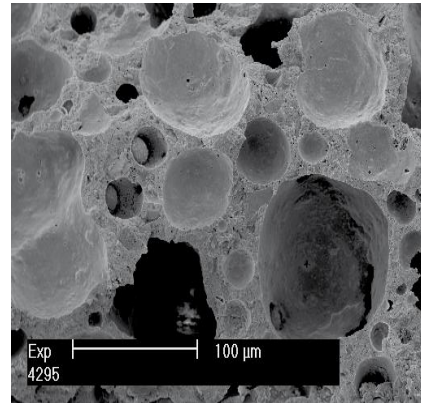
### 3.3.1 : structure du béton cellulaire :

La structure de béton cellulaire est caractérisée par sa matrice microporeuse .

Les microsopes sont formés en raison de l'expansion de la masse causée par le dégagement du gaz et les microsopes apparaissent dans les parois entre les microsopes qui sont des pores avec un diamètre de plus de 60  $\mu\text{m}$  .



**Figure 10:** structure du béton cellulaire



**Figure 11:** structure du béton cellulaire vue au ME

Les bétons cellulaires ont généralement une résistance à la compression (0.5 à 6 Mpa ) et une masse volumique extrêmement faibles (0.4 à 1.2 t/m<sup>3</sup>), leur conductivité thermique varie de 0.16 et 0.4 w /m /°c. L'utilisation la plus courante des bétons cellulaires se limite au béton de remplissage

## 4. Les propriétés des bétons légers :

### 4.1 La masse volumique :

La masse volumique est une caractéristique physique très importante . La diminution de la masse volumique est liée au type de granulats utilisés et aux proportions des différents constituants.

### 4.2 La légèreté :

L'emploi du granulats légers a pour conséquence une diminution de 20 à 30% de la masse volumique de béton. L'intérêt est d'avoir un matériau facile à mettre en œuvre lorsqu'il est vendu manufacturé sous forme de parpaings. De plus, ce matériau allégé nécessite une fondation moins importante lors de la construction

### 4.3 La résistance à la compression:

En général presque tous les bétons légers présentent des résistances à la compression inférieure à celles des bétons ordinaires ; cependant quelques types de bétons légers, évidemment par ajout de produits peuvent atteindre des résistances similaires à celles du béton classique, c'est le cas des bétons légers de haute performance BLHP.

La qualité des granulats est considérée comme le principal facteur limitant la résistance en compression des bétons de granulats légers, vient ensuite la qualité et la masse volumique du béton durci. La résistance est de 60 à 70MPa pour une masse volumique de 1800 à 1900 kg/m<sup>3</sup>. Cependant la résistance en compression est influée par plusieurs paramètres dont on peut citer :

- Le dosage en ciment :
- Le dosage en eau :
- Le dosage en granulats (rapport G/S) :
- Les caractéristiques des granulats légers utilisés :( masse volumique - résistance - taille )

La rupture en compression d'un béton léger se produit en général par cassure des granulats légers .

| Densité sèche | Résistance en compression | utilisation         |
|---------------|---------------------------|---------------------|
| 400 -800      | 2 - 8 Mpa                 | isolation           |
| 800 -1400     | 8 -20 Mpa                 | Isolation + porteur |
| 1400- 1800    | 20 - 50 Mpa               | porteur             |

#### 4.4 conductivité thermique:

L'une des caractéristiques les plus importantes des bétons légers est le pouvoir isolant , ce pouvoir est caractérisé par un paramètre thermo physique qui est la conductivité thermique

le tableau suivant donne les valeurs de la conductivité des différents types de bétons :

|   |             |
|---|-------------|
| <b>Béton ordinaire</b>                      | <b>2,1</b>  |
| <b>Béton allégé (+ granulats poreux)</b>    | 0,47 à 1,2  |
| <b>Béton allégé (+argile expansé)</b>       | 0,3 à 0,73  |
| <b>Béton cellulaire</b>                     | 0,14 à 0,23 |
| <b>Béton léger (+ granulats non poreux)</b> | 0,81 à 1,2  |
| <b>Béton léger (+ granulats poreux)</b>     | 0,22 à 1,2  |
| <b>Béton léger (+ pierre ponce)</b>         | 0,15 à 0,46 |
| <b>Béton léger (+ argile expansé)</b>       | 0,18 à 0,46 |

Le tableau suivant regroupe les différentes caractéristiques :

| Densité kg / m | Résistance Mpa | Conductivité ( w/m /°c ) |
|----------------|----------------|--------------------------|
| 300            | 1              | 0.1                      |
| 400            | 1.5            | 0.15                     |
| 600            | 2.5            | 0.2                      |
| 800            | 6              | 0.25                     |
| 1000           | 9              | 0.38                     |
| 1200           | 13             | 0.45                     |
| 1400           | 17             | 0.55                     |
| 1600           | 29             | 0.7                      |
| 1800           | 32             | 0.85                     |

#### 5 Classification des bétons légers :

La masse volumique du béton peut être diminuée en remplaçant certaine partie des matériaux. Donc une classification basée sur la masse volumique et la résistance à la compression est présentée sur le tableau suivant ( selon Neville ;2000 )



| Classification                    | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | $R_c$ (MPa) |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------------|
| Béton léger de structure          | 1350-1900                   | > 17        |
| Béton léger de résistance modérée | 800-1350                    | 7-17        |
| Béton de faible résistance        | 300-800                     | <7          |

## 6. Domaine d'utilisation des bétons légers :

Selon leur résistance, les bétons légers sont utilisés soit comme :

**Béton de structure :** C'est le cas des bétons légers de haute performance, les bétons au laitier expansé, à l'argile frittée expansée...etc.

**Isolant porteur :** C'est le cas des bétons à la pierre ponce, béton à l'argile expansé...etc.

**Isolants :** leur résistance est faible, dans cette catégorie on peut citer : Les bétons cellulaires  
Dans la construction on les utilise comme :

- ✓ Bloc de maçonnerie
- ✓ Panneau préfabriqué.
- ✓ Mur antibruit.
- ✓ Bardage.
- ✓ Ouvrage extérieur.
- ✓ Élément de cave.
- ✓ Entrevous et hourdis.
- ✓ Les pavés.
- ✓ travaux de remise à niveau

## 7. Avantages du béton léger :

- ✓ Le béton léger présente plusieurs avantages, tels que :
- ✓ L'augmentation des propriétés d'isolation thermique et acoustique
- ✓ Les excellentes qualités de finition d'une pièce en béton léger.
- ✓ Légèreté : plus léger qu'un béton classique, le béton léger a une densité de 0.4 à 1.2 en comparaison de 2.2 à 2.5 pour un béton classique.
- ✓ Non inflammable
- ✓ Economie sur le ferrailage des éléments.
- ✓ Le béton léger, par sa légèreté, réduit le poids mort des bâtiments, ce qui réduit considérablement la dimension, donc le poids des fondations.

## 8 .Désavantages de béton léger :

- ✓ Le prix est plus élevé à cause du dosage en ciment plus important.
- ✓ La mise en place est délicate car le béton est plus sensible.
- ✓ Consommation d'eau plus importante, granulats à porosité importante.
- ✓ Il est difficile de le mettre en place avec une pompe à béton.

**9. Exemple de composition d'un béton léger :**

| <b>matière</b>                        | <b>Masse (kg )</b> | <b>Masse volumique</b> | <b>Volume absolu (l )</b> |
|---------------------------------------|--------------------|------------------------|---------------------------|
| <b>ciment</b>                         | 400                | 3.15                   | 127                       |
| <b>Granulats secs</b>                 | 510                | 1.2                    | 425                       |
| <b>Sable sec</b>                      | 631                | 2.62                   | 241                       |
| <b>eau</b>                            | 175                | 1                      | 175                       |
| <b>adjuvant</b>                       | 2                  | 1.2                    | 1.7                       |
| <b>Eau absorbée par les granulats</b> | 25                 | 1                      |                           |
| <b>Air occlus</b>                     | -                  |                        | 30                        |
| <b>Total</b>                          | 1743               |                        | 1000                      |