

BETON

Introduction

Nous présenterons dans ce chapitre, les caractéristiques des matériaux utilisés pour la confection du béton.

Les matériaux utilisés sont:

- Le sable fin de la région Beskra et sable concasse
- Le gravier de carrière située à 20 Km de Setif,
- Le ciment CEM de la cimenterie ACC de Hammam Dhalaa (M'sila).
- L'eau potable du laboratoire (laboratoire de génie civil).
- Superplastifiant MEDAFLEWS 40
- Laitier

II.1. Sable de dunes de Beskra et sable concasse

II.1.1. Origine du sable

Le sable de base de notre recherche provient : des abords Beskra Et concasse de carrière située à 20 Km de Setif

II.1.2. Caractéristiques physiques des sables utilisés

Le sable a été soumis à plusieurs essais au laboratoire de Génie civil de l'université de M'sila suivant les normes françaises AFNOR.

II.1.3. Masse volumique (absolue) NF P18-555

C'est la masse de l'unité de volume de la substance, c'est-à-dire le rapport entre sa masse et son volume absolu.

Mode opératoire

On détermine la masse volumique absolue du sable à l'aide du récipient de capacité 1000 ml. On prend 03 échantillons de masse 300g.

On place l'échantillon dans le récipient de capacité 1000 ml et on y verse 300 ml d'eau préparé préalablement dans 2^{ème} récipient gradué, puis on malaxe soigneusement le contenu pour chasser l'air qui y existe. Après cette opération, on détermine le volume final occupé par le mélange sable-eau. Soit (V) ce volume.

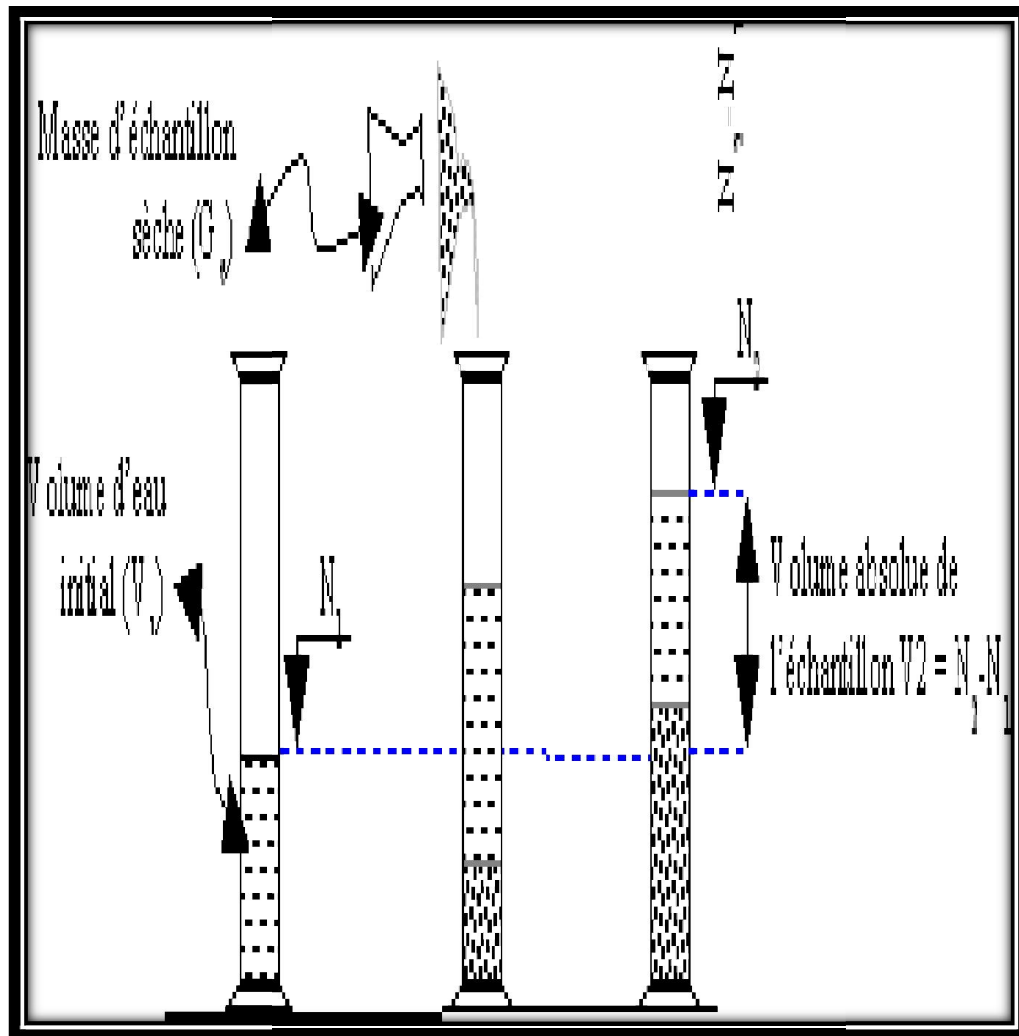
Sachant que le volume (V_0) d'eau versé est 300 ml, il serait facile de déterminer le volume occupé

$$V_1 = V - 300(\text{ml}) \quad (\text{II.1})$$

La masse volumique absolue du sable est déterminée par la formule :

$$\text{Avec : } M = 300 \text{ g} \quad \rho = \frac{M}{V_1} \quad (\text{g/cm}^3) \quad (\text{II.2})$$

Figure II. 1 : Détermination de la masse volumique absolue d'un matériau.



Résultats obtenus

Tableau II. 1 : Masse volumique absolue du sable Besskra

| N° d'essai | M_1 (g) | V_e (cm ³) | V_f (cm ³) | ρ (g / cm ³) | ρ_{moy} (g/cm ³) |
|------------|--------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 300 | 150 | 270 | 2.50 | 2.60 |
| 2 | 300 | 150 | 265 | 2.60 | |
| 3 | 300 | 150 | 260 | 2.72 | |

Tableau II .2 : Masse volumique absolue du sable concassé.

| N° d'essai | M (g) | V_e (cm ³) | V_f (cm ³) | ρ (g / cm ³) | ρ_{moy} (g / cm ³) |
|------------|-------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 300 | 150 | 265 | 2.60 | |

| | | | | | |
|---|-----|-----|-----|------|-------|
| 2 | 300 | 150 | 266 | 2.58 | 2.573 |
| 3 | 300 | 150 | 268 | 2.54 | |

II.1.4.Masse volumique apparente NF P18-554

II.1.4.1.Masse volumique apparente à l'état lâche

C'est la masse du matériau par unité de volume y compris des vides existant entre les grains

Mode opératoire:

- ❖ On détermine la masse volumique apparente du sable à l'aide d'un entonnoir standardisé de capacité **2 à 2,5** litres.
- ❖ On remplit l'entonnoir avec du sable sec.
- ❖ On pèse le récipient vide M_1 .
- ❖ On place le récipient sous l'entonnoir à une distance de **10 à 15** cm et on le remplit avec du sable.
- ❖ Une fois le récipient est rempli, on nivelle la surface du sable et on pèse le tout. Soit M_2 ce poids.
- ❖ Volume percipient $V_r = 900 \text{ cm}^3$.

$$\rho_{app} = \frac{(M_2 - M_1)}{V_r} (\text{g} / \text{cm}^3) \quad (\text{II.3})$$

- ❖ La masse volumique apparente du sable est donnée par la formule suivante:

Tableau II.3 : Masse volumique apparente du sable de Beskra à l'état lâche.

| N° d'essai | M ₁ (g) | M ₂ (g) | ρ_{app} (g/cm ³) | ρ_{app} (moyenne (g/cm ³)) |
|------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|---|
| 01 | 115 | 1560 | 1.605 | 1.601 |
| 02 | 115 | 1557 | 1.602 | |
| 03 | 115 | 1554 | 1.598 | |

Tableau II. 4 : Masse volumique apparente du sable concasse à l'état lâche.

| N° d'essai | M1 (g) | M2 (g) | ρ_{app} (g/cm ³) | ρ_{app} (moye(g/ cm ³)) |
|------------|--------|--------|-----------------------------------|--|
| 01 | 115 | 1497.2 | 1.535 | |
| 02 | 115 | 1495.6 | 1.534 | 1.53 |
| 03 | 115 | 1498.3 | 1.536 | |

II.1.4.2.Masse volumique apparente à l'état compact

C'est la masse du matériau par unité de volume après compactage compris les vides restant entre les grains. Généralement elle est supérieure à la masse volumique à l'état lâche.

Mode opératoire :

Même méthode que celle de l'état lâche, après remplissage du récipient « après tassement » on soumet ce dernier à **30** secousses manuelles. On complète le remplissage du récipient après le tassement du sable, puis on nivelle ce dernier et on le pèse. Soit M_2 le poids de l'ensemble (sable + récipient), la masse volumique à l'état compacte est donnée par la formule suivante:

$$\rho_c = \frac{(M_2 - M_1)}{V_r} \quad (\text{g/cm}^3) \quad (\text{II.4})$$

Tableau II.5 : Masse volumique apparente du sable de Beskra à l'état compact.

| N° d'essai | M1 (g) | M2 (g) | ρ_{app} (g/cm ³) | ρ_{app} moy(g/cm ³) |
|------------|--------|--------|-----------------------------------|---|
| 01 | 115 | 1688 | 1.747 | |
| 02 | 115 | 1687 | 1.746 | 1,745 |
| 03 | 115 | 1685 | 1.744 | |

Tableau II. 6 : Masse volumique apparente du sable concasse à l'état compact.

| N° d'essai | M1 (g) | M2 (g) | ρ_{app} (g/cm ³) | $\rho_{app\text{ moy}}$ (g/cm ³) |
|------------|--------|--------|-----------------------------------|--|
| 01 | 114 | 1384 | 1.4 | |
| 02 | 114 | 1356 | 1.38 | 1.39 |
| 03 | 114 | 1378 | 1.4 | |

II.1.5.Porosité (NF P18-554)

C'est le volume des vides entre les grains du sable. La porosité peut être déterminée par

la formule suivante

$$\rho_L^P(\%) = 1 - \left[\frac{\rho_{app}}{\rho_{abs}} \right] \times 100 \quad (II.5)$$

On distingue deux cas :

-Pour le sable de Beskra :

- ❖ Etat lâche: $\rho_L = 38.42\%$.
- ❖ Etat compacte: $\rho = 32.88\%$.

-Pour le sable concasse:

- ❖ $\rho_L = 40.33\%$:
- ❖ Etat compacte: $\rho = 33.42\%$

II.1.6.Compacité

La compacité d'un matériau est une proportion de son volume réellement occupé par la matière solide qui le constitue, c'est-à-dire le rapport du volume absolu des grains au volume apparent du matériau.

La compacité donnée par la formule :

$$C = (\rho_a / \rho_{ab}) = 100 - \rho \quad (II.6)$$

On distingue deux cas :

-Pour sable de Beskra :

- ❖ Etat lâche : $C_L = 61.58\%$.
- ❖ Etat compacte : $C_c = 67.12\%$.

-Pour le sable concasse:

- ❖ Etat lâche : $C_L = 52.25\%$

❖ Etat compacte : $C_c=54.73\%$

II.1.7.L'indice des vides

L'indice des vide est le rapport entre le volume du vide et le volume de solide.

$$e = P/(100 - p) = V_v/V_s \quad (II.7)$$

Avec P en pourcent (%).

-Pour le sable Beskra:

❖ Etat lâche : $e=0,684\%$

❖ Etat compacte : $e=0,532\%$

-Pour le sable de concasse :

❖ Etat lâche : $e=0.88\%$

❖ Etat compacte : $e=0.80\%$

Les résultats de la porosité, la compacité et l'indice de vide sont regroupés dans les deux tableaux suivants :

Tableau II. 7 : la porosité, la compacité et l'indice de vide Pour le sable de Beskra

| Porosité P% | | Compacité C% | | Indice des vides e | |
|-------------|---------|--------------|---------|--------------------|---------|
| Lâche | Compact | Lâche | Compact | Lâche | Compact |
| 38.42 | 32.88 | 61.58 | 67.12 | 0,684 | 0,532 |

Tableau II.8: la porosité, la compacité et l'indice de vide Pour le sable concasse

| Porosité P% | | Compacité C% | | Indice des vides e % | |
|-------------|---------|--------------|---------|----------------------|---------|
| Lâche | Compact | Lâche | Compact | Lâche | Compact |
| 40.33 | 33.42 | 52.25 | 54.73 | 0.88 | 0.80 |

II.1.8.Equivalent de sable NF P18-598

Nous essayons de mettre en évidence la proportion d'impuretés argileuses ou ultrafines contenues dans le sable et le pourcentage de poussières nuisibles et les éléments argileux qui diminuent la qualité du béton et mortier.

Mode opératoire :

❖ Tamiser une quantité de sable (masse supérieure à 500g).

❖ Prendre une pesée de 120g.

- ❖ Remplir l'éprouvette de solution la vente jusqu'au premier repère (**10cm**).

A l'aide de l'entonnoir verser la prise d'essai (**120g**) dans l'éprouvette et taper fortement à plusieurs reprises avec la paume de la main afin de chasser toutes les bulles d'air et favoriser le mouillage de l'échantillon.

- ❖ Laisser reposer pendant **10minutes**.

Fermer l'éprouvette à l'aide du bouchon en caoutchouc et lui imprimer 90 cycles de **20** cm de cours horizontale en **30** secondes à la main à l'aide d'un agitateur mécanique.

- ❖ Retirer ensuite le bouchon, le rincer avec la solution la vente au-dessus de l'éprouvette, rincer ensuite les parois de celle-ci.

❖ Faire descendre le tube laveur dans l'éprouvette, le rouler entre le pouce et l'index en faisant tourner lentement le tube et l'éprouvette et en imprimant en même temps au tube un léger piquage. Cette opération a pour but de laver le sable et de faire monter les éléments fins et argileux. Effectuer cette opération jusqu'à ce que la solution la vente atteigne le **2^{ème}** repère.

Laisser ensuite reposer pendant **20minutes**.

II.1.8.1. Equivalent de sable visuel (ESV)

- ❖ Après **20** minutes de dépôt de sable, lire la hauteur h_1 du niveau supérieur du floculant jusqu'au fond de l'éprouvette à l'aide d'une règle.

- ❖ Mesurer également avec la règle la hauteur h_2 comprise entre le niveau supérieur de la partie sédimentaire et le fond de l'éprouvette.

$$ESV = \frac{h_2}{h_1} \times 100 [\%] \quad (II.8)$$

Où $h_2 < h_1$ avec : **h_1 : sable propre + éléments fins**

II.1.8.2. Equivalent de sable au piston (ESP)

Introduire le piston dans l'éprouvette et laisser descendre doucement jusqu'à ce qu'il repose sur le sédiment. A cet instant bloquer le manchon du piston et sortir celui-ci de l'éprouvette.

Introduire le réglet dans l'encoche du piston jusqu'à ce que le zéro vienne buter contre la face intérieure de la tête du piston. Soit partie sédimentée. la hauteur lue et correspondant à la hauteur de la

$$ESP = \frac{h_2}{h_1} \times 100 [\%] \quad (II.9)$$

h'_2 : La hauteur du sable ($h'_2 < h_1$)

Tableau II.9 : Equivalent du sable de Beskra

| N° d'essai | h_1 (cm) | h_2 (cm) | ESV (%) | h'_2 (cm) | ESP (%) |
|------------|------------|------------|-----------|-------------|-----------|
| 01 | 10.7 | 8.8 | 82.24 | 8.6 | 80.37 |
| 02 | 10.6 | 9.2 | 86.79 | 9.7 | 83.96 |
| 03 | 10.6 | 9 | 84.9 | 8.7 | 82.07 |
| | | | 84.64 (%) | | 82.13 (%) |

Tableau II.10 : Equivalent du sable concassé

| N° d'essai | h_1 (cm) | h_2 (cm) | ESV (%) | h'_2 (cm) | ESP (%) |
|------------|------------|------------|-----------|-------------|-----------|
| 01 | 10.5 | 10 | 95.23 | 9.5 | 90.47 |
| 02 | 10.2 | 9.8 | 96.07 | 9.6 | 94.11 |
| 03 | 10.4 | 10 | 96.15 | 9.5 | 91.34 |
| | | | 95.81 (%) | | 91.97 (%) |

Figure

II.2 : L'essai l'équivalent de sable.

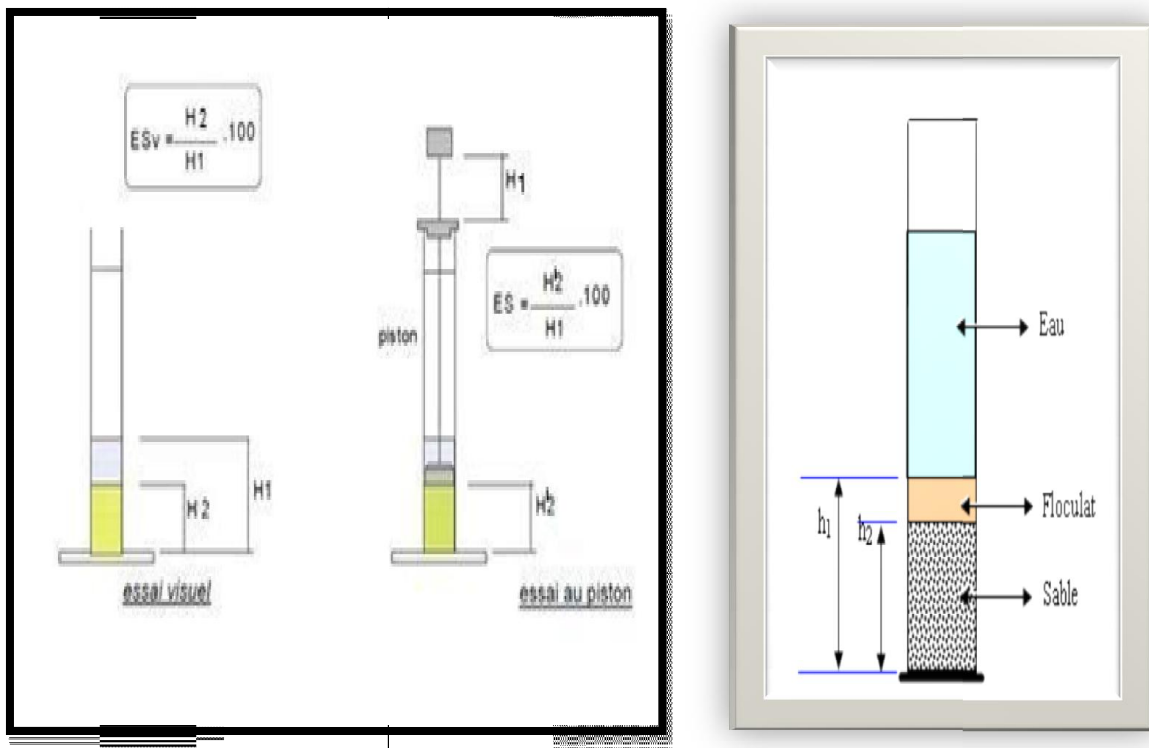


Tableau II.11 : Comparaison des résultats.

| E.S.V | E.S.P | Nature et qualité du sable |
|----------|----------|--|
| ES<65 | ES<60 | Sable argileux : Risque de retrait ou de gonflement à rejeter pour des bétons de qualité. |
| 65<ES<75 | 65<ES<70 | Sable légèrement argileux de propriété admissible pour des bétons de qualité courante quand on ne craint pas particulièrement le retrait. |
| 75≤ES≤85 | 70≤ES≤80 | Sable propre à faible pourcentage de farine argileux convient parfaitement pour des bétons de hautes qualité. |
| E.S ≥85 | E.S >80 | Sable très propre : L'absence totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau. |

Pour le sable Beskra et sable concassé C'est un Sable très propre : L'absence totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

II.1.9.Teneur en eau NF P18-555

Le sable a la capacité de retenir une quantité d'eau très grande (elle peut atteindre 20 à 25% de son poids), si son humidité est comprise entre la limite de 0 à 3%, on l'appelle sec.

Mode opératoire :

Peser un échantillon de sable humide, soit M_h son poids (**500 g**).

Laisser l'échantillon dans une étuve à une température dans l'intervalle de **105°C à 110 °C** pendant **24 heures**.

Peser l'échantillon de nouveau, soit M_s son poids. La teneur en eau du sable est:

$$W = \left(\frac{M_h - M_s}{M_h} \right) * 100 [\%]$$

Où :

- M_h : Poids du sable humide en(g).
- M_s : Poids du sable sec en(g).

Tableau II.12 : Teneur en eau du sable de Beskra

| N° d'essai | $M_h(g)$ | $M_s(g)$ | $W(\%)$ | $W_{moy}(\%)$ |
|------------|----------|----------|---------|---------------|
| 1 | 500 | 497 | 0.6 | 1.13 |
| 2 | 500 | 493 | 1.4 | |
| 3 | 500 | 493 | 1.4 | |

Tableau II.13 : Teneur en eau du sable concasse.

| N° d'essai | $M_h(g)$ | $M_s(g)$ | $W(\%)$ | $W_{moy}(\%)$ |
|------------|----------|----------|---------|---------------|
| 1 | 500 | 491 | 1.8 | 1.73 |
| 2 | 500 | 493 | 1.4 | |
| 3 | 500 | 490 | 2 | |

II.1.10.Degré d'absorption d'eau NF P18-555

Elle est le pouvoir d'un matériau d'absorber et de retenir l'eau, elle est définie en pourcentage d'après la formule suivante.

- M_1 : La masse du matériau sec en(g).
- M_2 : La masse du matériau saturé d'eau superficiellement sec en (g).

Tableau II.14 : Degré d'absorption du sable de Beskra.

| N° d'essai | $M_1(g)$ | $M_2(g)$ | $A(\%)$ | $A_{moy}(\%)$ |
|------------|----------|----------|---------|---------------|
| 1 | 300 | 308,22 | 2.74 | 2.77 |
| 2 | 300 | 307,90 | 2,63 | |
| 3 | 300 | 308,86 | 2,95 | |

Tableau II.15 : Degré d'absorption du sable concasse.

| N° d'essai | M ₁ (g) | M ₂ (g) | A (%) | A _{moy} (%) |
|------------|--------------------|--------------------|-------|----------------------|
| 1 | 300 | 307.5 | 2.5 | 3.28 |
| 2 | 300 | 311.8 | 3.93 | |
| 3 | 300 | 310.3 | 3.43 | |

Selon le mode opératoire défini dans les normes NF P18- 554 et NF P18- 555, la limite supérieure du coefficient d'absorption d'eau du granulat est fixée à **5%**, c'est -à- dire $A_b < 5\%$. Donc, dans notre cas, cette propriété est vérifiée.

La norme NF P 18 541 fixe comme valeur maximale **5%**, pour les bétons classiques, ce qui est peut-être insuffisamment sévère, valeur d'ailleurs ramenée à **2,5%** pour les bétons de résistance caractéristique supérieure à **36 MPa**.

Observation :

Exceptionnellement, pour certaines utilisations, cette valeur est abaissée à **2 %**.

II.1.11. Analyse granulométrique (NF P18-560)

L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des éléments d'un matériau, elle comprend deux opérations :

1. Tamisage.
2. Sédimentation.

La granularité est exprimée par une courbe granulométrique qui donne la répartition de la dimension moyenne des grains, exprimée sous forme de pourcentage du poids total du matériau, elle est tracée en diagramme semi-logarithmique avec :

❖ En abscisse, le logarithme de la dimension des ouvertures des tamis en valeurs croissantes.

❖ En ordonnée, le pourcentage, en poids du matériau total de la fraction du sable dont les grains ont un diamètre moyen inférieur à celui de l'abscisse correspondante (passant) on constate que la courbe granulométrique est un élément fondamental de classification du matériau. Les résultats de cette étude permettent de prévoir certaines propriétés du matériau comme la perméabilité, l'aptitude au compactage et l'utilisation comme filtre.

Mode opératoire :

- ❖ Prélever (2 kg) de matériau (sable sec).

- ❖ Peser chaque tamis à vide à 1 g près, soit m_i la masse du tamis.
- ❖ Constituer une colonne de tamis propres et secs dont l'ouverture des mailles est respectivement de haut en bas : 5-2,5-1,25-0,63-0,315-0,125 et éventuellement 0,08 mm. La colonne est coiffée par un fond pour recueillir les éléments passant au dernier tamis et un couvercle pour éviter la dispersion des poussières. On commence par peser les tamis ainsi que le fond.
- ❖ Verser le matériau (sable sec) sur la colonne et la fixer soigneusement sur la machine d'agitation mécanique, agité pendant 5 minutes. Arrêter l'agitateur, puis séparer avec soin les différents tamis.
- ❖ Peser chaque tamis séparément à 1 g près. Soit M_i la masse du tamis (I) + le sable. La différence entre M_i et m_i (tamis de plus grandes mailles) correspond au refus partiel R_1 du tamis 1.
- ❖ Reprendre l'opération pour le tamis immédiatement inférieur.
- ❖ Ajouter le refus obtenu sur le sixième tamis à R_1 , soit R_2 la masse du refus cumuler du tamis 2 ($R_2 = R_1 + \text{Refus partiel sur tamis}$).
- ❖ Poursuivre l'opération avec le reste des tamis pour obtenir les masses des différents refus cumulés R_3, R_4, \dots

Le tamisât cumulé est donné par la relation suivante : Où : - T: Tamisât en %

R_c : Refus cumulé en %

$$T = 100 - R_c \text{ (II.12)}$$

A) Sable des dunes de Beskra :

Tableau II.16 : Analyse granulométrique du sable Beskra

| Tamis(mm) | Refus partiel (g) | Refus cumulé (g) | Refus partiel (%) | Tamisât (%) |
|--------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------|
| 5 | 0.8 | 0.6 | 0.03 | 99.97 |
| 2.5 | 27 | 24.1 | 1.20 | 98.80 |
| 1.25 | 100.23 | 131.3 | 6.56 | 93.44 |
| 0.63 | 490.85* | 572.8 | 28.63 | 71.37 |
| 0.315 | 875.3 | 1551.1 | 77.53 | 22.47 |
| 0.16 | 299.2 | 1894.2 | 94.68 | 5.32 |
| 0.08 | 105.36 | 1991.8 | 99.56 | 0.44 |
| Fond | 20.6 | 2000.6 | 100 | 0 |

A) Sable concassé :

Tableau II.17 : Analyse granulométrique du sable concasse.

| Tamis (mm) | Refus partiel (g) | Refus cumulés (g) | Refus partiel (%) | Tamisât (%) |
|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| 5 | 0.3 | 0.3 | 0.01 | 99.98 |
| 2.5 | 393.1 | 3.93.4 | 19.46 | 80.53 |
| 1.25 | 1043.2 | 1436.6 | 71.08 | 28.91 |
| 0.63 | 237.2 | 1673.8 | 82.82 | 17.17 |
| 0.315 | 157.5 | 1831.3 | 90.61 | 9.38 |
| 0.16 | 119.3 | 1950.6 | 96.51 | 3.48 |
| 0.08 | 60.1 | 2010.7 | 99.49 | 0.50 |
| Fond | 10.3 | 2021 | 100 | 00 |

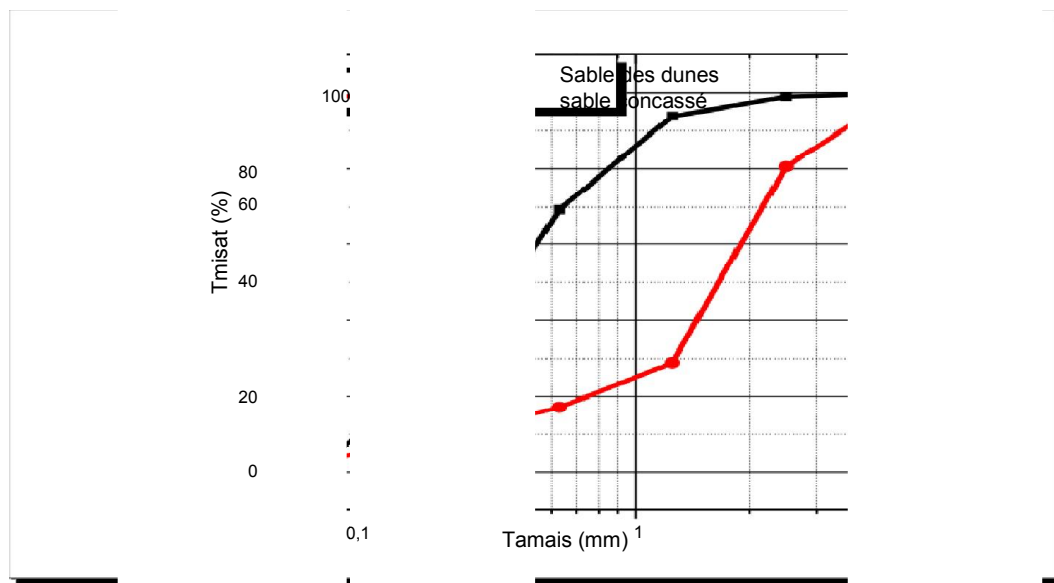


Figure II.3 : La courbe granulométrique du sable (0/5)

(Sable de dunes(Beskra) et sable concasse)

Commentaire :

$$ES_{moy} = 83.81\%$$

- ❖ Le sable de dune (Beskra) très propre.
- ❖ Le sable (0/5) est un sable fin.

$$ES_{moy} = 74.92\%$$

- ❖ Le sable concasse propre.
- ❖ Le sable (0/5) est un sable fin.

Donc : le sable qui utilisé propre et gradué (**acceptable**).

Nous déduisons que c'est un sable fin et il n'est pas de bonne qualité, il n'est donc spécifié pour la fabrication des bétons du point de vue de l'analyse granulométrique.

II.1.12. Module de finesse

C'est un facteur très important, qui nous permet de juger la grosseur du sable, il est exprimé par le rapport de la somme des refus cumulés des tamis de mailles:

[0.16-0.315-0.63-1.25-2.5 et 5 (mm)] sur 100 et calculé par la relation suivante :

$$Mf = \frac{\sum R_c}{100} \quad (II.12)$$

Où :: Refus cumulé.

Et le refus dont le tamis 0,16 =

Pour le sable de: $Mf = 1.98$

Pour le sable concasse : $Mf = 2.2$

Les normes soviétiques spécifient le M_f des sables comme suit :

- ❖ Sable gros $M_f > 2.5$
- ❖ Sable moyen $2 < M_f < 2.5$
- ❖ Sable fin $1.5 < M_f < 2$
- ❖ Sable très fin $1 < M_f < 1.5$

On se basant sur cette classification, on trouve le résultat suivant :

- ❖ Pour le sable Beskra : $1.5 < M_f < 2$: C'est un sable fin.
- ❖ Pour le sable concassé : $1.5 < M_f < 2$: C'est un sable moyen

II.2. Gravier

Dans ce paragraphe, on présente les caractéristiques du gravier utilisé dans notre étude.

II.2.1. Gravier concassé

II.2.1.1 Origine de gravier

Le gravier de base utilisé dans la confection du béton est obtenu, par concassage de la roche d'une carrière située à 30 Km de Setif).

II.2.1.2. Classes granulaires

Les fractions du gravier sont :

- ❖ Fraction 8/16 C
- ❖ Fraction 16/25 C
- ❖ Fraction 3/8 R

II.2.2. Résistance à la compression de la roche d'origine

La roche d'origine, est un calcaire compact de résistance à la compression, égale à 610 g/Cm^2 .

II.2.3. Caractéristiques physiques du gravier utilisé

II.2.3.1. Masse volumique apparente

Mode opératoire:

- ❖ Sécher le matériau jusqu'au poids constant.
- ❖ Peser le récipient à l'état vide (M_1).
- ❖ Poser le récipient sur une table et à l'aide d'une pelle le remplir de gravier avec un certain excédent que l'on relève au ras de la surface du récipient. La distance séparant le récipient de la pelle doit être aux environs de 10 cm.

Peser de nouveau le récipient plein de gravier. Soit M_2 ce poids.

Tableau II.18: Masse volumique apparente du gravier

| $\rho_{moy}(kg/L)$ | | | | |
|--------------------|------------|--------|---------------------|-------|
| | N° d'essai | M (kg) | M ₂ (kg) | V (L) |
| 3/8 r | 1 | 2.92 | 12.6 | 7 |
| | 2 | 2.92 | 12.608 | 7 |
| | 3 | 2.92 | 12.694 | 7 |
| 8/16c | 1 | 3.466 | 17.30 | 10 |
| | 2 | 3.466 | 17.22 | 10 |
| | 3 | 3.466 | 17.18 | 10 |
| 16/25 | 1 | 3.466 | 13.11 | |
| | 2 | 3.466 | 13.25 | |
| | 3 | 3.466 | 13.32 | |

II.2.3.2.Masse volumique

absolue

Mode opératoire:

Le mode opératoire est le même que l'on a utilisé pour la masse volumique absolue du sable.

Tableau II.20 : Masse volumique absolue du gravier.

| | | | | |
|--------|---|-----|-----|-----|
| | 1 | 300 | 300 | 430 |
| 3/8 r | 2 | 300 | 300 | 440 |
| | 1 | 300 | 300 | 415 |
| 8/16 c | 2 | 300 | 300 | 410 |

II.2.4.Porosité, compacité et indice des vides NF P18-554

Le mode opératoire est semblé celui effectuée pour le sable.

La compacité donnée par la formule :

$$C = (\rho_a / \rho_{ab}) = 100 - P \quad (\%) \quad (II.15)$$

**Tableau II.21 : Porosité, Compacité Et
Indice Des Vides.**

| Fraction de gravie | Porosité (%) | Compacité (%) | L'indice de vide % |
|--------------------|--------------|---------------|--------------------|
| 3/8 R | 37.27 | 62.73 | 0.59 |
| 8/16 C | 47.50 | 52.5 | 0.9 |

II.2.5.Degré d'absorption d'eau NF P18-554

**Tableau II.22 : Degré d'absorption d'eau
du gravier.**

| Graviers | N°d'essai | M_1 (g) | M_2 (g) | A (%) | A_{moy} (%) |
|----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------------|
| | 01 | 350 | 349.5 | 0.15 | |
| 3/8 R | 02 | 350 | 349.8 | 0.16 | 0.16 |
| | 03 | 350 | 349.4 | 0.18 | |
| | 01 | 350 | 348.02 | 0.57 | |
| 8/16 C | 02 | 350 | 348.16 | 0.53 | 0.54 |
| | 03 | 350 | 348.11 | 0.54 | |

II.2.6.Analyse granulométrique du gravier

Tableau II.23 : Analyse granulométrique du gravier roulé 3/8.

| Tamis (mm) | Refus partiel (g) | Refus cumulé (g) | Refus cumulé (%) | Tamisât (%) |
|------------|-------------------|------------------|------------------|-------------|
| 8 | 35 | 35 | 2.18 | 97.81 |
| 6,3 | 552.9 | 587.9 | 36.74 | 63.25 |
| 5 | 476.9 | 1064.8 | 66.55 | 33.45 |
| 4 | 360.7 | 1425.5 | 89.09 | 10.90 |
| 3,15 | 148.8 | 1574.3 | 98.39 | 1.60 |
| 2,5 | 22.5 | 1596.8 | 99.8 | 0.2 |
| Fond | 3.4 | 1600 | 100 | 00 |

A) - Fraction 8/16 C (1.6 Kg)

Tableau II.24: analyse granulométrique
du gravier 8/16.

| Tamis (mm) | Refus partiel (g) | Refus cumulé (g) | Refus cumulé (%) | Tamisât (%) |
|------------|-------------------|------------------|------------------|-------------|
| 16 | 385.6 | 385.6 | 24.1 | 96.61 |
| 12,5 | 442.5 | 828.1 | 51.75 | 76.08 |
| 10 | 329.3 | 1157.4 | 72.33 | 26.65 |
| 8 | 256.5 | 1413.9 | 88.36 | 6.48 |
| 6,3 | 181 | 1594.9 | 99.68 | 0.21 |
| 5 | 3.8 | 1598.2 | 99.88 | 0.05 |
| Fond | 1.2 | 1599.9 | 99.99 | 0.006 |

Tableau II.25 : analyse granulométrique
du gravier 16/25.

| Tamis (mm) | Refus partiel (g) | Refus cumulé (g) | Refus cumulé (%) | Tamisât (%) |
|------------|-------------------|------------------|------------------|-------------|
| 25 | 44 | 54.1 | 3.38 | 96.61 |
| 22,4 | 95 | 382.6 | 23.91 | 76.08 |
| 20 | 609.4 | 1173.5 | 73.34 | 26.65 |
| 18 | 485.6 | 1496.2 | 93.51 | 6.48 |
| 16 | 405.8 | 1596.5 | 99.78 | 0.21 |
| 12.5 | 2.7 | 1599.2 | 99.95 | 0.05 |
| Fond | 0.7 | 1599.9 | 99.994 | 0.006 |

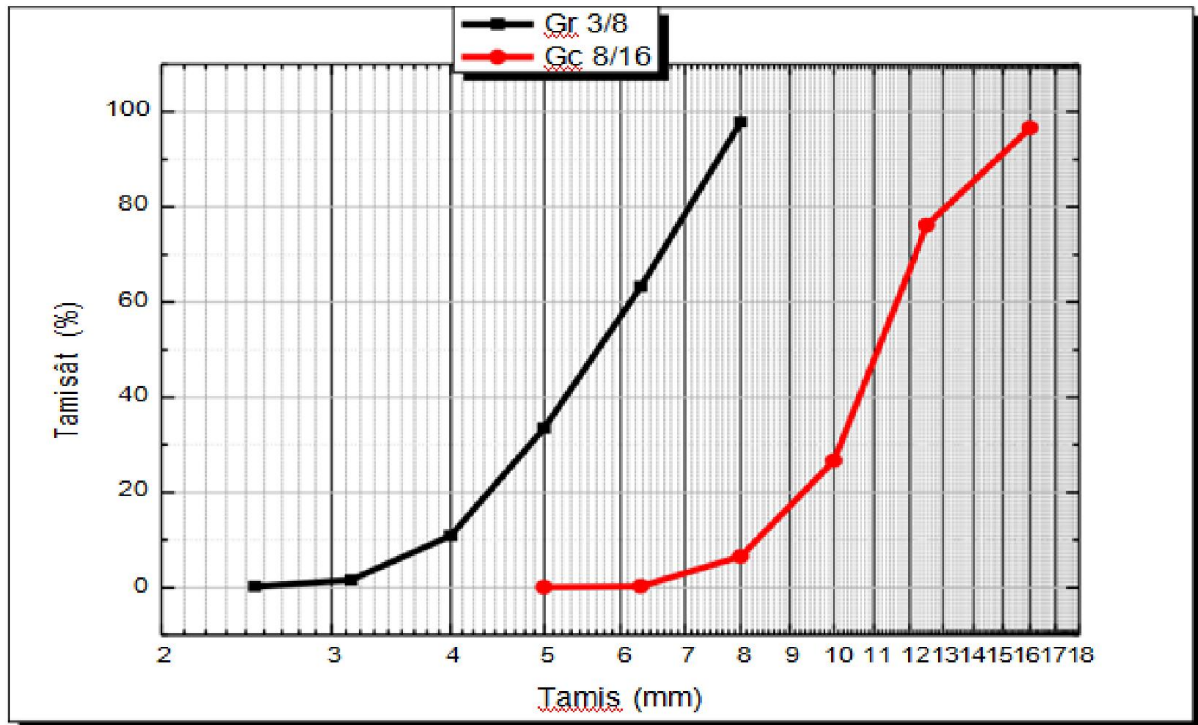


Figure II.4 : Les courbes granulométrique des graviers concassés (3/8) et (8/16).

II.2.7. Les caractéristiques mécaniques des gravier utilisés

Ce sont des essais importants pour les granulats routiers. En effet, le passage répété de véhicules conduit à émousser, à polir progressivement les granulats et ainsi à diminuer l'adhérence des pneumatiques sur la chaussée.

Ces caractéristiques permettent également d'estimer la qualité des granulats utilisés dans la confection de bétons.

II.2.7.1. Essai de résistance au choc (Essai Los Angeles) NFP18-573.

Comme l'essai précédent, cet essai renseigne sur la dureté des roches se basant sur un coefficient, appelé coefficient Los Angeles L_A , et sur le principe de l'effritement par abrasion.

Principe de l'essai

L'essai consiste à mesurer la masse m d'éléments inférieurs à 1.6 mm, produits par la fragmentation du matériau testé (diamètres compris entre 4 et 50 mm) et que l'on soumet aux chocs de boulets normalisés, dans le cylindre de la machine Los Angeles en 500 rotations.

coefficient Los Angeles (LA) :

Les résultats obtenus sont présentés au tableau suivant :

Tableau II. 26 : Caractéristiques mécaniques du gravier utilisé

| Fraction de Gravier | Nombre de boules | M (Kg) | m (Kg) | Coef LA % |
|---------------------------|------------------------|--------|--------|-----------|
| Gravier R 3/8 | 7 | 5 | 0.954 | 19.08 |
| Gravier 8/16 | 11 | 5 | 1.163 | 23.26 |

II.2.7.2. Classification

Un tableau de classification a été déjà tracé. Il permet de classer les roches en fonction du coefficient Los Angeles.

Tableau II.27: Classification des roches en fonction du coefficient LA

| Coefficient L_A | Nature de la roche |
|-------------------|--------------------|
| < 20 | Très dure |
| | Dure |
| 25 à 30 | Assez dure |
| 30 à 40 | Mis dure |
| 40 à 50 | Tendre |
| > 50 | Très tendre |

Commentaire :

Le gravier roulé (3/8) : c'est un gravier très dure
($LA=19.08\%$) / ($LA < 20$), Le gravier (8/16) : c'est un
gravier dure ($LA = 23.26\%$) / ($20 < LA < 25$),

II.2.8. Caractéristiques chimiques des graviers concassés

Tableau II.28 : Analyse chimique de la pierre concassée.

| ELEMENT | SiO_2 | Al_2O_3 | CaO | Fe_2O_3 | MgO | SO_3 | K_2O | Na_2O |
|------------|---------|-----------|-------|-----------|-------|--------|--------|---------|
| Teneur (%) | 40.65 | 8.87 | 40.56 | 3.25 | 3.65 | 0.79 | 0.65 | 0.01 |

II.3. Ciment

Le ciment de base utilisé dans notre recherche, est un ciment portland composé de classe 52.5 provient de la cimenterie de LAFARGE de M'sila.

II.3.1 Description

Le secteur de travaux publics pour les ponts, les revêtements des routes ou les structures ferroviaires.

II.3.2 Le ciment le plus résistant du marché algérien

Ciment de classe vraie très élevée avec un faible retrait, Résistance élevée à jeune âge
Compatibilité accrue avec les différents adjuvants (plastifiants, retardateurs de prise, accélérateurs de prise et de durcissement...)

II.3.3. Parfaitement Adapté À La Préfabrication Légère

- ❖ Augmentation de la productivité:
 - Durcissement rapide
 - Augmentation de la production journalière
 - Gain en surface de stockage
- ❖ Réduction du taux decasse

II.3.4. Domaines d'application

- ❖ Préfabrication lourde et légère
- ❖ Infrastructures (fondations) et éléments de superstructures nécessitant un décoffrage rapide permettant d'optimiser les délais de réalisation
- ❖ Bétonnage par temps froid
- ❖ Tous travaux techniques nécessitant des résistances élevées à jeune âge et de hautes performances.

II.3.5. Caractéristiques mécaniques et physiques du ciment utilisé

Les caractéristiques du CPJ sont regroupées dans le tableau suivant :

.Tableau II.29 :Caractéristiques du CPJ

| | | Unités | Valeur |
|-----------------------------|----------|--------------------|--------------|
| Masse volumique absolue | | g/cm ³ | 3,12 |
| Consistance normale | | % | 25 – 31 |
| La finesse (Blaine) | | cm ³ /g | 3500 – 4500 |
| | Début | | 100-170 |
| Temps de prise | Fin | min | 150-250 |
| | 2 jours | | 20 |
| Résistance à la compression | 28 jours | MPa | Plus de 52.5 |

II.3.6 Analyses chimiques du ciment utilisé

II.1. Tableau 30 : Caractéristiques chimiques du CPJ.

| Elément | VALEUR |
|---|---------|
| Perte au feu (%) (NA 5042) | 5.0-9.0 |
| Teneur en sulfates (SO ₃) (%) | 2.5-3.5 |
| Teneur en oxyde de magnésium MgO (%) | Max 4.0 |
| Teneur en chlorures (%) (NA 5042) | Max 0.1 |

II.4.L'adjuvant : super plastifiant Le MEDAFLOW 30

Adjuvants modificateurs de prise et de durcissement du béton :

- ❖ Accélérateurs de prise sans chlore **NA 1943**
- ❖ Accélérateurs de durcissement sans chlore **NA 776**
- ❖ Retardateurs de prise **NA 820**
- ❖ Adjuvants modificateurs de l'ouvrabilité du béton (rhéologie) :
- ❖ Super plastifiants haut-réducteur d'eau **NA 774**
- ❖ Plastifiants réducteurs d'eau

II.4.1.Description

Le MEDAFLOW 30 est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la troisième génération. Il est conçu à base de polycarboxylates d'Ether qui améliorent considérablement les propriétés des bétons.

Le MEDAFLOW 30 permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité. En plus de sa fonction principale de super plastifiant. Il permet de diminuer la teneur en eau du béton d'une façon remarquable.

Le MEDAFLOW 30 ne présente pas d'effet retardateur.

II.4.2.Propriétés

Grâce à ses propriétés le MEDAFLOW 40 permet : Sur béton frais :

- ❖ Obtention d'un rapport E/C très faible.
- ❖ Il est utilisé à un dosage 5% par rapport au poids du ciment.
- ❖ La molécule de l'adjuvant enrobe les grains de ciment pendant l'hydratation.

Cette réaction est différente d'un adjuvant à un autre ■

- ❖
- ❖ Amélioration considérable de la fluidité.
- ❖ Une très bonne maniabilité.
- ❖ Éviter la ségrégation.
- ❖ Faciliter la mise en œuvre du béton. Sur béton durci:
- ❖ Augmenter les résistances mécaniques à jeune âge et à long terme.
- ❖ Diminuer la porosité.
- ❖ Augmenter la durabilité.
- ❖ diminuer le retrait et le risque de fissuration

II.4.3.Mode D'emploi

Le MEDAFLOW 30 est introduit dans l'eau de gâchage. Il est recommandé d'ajouter l'adjuvant dans le béton après que 50 à 70% de l'eau de gâchage ait déjà été introduite.

II.4.4.Dosage

Plage de dosage recommandée : 0,5 à 2,0 % du poids de ciment soit 0.46 à 1.85 litre pour 100Kg

de ciment, Le dosage optimal doit être déterminé sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés

II.4.6. Caractéristiques

- ❖ Forme Liquide;
- ❖ Couleur Jaunâtre;
- ❖ PH 6 – 6,5 ;
- ❖ Densité $1,07 \pm 0,01$;
- ❖ Teneur en chlore $< 1 \text{ g/L}$;
- ❖ Teneur en extrait sec 40%.

Domaines d'application

- ❖ Béton haute performances.
- ❖ Béton auto-plaçant.
- ❖ Béton pompés.
- ❖ Béton précontraints.

II.5. Letai

II.5.1. Les analyses chimiques

| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | K ₂ O | Na ₂ O | Perte au feu | Chlore |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|------------------|-------------------|--------------|--------|
| 35.1 | 11.2 | 0.68 | 42.12 | 6.55 | 2.14 | 0.42 | 1 | 1.09 | 0.068 |

II.5.2. Les analyses MINÉRALOGIQUES

| R wp | Merwinite | Melilite | Bredigite | Quartz | Calcite | BFS amorphous |
|------|-----------|----------|-----------|--------|---------|---------------|
| 5.04 | 0.65 | 0.74 | 0.35 | 0.24 | 1.32 | 98.12 |

II.6. L'eau de gâchage EN 1008

Nous avons utilisé pour le gâchage de notre béton l'eau de robinet disponible au niveau de notre université

Tableau II.31 : Analyse d'eau

| D.MINE. RLISATION | | | | NOMEA | Unité |
|-------------------|-------------|------------------|-----|---------|-------|
| D01 | Calcium | Ca ⁺⁺ | 195 | 75-200 | Mg/l |
| D02 | Magnésium | Mg ⁺⁺ | 119 | <150 | Mg/l |
| D03 | Chlorures | CL ⁻ | 177 | 200-500 | Mg/l |
| D04 | Sulfate | SO ₄ | 427 | 200-400 | Mg/l |
| D05 | Bicarbonate | HCO ₃ | 800 | / | Mg/l |
| D06 | Carbonate | CO ₃ | 00 | / | Mg/l |
| D07 | Silicate | SiO ₂ | / | / | Mg/l |

| | | | | |
|------------|-----------------------|-----------|--------------|-----------|
| D08 | Dureté totale (TH) | 98 | 10-50 | F° |
| D09 | Dureté permanente | 63 | / | F° |
| D10 | Titre alcalin (TA) | 00 | / | F° |
| D11 | Titre alcalin complet | 35 | 20-35 | F° |

OBSERVATION : Dureté totale + Taux de sulfate est trop élevés

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différentes caractéristiques des matériaux utilisés dans notre travail et leurs constituants.

Les caractéristiques mécaniques, physiques et chimiques des granulats nous permettant de conclure sur leur conformité

