

IV.1 Introduction :

Nous présenterons dans ce chapitre une revue sur le béton à hautes performances et la campagne expérimentale menée dans cette étude.

Nous présenterons également le matériel ainsi que la composition des bétons utilisés et les paramètres d'essais.

On appelle bétons à hautes performances les bétons « BHP » qui a non seulement des résistances mécaniques plus élevées que celles des bétons ordinaires mais aussi une meilleure durabilité à long terme du fait qu'ils sont plus denses et compacts et donc imperméables.

La littérature disponible à nos jours sur le B.H.P et dont l'essentiel est revu dans ce travail a permis de constater l'absence d'une méthode "universelle" dans la formulation de ce matériau.

On a tenté dans cette partie d'indiquer un cheminement permettant d'élaborer une formulation en utilisant les matériaux locaux. Ce cheminement passe par deux phases :

Le choix des constituants et leur dosage, c'est-à-dire les aspects qualitatifs puis quantitatifs.

IV.2 Choix des matériaux :

Les propriétés d'usage des bétons à hautes performances sont des sujets d'étude dans différents points du monde, et un certain nombre de travaux portant sur les caractéristiques physico-mécaniques de ces bétons ont été publiés.

Notons que pour obtenir un BHP, il faut :

- Une sélection de granulats résistants et une granularité permettant d'obtenir une compacité optimale du béton et une meilleure adhérence avec la pâte de ciment.
- Le choix d'un ciment portland avec moins de C_3A , composée à vide d'eau.
- L'utilisation d'un rapport E/C au-dessous de 0,4 (quantité d'eau réduite au strict minimum).
- L'utilisation des super plastifiants pour compenser la perte de maniabilité.

IV.2.1 ciment :

On a travaillé avec le ciment C.P.J –CEM II /B 42,5 fabriqué par la cimenterie de SAIDA (MATINE), ciment qui se trouve sur le marché.



Figure IV.1 : Le ciment C.P.J –CEM II/B 42.5(MATINE)

IV.2.1.1 Essai de détermination de la masse volumique apparente [30] :

- Objectif d'essai :

Déterminer des caractéristiques physiques (masse volumiques) des ciments.

- Principe de l'essai :

La masse volumique apparente est mesurée par un entonnoir porté par trépied et menu d'une passoire et d'un opercule mobiles, placé au-dessus d'un récipient calibré.

- Equipement nécessaire :

- Un entonnoir monté sur trépied.
- Un récipient calibré ($V_{app} = 1$ litre).
- Une règle à araser.
- Une balance.

- Mode opératoire :

- Peser le moule de mesure ou bien le récipient (M_1).
- Placer l'entonnoir au-dessus du centre du récipient calibré.
- Fermer l'opercule et verser une petite quantité du ciment dans la passoire.
- Ouvrir l'opercule et faire descendre le ciment dans le récipient à l'aide de la spatule.
- Recommencer jusqu'à ce qu'il ait débordement.
- Peser le contenu (M_2).

La masse volumique est calculée par la formule suivante :

$$MV_{app} = M_2 - M_1 / V_{app} \quad (IV.1)$$

IV.2.1.2 Détermination de la masse volumique absolue [30].:

➤ Objectif de l'essai :

Il s'agit de mesurer la masse volumique absolue de ciment anhydre qui varie en fonction de la composition du ciment, tout en restant comprise entre 3 et 3,2 g/cm³

➤ Principe de l'essai :

On opère en comparant la masse (m_C) d'un volume connu de ciment (V_C) à la masse (m_t) d'un même volume d'un liquide dont la masse volumique (ρ_t) est connue. La masse volumique du ciment (ρ_c) s'en déduit en écrivant :

$$\rho_c = \rho_t(m_C / m_t) \quad (IV.2)$$

➤ Equipement nécessaire :

- Un volumétre ou (densitometre) le Chatelier.
- Un liquide inerte vis-à-vis du ciment (alcool à brûler, toluène ou du benzène, ou le pétrole).
- Une balance.
- Un entonnoir.
- Une tige métallique.
- Une spatule.

➤ Mode opératoire :

- Remplir le volumétre du toluène à l'aide de l'entonnoir jusqu'à ce que le niveau du liquide parvienne entre les graduations 0 et 1 ; soit V_1 .
- Peser le tout ; soit M_1 .
- Introduire à l'aide de la spatule environ 64 g de ciment, en évitant de laisser le ciment se déposer sur les parois
- Une fois la totalité du ciment introduite, boucher le volumétre et l'incliner à 45° par rapport au plan de travail et faire rouler le volumétre par un mouvement de va-et-vient pour chasser l'air.

- Laisser reposer verticalement et noter le niveau volume ; soit V_2 .
- Peser le tout ; soit M_2 .

En calcul la masse volumique absolue avec la relation suivant :

$$P_c = \rho_t(m_c / m_t)$$



Figure IV.2 : Détermination de la masse volumique



Figure IV.3 : Détermination de la masse spécifique

IV.2.1.3 Essai sur la pâte du ciment :

a. Essai de consistance :

- Objectif de l'essai :

La consistance de la pâte de ciment est une caractéristique qui évolue au cours du temps. Pour pouvoir étudier l'évolution de la consistance en fonction des différents paramètres il faut pouvoir partir d'une consistance qui soit la même pour toutes les pâtes étudiées. L'objectif de cet essai est de définir une telle consistance dite « consistance normalisée » [31].

➤ Principe de l'essai :

La consistance est évaluée ici en mesurant l'enfoncement, dans la pâte, d'une tige cylindrique sous l'effet d'une charge constante. L'enfoncement est d'autant plus important que la consistance est plus fluide. La consistance évaluée de cette manière sera appelée « consistance Vicat ».

➤ Équipement nécessaire :

Un malaxeur décrit dans la norme [49]. Ce malaxeur est muni d'une cuve de 5 litres de contenance et d'une pale de malaxage pouvant tourner à 2 vitesses (dites lente et rapide): 140 et 285 tr/min.

Un appareil de Vicat [30] du nom de l'ingénieur français qui, au XIXe (siècle, généralisa la découverte de smeaton concernant le mode d'obtention des liants hydrauliques). L'appareil, schématisé sur la (Figure IV.4), est pour l'essentiel, composé d'un moule tronconique de 40 mm de hauteur et d'une tige coulissante équipée à son extrémité d'une sonde d'un diamètre

$\varnothing = 10$ mm. La partie coulissante a une masse totale de 300 g (y compris la sonde amovible).

-Une balance permettant de peser à 1 g près.

➤ Conduite de l'essai :

La quantité d'eau choisie est pesée de préférence directement dans la cuve du malaxeur. Puis on pèse 500 g de ciment qui seront ajoutés à l'eau en un temps compris entre 5 et 10 s. Si, par exemple, la quantité d'eau pesée est de 125g,

Mettre immédiatement le malaxeur en route à vitesse lente pendant 90 s. Arrêter la machine pendant 15 s et ramener, dans la gâchée, avec une petite truelle, la pâte adhérant à la cuve et se trouvant au-delà de la zone de malaxage . Remettre la machine en roule pour une durée de 90 s à vitesse lente.

La pâte est alors rapidement introduite dans le moule tronconique posé sur une plaque de verre, sans tassement ni vibration excessifs ; il faut enlever l'excès de pâte par un mouvement de va-et-vient effectué avec une truelle maintenue perpendiculairement à la surface du moule, puis l'ensemble est placé sur la platine de l'appareil de Vicat.

Quatre minutes après le début du malaxage la sonde est amenée à la surface supérieure de la pâte et lâchée sans élan. La sonde s'enfonce alors dans la pâte. Quand la sonde s'immobilise, ou au plus tard 30 secondes après l'avoir relâchée, on mesure la distance d entre

l'extrémité de la sonde et le fond du moule (Figure IV.4) Cette distance d caractérise la consistance.

Si $i = 6 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, la consistance est la consistance normalisée.

Si d n'atteint pas cette valeur, il convient de refaire l'essai avec une valeur différente du rapport E/C jusqu'à atteindre la valeur recherchée de la consistance.

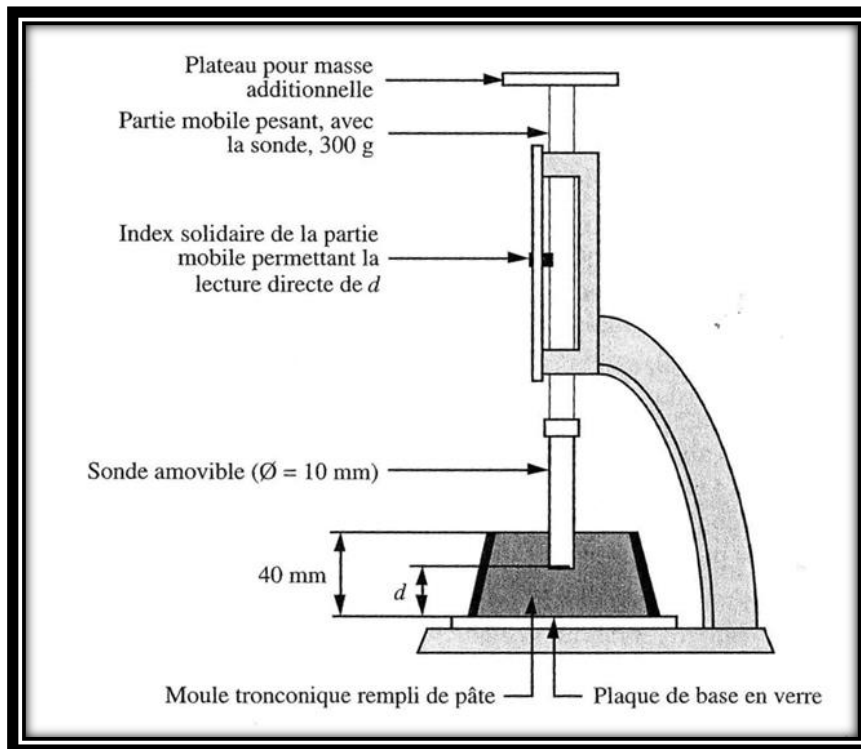


Figure IV.4 : Appareil de Vicat muni de la sonde de consistance

b. Mesure des temps de début et fin de prise :

➤ Objectif de l'essai :

Il est nécessaire de connaître le début et fin de prise des pâtes de ciment (des liants hydrauliques) afin de pouvoir évaluer le temps disponible pour la mise en place correcte des mortiers et des bétons qui seront ensuite confectionnés.

Les essais se font à l'aide de l'aiguille de Vicat qui donne deux repères pratiques : Le début de prise et la fin de prise [32].

➤ Principe de l'essai :

L'essai consiste à suivre l'évolution de la consistance d'une pâte de consistance normalisée ; l'appareil utilisé est appareil de VICAT équipé d'une aiguille de 1,13 mm de

diamètre. Quand sous l'effet d'une charge de 300 g l'aiguille s'arrête à une distance d du fond du moule telle que $d = 4\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ on dit que le début de prise est atteint. Ce moment, mesuré à partir du début du malaxage, est appelé « TEMPS DE DEBUT DE PRISE ». Le « TEMPS DE FIN DE PRISE » est celui au bout duquel l'aiguille ne s'enfonce plus que de 0,5 mm

➤ Equipement nécessaire :

A défaut d'une telle humidité relative, l'échantillon testé pourra, entre deux mesures, être entreposé dans de l'eau maintenue à $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$.

- Malaxeur normalisé : avec une cuve de 5 litres de contenance et d'une pale de malaxage pouvant tourner à 2 vitesses (dites lente 140 tr/mn et rapide 285 tr/mn).

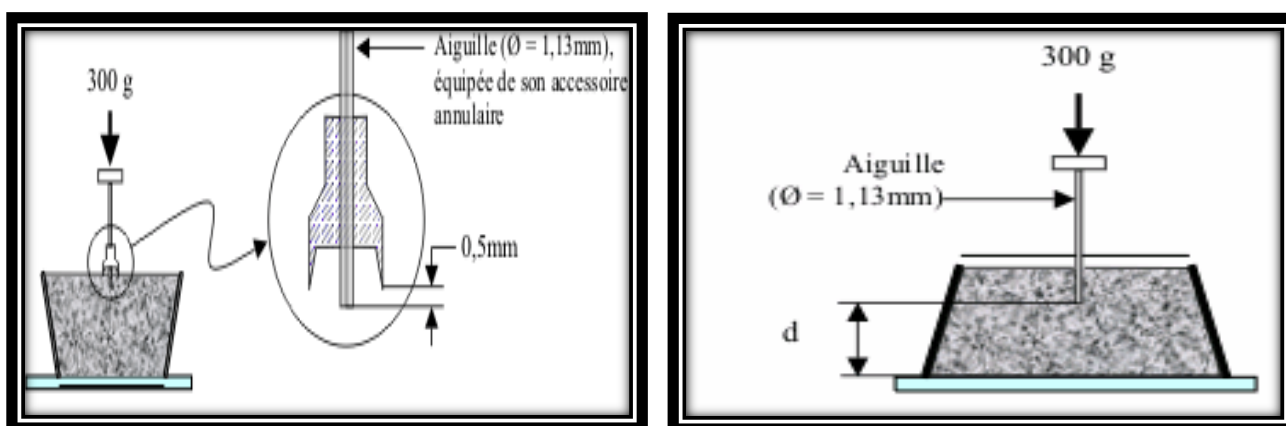
- Appareil de VICAT.

L'appareil est composé d'un moule tronconique de 40 mm de hauteur et d'une tige coulissante équipée à son extrémité d'une aiguille de 1,13 mm de diamètre

(Figure IV.4).

- Balance précise à 0,1 g près.

- Chronomètre précisée.



Début de prise

fin de prise

Figure IV.5 : Détermination de début et fin de prise du ciment [31]



Figure IV.6 : Détermination de la consistance et la prise des ciments

-Mode opératoire :

Le mode opératoire de l'essai est fixé par la norme [50]. Il s'agit de confectionner une pâte de consistance normalisée : On préparera 500g de ciment, une pâte pure de rapport $E/C=0,26$. Ceci permettra de préparer les moules. On versera l'eau dans la cuve du malaxeur, contenant le ciment, on déclenchera le chronomètre, La pâte est alors rapidement introduite dans le moule tronconique posé sur une plaque de verre, sans tassement ni vibration excessifs. Il faut enlever l'excès de pâte par un mouvement de va-et-vient effectué avec une truelle maintenue perpendiculairement à la surface supérieure du moule. Puis l'ensemble est placé sur la platine de l'appareil de Vicat. Quatre minutes après le début du malaxage, l'aiguille est amenée à la surface de l'échantillon et relâchée sans élan (sans vitesse). L'aiguille alors s'enfonce dans la pâte. Lorsqu'elle est immobilisée (ou après 30s d'attente), relever la distance d séparant l'extrémité de l'aiguille de la plaque de base. Recommencer l'opération à des intervalles de temps convenablement espacés ($\approx 10-15$ mn) jusqu'à ce que $d= 4\text{mm} \pm 1\text{mm}$. Cet instant mesuré 5 mn près est le temps de début de prise pour le ciment concerné [34].

Retourner le moule tronconique utilisé pour la détermination du début de prise de façon que les essais de fin de prise soient faits sur la face du moule primitivement en contact avec la plaque de base. Munir l'aiguille d'un accessoire annulaire pour faciliter l'observation précise des faibles pénétrations.

Enregistrer, à 15min près, le temps au bout duquel l'aiguille ne pénètre plus pour la première fois que de 0.5mm dans l'éprouvette comme temps de fin de prise du ciment étudié.

Ce temps est celui au bout duquel l'accessoire annulaire cesse de laisser une trace sur l'éprouvette.

IV.4.2.2 Les granulats (Sable) :

On a utilisé un sable d'ELGEULTA (région de Tiaret).



Figure IV.7 : Echantillon de sable d'elgeulta

IV.2.2.1 Les caractéristiques physiques :



Figure IV.8 : Détermination des masses volumiques et spécifiques

IV.2.2.2 L'équivalent de sable :

➤ But de l'essai :

Cet essai est utilisé de manière courante pour évaluer la propreté des sables entrant dans la composition des bétons. L'essai consiste à séparer les particules fines contenues dans le sol des éléments sableux plus grossiers.

Une procédure normalisée permet de déterminer coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté de celui-ci.

➤ Principe de l'essai :

L'essai est effectué sur la fraction 0/2 mm du matériau à étudier. Le tamisage se fait par voie humide afin de ne pas perdre d'éléments fins.

On lave l'échantillon, selon un processus normalisé, et on laisse reposer le tout. Au bout de 20 minutes, on mesure les éléments suivants :

- hauteur h_1 : sable propre + éléments fins,
- hauteur h_2 : sable propre seulement,

On en déduit l'équivalent de sable qui, par convention, est (figure IV-9) :

$$E_s = 100 (h_2 / h_1).$$

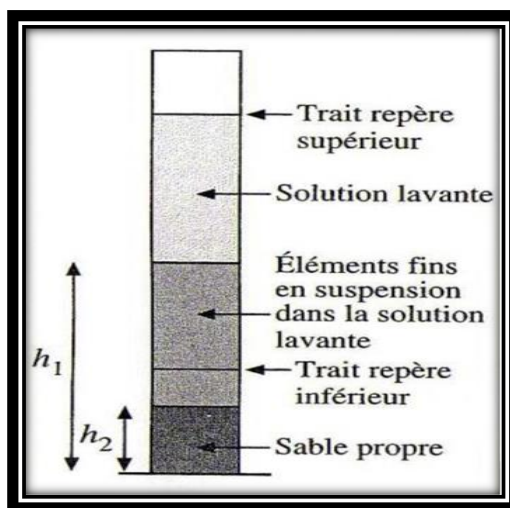


Figure IV.9 : Equivalent de sable [31]

Les conditions opératoires ont une influence importante sur le résultat, il convient donc de suivre celles-ci scrupuleusement, il est préférable d'utiliser un échantillon humide, ce qui évite de perdre les éléments fins. L'essai devant être effectué sur 120 g de grains secs, après détermination de la teneur en eau du sol w_t on pèse un échantillon humide de masse égale à

120 (1 + w) grammes. La teneur en eau w est exprimée en % du poids d'eau par rapport au poids de l'échantillon sec et doit être compris entre 0 et 2% [31].

➤ Produits utilisés :

La solution lavante utilisée permet de séparer les éléments fins argileux et en provoque la floculation. Celle-ci est préparée à partir d'une solution concentrée.

➤ Équipement utilise :

Ce matériel est décrit de manière très précise dans la norme. Les éléments principaux sont indiqués ci-dessous :

Éprouvettes en verre ou en matière plastique avec deux traits repères, et leur bouchon, entonnoir pour introduction du sable, bonbonne de 5l pour la solution lavant avec son bouchon, le siphon et un tube souple de 1,5 m, tube laveur métallique plongeant, machine agitatrice, régllet métallique pour la mesure des hauteurs de sable et floculat, piston taré à masse coulissante de 1 kg pour la mesure de E_{Sp}

➤ Conduite de l'essai :

-L'essai est effectué sur trois échantillons du matériau dont on veut mesurer l'équivalent de sable. Les trois échantillons passant au tamis de 2 mm et pesés la quantité étant préparés, on effectue les opérations dans l'ordre suivant ; la solution lavant est placée dans une bonbonne de 5l située à 1 m au-dessus du fond des éprouvettes, le dispositif si phonique est amorcé et il est relié au tube laveur.

-On dispose de deux éprouvettes propres pour les deux échantillons étudiés et on prendra la moyenne des 3 résultats obtenus. L'ensemble de ces procédures, (schématisé Figure IV.10.) est effectué selon le protocole suivant :

-Emplir les éprouvettes avec la solution lavante jusqu'au trait inférieur (Figure IV.10.a).

-La quantité de sable voulue (Figure IV.10.b) est versée dans l'éprouvette en veillant à éliminer les bulles d'air. Laisser reposer 10 min (Figure IV.10.c),

-Boucher les éprouvettes et les agiter : mouvement rectiligne et horizontal de 20 cm d'amplitude, 90 allers et retours en 30 s (effectués de manière automatique par la machine).

-Laver et remplir les éprouvettes, avec le tube laveur (Figure IV.10.d), Pour cela, rincer le bouchon au-dessus de l'éprouvette, faire descendre le tube laveur en le faisant tourner entre les doigts : on lave ainsi les parois intérieures de l'éprouvette. Laver le sable en faisant descendre et remonter lentement le tube laveur dans la masse du sable pour faire remonter les particules fines dans la solution supérieure.

-Sortir le tube laveur (et fermer le robinet) lorsque le niveau du liquide atteint le trait supérieur puis laisser reposer 20 min en évitant toute vibration (Figure IV.10.e). La tolérance

sur le temps de repos est faible (plus ou moins 15 s), car la hauteur du floculat dépend fortement de celui-ci, Mesurer h_1 à l'aide d'un réglet (Figure IV.10.f).

-Descendre lentement le piston taré dans le liquide à travers le floculat, le manchon prenant appui sur le bord supérieur de l'éprouvette, et l'immobiliser au contact du sable. Mesurer h_2 (Figure IV.10.g). Ces opérations sont identiques pour les deux éprouvettes réalisées sur chaque échantillon. Les mesures h_1 et h_2 doivent être effectuées avec la précision du millimètre.

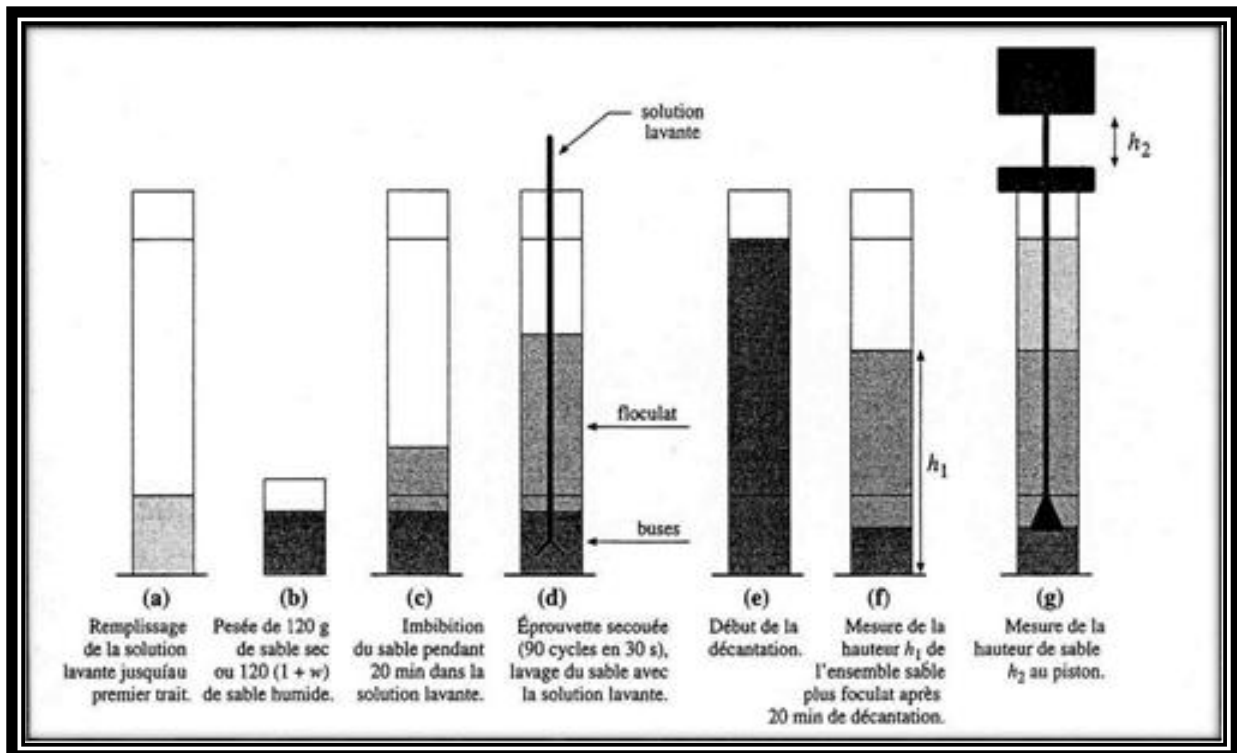


Figure IV.10 : Processus de l'essai d'équivalent de sable

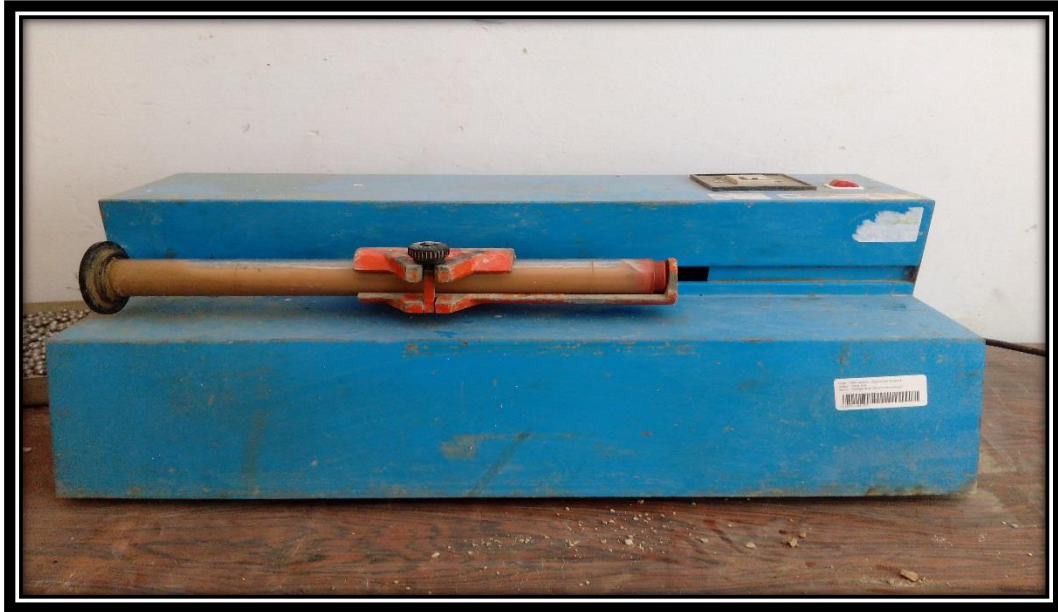


Figure IV.11 : Machine d'agitation (mouvement rectiligne horizontale)



Figure IV.12 : Essai d'équivalent de sable (juste après agitation)



Figure IV.13 : Les trois éprouvettes pour l'essai de l'équivalent de sable (E_s) (phase de repos (20 mn))

IV.2.2.2 Analyse granulométrique :

➤ But de l'essai [19] :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant les échantillons. Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale à 63 mm, à l'exclusion des fillers.

➤ Principe de l'essai :

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et les classements des grains s'obtiennent par vibration de la colonne de tamis.

➤ Matériel nécessaire :

Des tamis dont les ouvertures carrées, de dimension normalisée, sont réalisés soit à partir d'un maillage métallique. Pour un travail d'essai aux résultats reproductibles, il est conseillé d'utiliser une machine à tamiser électrique qui comprime un mouvement vibratoire horizontal, ainsi que des secousses verticales, à la colonne de tamis. La dimension nominale de tamis se suit dans une progression géométrique de raison.

➤ Conduite de l'essai :

Cet essai peut s'appliquer pour des granulats non souillés par une fraction argileuse significative. Il est alors impératif de prendre toutes les précautions nécessaires pour que les éléments fins, présents dans l'échantillon, ne soit pas perdus.

Pour les échantillons pollués par une fraction argileuse, il est nécessaire de procéder par voie humide. L'échantillon ainsi préparé est alors séché à (110 ± 5) °C. Après refroidissement il est pesé jusqu'à masse constante Masse (M_2). Le tamisage à sec peut alors être réalisé.

➤ Dimension de tamis utilisés :

Pour les sables, on utilisera en général les tamis de modules 20, 23, 26, 39, 32, 35, 38. Pour les matériaux plus grossiers, tous les tamis au-delà du module 38 seront utilisés.

➤ Préparation de l'échantillon :

La quantité à utiliser doit répondre à différents impératifs qui sont contradictoires :

-Il faut une quantité assez grande pour que l'échantillon soit représentatif.

-Il faut une quantité assez faible pour que la durée de l'essai soit acceptable et que les tamis ne soient pas saturés et donc inopérants.

Dans la pratique, la masse à utiliser sera telle que : $M = 0,2 D$ avec M, masse de l'échantillon en Kg et D diamètre du plus gros granulats exprimé en mm.

➤ Description de l'essai :

On emboîte les tamis les uns sur les autres, dans un ordre tel que la progression des ouvertures soit croissante du bas de la colonne vers le haut. En partie inférieure, on dispose un fond étanche qui permettra de récupérer les fillers pour une analyse complémentaire. Un couvercle sera disposé en haut de la colonne afin d'interdire toute perte de matériau pendant le tamisage.

On appellera tamisât le poids du matériau passant à travers un tamis donné et refus le poids de matériau retenu par ce même tamis.

Le matériau étudié est versé en haut de la colonne de tamis et celle-ci entre en vibration à l'aide de la tamiseuse électrique. Le temps de tamisage varie avec le type de machine utilisé, mais dépend également de la charge de matériau présente sur le tamis et son ouverture.

Le refus du tamis ayant la plus grande maille est pesé. Soit R1 la masse de ce refus.

Le refus du tamis immédiatement inférieur est pesé avec le refus précédent. Soit R2 la masse du deuxième refus. Cette opération est poursuivie pour tous les tamis pris dans l'ordre des ouvertures décroissantes. Ceci permet de connaître la masse des refus cumulés R_n aux différents niveaux de la colonne de tamis. Le tamisât présent sur le fond de la colonne du tamis est également pesé. La somme des refus cumulés mesurés sur les différents tamis et du tamisât sur le fond (fillers) doit coïncider avec le poids de l'échantillon introduit en tête de

colonne. La perte éventuelle de matériaux pendant l'opération de tamisage ne doit pas excéder plus de 2% du poids total de l'échantillon de départ.

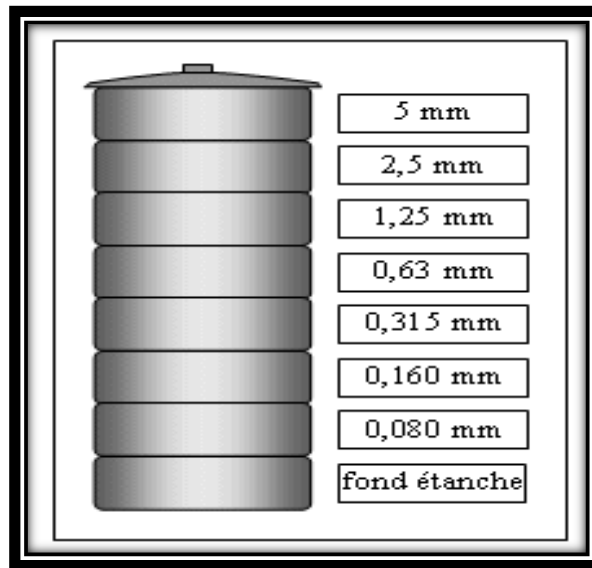


Figure IV.14 : Colonne de tamis [25]



Figure IV.15 : Essai d'analyse granulométrique

IV.2.3 Granulat (gravier) :

Le gravier utilisé de classes (3/8, 8/15 mm) de Rechiga (région de Tiaret).

IV.2.3.1 Les caractéristiques physiques :

IV.2.3.1.1 La masse volumique du gravier 3/8 et 8/15 :

Le volume absolu est mesuré en immergeant complètement l'échantillon dans le récipient gradué, en effet l'augmentation du volume de l'eau est intégralement produite par le volume des grains de gravier.

La masse de la variation de hauteur d'eau correspond donc au volume absolu du gravier.



Figure IV.16 : Essai de la masse volumique du gravier 3/8 et 8/15



Figure IV.17 : Détermination de la masse volumique de gravier

IV.2.3.1.2 La masse volumique et spécifique du gravier 3/8 et 8/15

En remplissant, en laissant tomber du gravier d'une dizaine de centimètre et sans le tasser dans un récipient de 1 litres, le volume apparent de l'échantillon de gravier vaut 1 litres. Le récipient doit être arasé avec un réglé par mouvement de va et vient.

La pesée de cet échantillon sur une balance tarée à la masse du récipient indique la masse de gravier correspondant à cet échantillon.



Figure IV.18 : Détermination de la masse spécifique de gravier

IV.2.4 L'eau de gâchage :

L'eau utilisée est celle de robinet maintenue à la température de la pièce ($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).

IV.2.5 Super plastifiants :

La société granitex (Alger) met sur le marché des adjuvants fluidifiants, et plastifiant (appartiennent à la famille des super plastifiants qui sont généralement utilisés dans la fabrication de B.H.P).



Figure IV.19 : Super plastifiants MEDAFLOW145

IV.2.6.Laitier de haut fourneau :

Est un ajout en poudre pour confection de bétons à hautes performances (BHP). Il permet d'obtenir des bétons durables à résistances mécanique élevées et aussi, des bétons résistants aux agressions chimique et atmosphériques.



Figure IV.20 : Echampion de laitier

IV.3 Formulation du béton témoin :

On entend ici par le béton témoin un béton proche de ceux qu'on emploie habituellement, les proportions du squelette granulaire de référence et du béton témoin seront les mêmes. Par contre, les formulations diffèrent au niveau de la pâte (ciment, laitier) la quantité de laitier ajouté est de 10 % du poids de ciment dans le mélange du béton.

Tableau IV.1 : Composition d'un m³ béton témoin (en kg)

| | Ciment (Kg) | Sable (Kg) | Granulats concassés(Kg) | | Eau (L) | Super plastifiants (L) | Adjuvant (Kg) |
|-------|----------------|---------------|----------------------------|---------|------------|--------------------------------|----------------------------------|
| | | | 3/8 mm | 8/15 mm | | | |
| | CPJ CEM II | ELGEULTA | Rechiga | Rechiga | Robinet | Granitex (Alger) (0,65%) | Oued Smar (Alger) (10%) |
| B O | 362,36 | 438,36 | 431,41 | 594,09 | 190 | / | / |
| B H P | 326,59 | 438,36 | 431,41 | 594,09 | 123,5 | 66,5 | 35,77 |

Fabrication des échantillons :

Les bétons ont été confectionnés dans un malaxeur à axe vertical de capacité 50 litres permettant de couler une gâchée de 6 éprouvettes cylindriques.



Figure IV.21 : Malaxeur du béton

Le cycle de fabrication que nous avons suivi est défini comme suit :

-Introduction dans le malaxeur :

- gravier 8-15 mm
- gravier 3-8 mm
- Le sable.
- Le ciment.
- Le laitier (pour BHP)





Figure IV.22 : Malaxage à sec des ingrédients du béton

- mélange à sec des ingrédients pendant 90s.
- introduction de l'eau de gâchage avec l'adjuvant (pour les BHP).
- Le tout étant malaxé pendant trois minutes.



Figure IV.23 : Echantillon de béton réalisé

A la fin du malaxage, le béton est mise en place dans les moules correspondant aux différentes éprouvettes et piqués par une tige d'acier de diamètre 16 mm Chacune d'entre elles étant vibrée verticalement pendant 30 secondes.



Figure IV.24 : Mesure de l'affaissement du béton

Tableau IV.2 : Détermination de la consistance en fonction de l'affaissement

| Type de béton | Age (jours) | Affaissement (cm) |
|---------------|-------------|-------------------|
| BO | 7 j | 6,5 |
| | 14 j | 8 |
| | 21 j | 9 |
| | 28 j | 9 |
| BHP | 7 j | 6 |
| | 14 j | 7,5 |
| | 21 j | 8,5 |
| | 28 j | 8 |

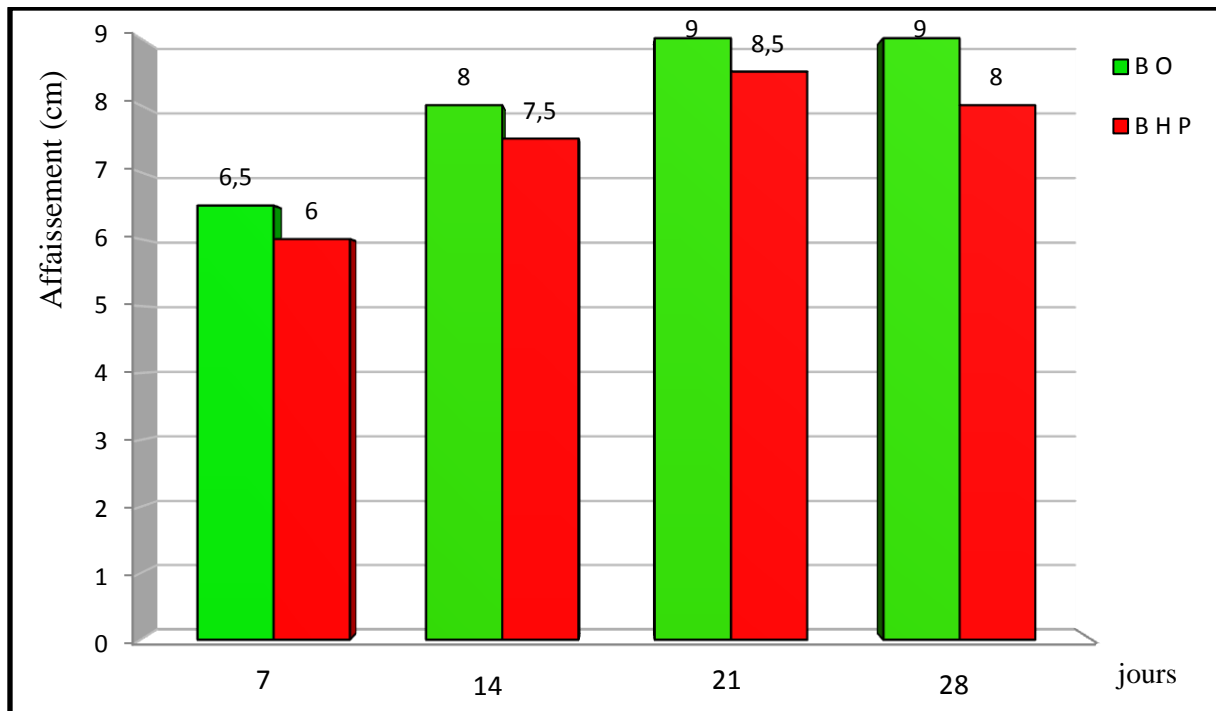


Figure IV.25 : Evaluation de l'affaissement d'un BO et BHP



Figure IV.26 : Moulage des éprouvettes cylindriques



Figure IV.27 : Préparation des éprouvettes Cylindriques

IV.4 Démoulage et conservation des éprouvettes [51] :

Le démoulage des éprouvettes est effectué après $24 \text{ h} \pm 1$ en suite la conservation se fait à une température de $20 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$, dans l'eau, d'humidité relative supérieure ou égale à 95%.



Figure IV.28 : Démoulage des éprouvettes cylindriques



Figure IV.29 : Pesée des éprouvettes



Figure IV.30 : Conservation des éprouvettes cylindriques dans l'eau à 20 °C

IV.5 Surfaçage des éprouvettes :

Conformément à la norme [52], l'essai de compression est effectué sur des éprouvettes cylindriques dont les extrémités ont été préalablement rectifiées. En effet, si les éprouvettes étaient placées telles quelles sur les plateaux de la presse, on ne serait pas assuré de la planéité des surfaces au contact et de leur perpendicularité aux génératrices de l'éprouvette. La rectification consiste donc à rendre ces surfaces planes et perpendiculaires aux génératrices de l'éprouvette.

Pour parvenir à ce résultat plusieurs méthodes peuvent être employées ; on a utilisé le surfaçage à l'aide de : disque néoprène (produite disponible au laboratoire).

IV.6 Essai sur béton durci :

Sont les essais qui permettent de vérifier, en laboratoire, les qualités des bétons, notamment leur résistance en compression simple et à la traction par fendage.

IV.6.1 Détermination de la résistance à la compression (f_{cj}) :

- Objectif de l'essai :

L'essai a pour but de connaître la résistance à la compression du béton des éprouvettes cylindriques.

- Principe de l'essai [52]:

L'éprouvette étudiée est soumise à une charge croissante jusqu'à la rupture. La contrainte de rupture à la compression est le rapport entre la charge de rupture et la section transversale de l'éprouvette.

L'écrasement s'effectue aux âges suivants : 7, 14, 21 et 28 jours.

- Équipement nécessaire :

Une machine d'essai qui est une presse de force et de dimension appropriée à l'éprouvette à tester.

Un moyen pour rectifier les extrémités des éprouvettes (surfaçage à l'aide du disque néoprène)

- Préparation et positionnement des éprouvettes :

Essuyer toute humidité excessive de la surface de l'éprouvette avant de la positionner dans la machine d'essai.

Tous les plateaux de la machine d'essai doivent être essuyés et toutes particules ou corps étrangers retirés des surfaces de l'éprouvette qui seront en contact avec eux.

Enlever tout appareillage, autre que les plateaux auxiliaires ou éléments d'espacement, entre l'éprouvette et les plateaux de la machine d'essai.

Positionner les éprouvettes de façon que le chargement s'effectue perpendiculairement au sens de coulage.

Centrer l'éprouvette sur le plateau inférieur avec une précision de ± 1 % du diamètre .

Si les plateaux auxiliaires sont utilisés, les aligner avec la face supérieure et la face inférieure de l'éprouvette.

La mise en charge : Sélectionner une vitesse constante de chargement dans la plage 0,2 MPa/s ($N/mm^2 \cdot s$) à 1,0 MPa/s ($N/mm^2 \cdot s$). Appliquer la charge sans choc et l'accroître de façon continue à la vitesse constante sélectionnée ± 10 % jusqu'à la rupture de l'éprouvette.



Figure IV.31 : Chargements des éprouvettes cylindriques 16x32 cm (Essai de compression)



Figure IV.32 : Rupture des éprouvettes cylindriques à 28 jours (Béton ordinaire)



Figure IV.33 : Rupture des éprouvettes cylindriques à 28 jours Béton à haute performance BHP

IV.6.2 Détermination de la résistance à la traction par fendage [54] :

- Objectif de l'essai :

Cet essai permet de déterminer une caractéristique du béton essayé ; définit par l'essai de rupture par fendage, dit « essai de fendage », sur les éprouvettes prismatique en béton durci.

- Équipement nécessaire :

La machine d'essais, de force appropriée, doit être conforme aux normes [54]. Elle doit être contrôlée et étalonnée conformément à ces normes.

- Conduite de l'essai :
- Mise en place et centrage de l'éprouvette :

Placer l'éprouvette dans l'appareil de chargement en prenant comme faces de chargement ses faces de moulage et en plaçant son axe longitudinal dans le plan de fendage de l'appareil à 1 mm près. A cet effet, l'emploi d'un gabarit de centrage est recommandé.

➤ Mise en charge :

Appliquer la charge d'une manière continue et sans chocs. La vitesse de chargement doit être constante pendant toute la durée de l'essai et égale à 0,05 MPa par seconde, avec une tolérance de $\pm 0,01$ MPa par seconde, ce qui correspond aux accroissements de force suivants, avec une tolérance de $\pm 20\%$.



Figure IV.34 : Chargement d'essai de traction par fendage



Figure IV.35 : Rupture des éprouvettes cylindriques à 28 jours (Béton ordinaire)



Figure IV.36 : Rupture d'éprouvette cylindrique à 28 jours (BHP)

IV.7 Conclusion :

Dans cette partie d'étude, les différentes caractéristiques physiques, et mécaniques des composants ont été établies. Les courbes granulométriques de tous les granulats sont réalisées.

La méthode de formulation a été développée et le calcul de la proportion des constituants a été fait. Nous avons fixé tous paramètres comme le rapport eau – ciment, le rapport granulats – sable. L'essai au cône d'Abrams nous a permis de déterminer la consistance des bétons étudiés. Les essais à la compression et à la traction par fendage sont décrits. Ils seront utilisés pour obtenir les valeurs des résistances à la compression et à la traction de tous les mélanges (BO, BHP).