

4-CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX UTILISEES ET LES METHODES D'ESSAIS

4-1 Introduction :

Ce chapitre présente à la fois les matériaux que nous utiliserons, et les méthodes qui seront mises en œuvre dans la suite de ce travail, après on exposera les caractéristiques chimiques et minéralogique de ces matériaux puis le plan expérimental de notre étude.

L'objectif de ce travail est d'évaluer expérimentalement l'effet des différents minéraux des granulats de la région de Biskra sur la qualité du béton, qu'il soit frais ou durci, nous avons choisi de varier les différents constituants de béton tels que le dosage en ciment et le dosage en eau et d'utiliser 3 types de gravier.

4-2 Ciment résistant aux sulfates CRS :

- DEFINITION

Le Ciment CRS (ciment résistant aux sulfates) est constitué de :

- 95% de clinker, des constituants secondaires (de 0 à 5%) peuvent être incorporés dans ce ciment ;
- Du sulfate de calcium sous forme de gypse est rajouté en tant que régulateur de prise.

CARACTERISTIQUES CHIMIQUES ET MINERALOGIQUES

- La proportion de la magnésie (**MgO**) dans le ciment est inférieure ou égale à **5 %**.
- La teneur en sulfates (**SO3**) est inférieure ou égale à **3,5 %**.
- La perte au feu est inférieure ou égale à **4%**
- Le résidu insoluble est inférieur ou égal à **3%**
- La teneur en C3S est inférieure ou égale à **50%**
- La teneur en C3A est inférieure ou égale à **5%**
- La somme de (C4AF+2C3A) est inférieure ou égale à **22%**

CARACTERISTIQUES PHYSICOMECHANIQUES

- Expansion à chaud inférieur 10 mm sur pate
- Surface spécifique de Blaine 3200 cm²/g ±250 normes
- Résistance à la compression à :
 - 07 Jours 315 Kgf/cm²
 - 28 jours 400 Kgf/cm²
- Temps de prise en minutes
 - Début : 1h30 min
 - Fin (mesuré) 4h20 min

EMPLOIS HABITUELS

- ✓ Il est utilisé comme ciment de base pour les travaux de génie civil en milieu agressif.
- ✓ Il est utilisé dans les travaux de béton nécessitant une faible chaleur d'hydratation.

- Propriétés physiques

➤ La finesse

L'étude de la finesse de mouture, pour les liants est indispensable puisqu'il influe considérablement sur la résistance mécanique, la maniabilité...etc. La finesse d'un ciment peut être caractérisée par sa **surface massique** : c'est la surface totale des grains contenus dans une unité de masse exprimée en m² / kg de poudre ou (cm²/g).

Elle est calculée en fonction du temps au moyen de l'appareil appelé « perméabilimètre de Blaine » (EN 196-6) [31]

La surface massique :

$$S = C_{app} \times C_d \times C_t \times \sqrt{T}$$

Avec ; $C_{app} = 0.255$ (la constante de l'appareil)

C_d : la constante de la masse volumique absolue de ciment

C_t : la constante de la température de l'air ambiant.

➤ La consistance normale

Le but de l'essai de consistance est précisément de déterminer la quantité optimale d'eau de gâchage. La consistance est évaluée ici en mesurant l'enfoncement, dans la pâte d'une tige cylindrique sous l'effet d'une charge constante. La consistance évaluée de cette manière sera appelée « consistance Vicat ». (EN 196 – 3) [32]

➤ **Le temps de prise**

Le début ou la fin de prise dépend de plusieurs paramètres, il varie notamment suivant la composition chimique et la finesse de mouture de ciment étudié, il dépend aussi de la température ambiante et, le cas échéant, des dosages en adjuvant, utilisés à une même température et sans adjuvant, deux ciments différents pourront se distinguer, par une plus ou moins grande rapidité de prise.

L'objectif de l'essai est de définir, pour un ciment donné, un temps qui soit signification de cette rapidité de prise. (EN196 – 3) [32].

Le **tableau 4-1** résume les résultats des différents essais physiques sur le ciment

Tableau 4-1 : Essais physiques sur le ciment .

Essais	Finesse Cm ² /g	Consistance normale (%)	Début de prise (heure : min)	Fin de prise (heure : min)
Résultats	4050	27	2 :40	3 :45

- Essai mécaniques sur le ciment :

▪ **Mesure des résistances à la compression et à la traction**

Les ciments sont classés d'après leur résistance mécanique minimale, à la rupture par compression à 7 et 28 jours d'âge, mesurée sur des éprouvettes (4x4x16 cm) en mortier normale (EN 196-1) [33].

Un mortier normal contiendra, en poids : 1partie de ciment (CPJ 42.5), 3parties de sable normal 0.45 partie d'eau. (Mc = 500g, Ms =1500g, Me = 225g), (E/C = 0.45).

Les résultats des essais de résistance figurent dans le **tableau 4-2**.

Tableau 4-2 : Résistance à la traction et à la compression du ciment .

Jours	Résistances en (MPa)	
	à la traction Rt	A la compression Rc
2	3.1	19.3
7	5.2	33.5
28	6.5	45.7

- En ce qui nous concerne donc, l'activité du ciment CRS 42.5 MPA est vérifiée.

4.3 - Les granulats

Lors de l'élaboration de ce projet, on a choisi trois sources de matériaux (granulats) de la région de Biskra et le sable d'El Oued.

Pour les besoins de ce projet, on a jugé important d'utiliser :

- Pour les graviers :
 - Gravier de la carrière d'Ain-Touta
 - Gravier de la carrière d'El-Hadjeb
 - Gravier de la carrière de Ziani

- Gravier de la carrière de Ziani:

Les roches de calcaires sont utilisées pour différents usages : agrégats, béton armé, construction des routes, ballasts.....Le front de taille du gisement de la carrière de Ziani el outaya Biskra est constitué des calcaires du crétacé supérieure (turonien, sénonien) constituant puissant, amas indépendants. Ils sont largement développés à l'ouest de la wilaya. Implantation de la carrière à cet endroit obéi aux bonnes conditions géographiques, économiques et minières. Les calcaires du turonien sont chimiquement purs.

- Gravier de la carrière d Ain-Touta :

Le gisement de la carrière d'Ain-Touta du point de vue stratigraphique fait partie du complexe sédimentaire carbonate du turonien, le faciès est représenté par des bancs de calcaires massifs et compacts de couleur grise et des marnes et marno- calcaires la stratigraphie du gisement de calcaire d'Ain-Touta est constitué du sommet vers la base par :

- des marnes de couleur grise à gris foncé schisteuse et friable renfermant des intercalations de niveaux calcaires, la puissance de cette série de calcaire est d'environ 23m.

- des calcaires de couleur grise à gris brunâtre et beige à la patine et gris fonce a sombre a la cassure, les bancs sont massifs et d'ordre métrique (1.5a2m), la puissance de cette série de calcaire est d'environ 40 m.

- Gravier de la carrière d El-Hadjeb:

La région d'El-Hadjeb se situe dans une plaine saharienne constituée par des formations sédimentaire appartenant au quaternaire moyen, ces formations sont représentées par des alluvions sableuses et peu argileuses et gypseuses.

Dans l'atlas saharien, l'affleurement en position stratigraphique anormale, il représente les pointement deapriques constitués d'argiles bariolées, gypses et dolomies noires et rubanées et de conglomérats riches en quartz, cette région est constituée essentiellement de calcaire turonien composée d'une forte minéralisation riche en carbonate de calcium CaCO_3 .

- Pour le sable :
 - Sable naturel (SN) 0/5 provenant de Oued-Lioua (Biskra).

4.3.1-Granulométrie et forme des grains

L'analyse granulométrique a été réalisé conformément à la norme NF EN 933-1[34], qui permet de déterminer la grosseur et les pourcentages de grains constituant l'échantillon. Elle s'applique à tous les granulats de dimension inférieur ou égale à 80 mm, en utilisant une série de tamis, emboîtés les uns sur les autre, dont les dimension des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas, le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis.

Les courbes granulométriques des gros et fins granulats utilisés sont représentées dans les figures 3-1 à 3-4. On remarque que la granulométrie des trois types de gravier étudiés est admissible, située à l'intérieur du fuseau granulaire.

Le module de finesse de sable naturel utilisé est de **2.64** qui est acceptable pour la confection d'un béton hydraulique.

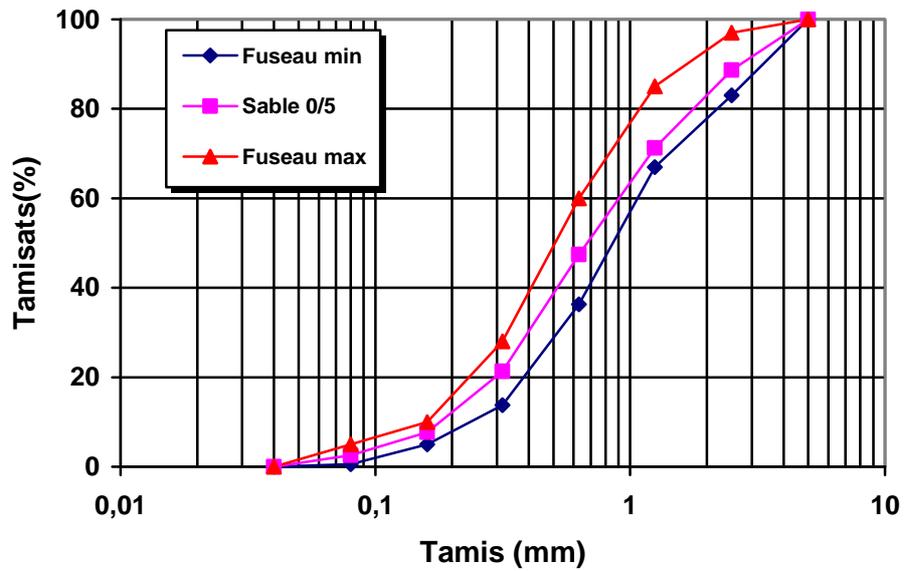


Figure 4.1 Courbe granulométrique du sable

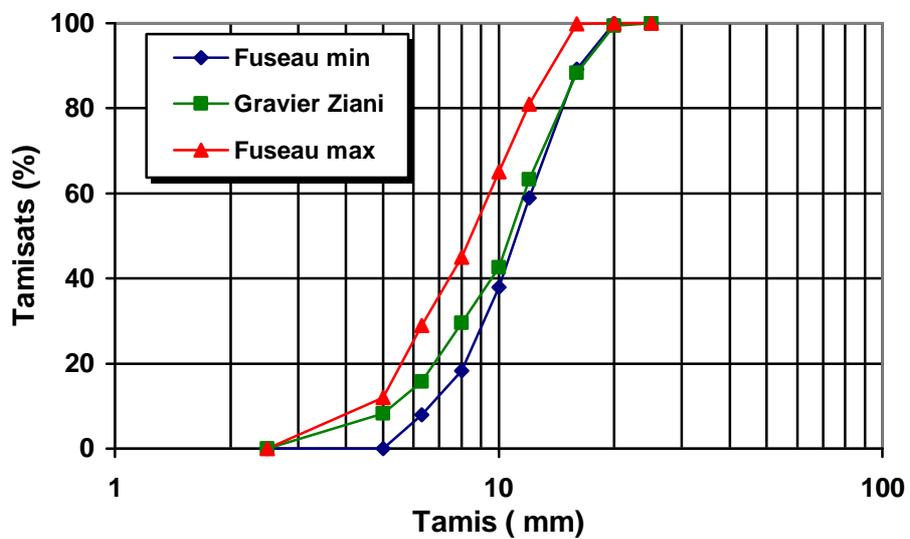


Figure 4.2 Courbe granulométrique du gravier de ziani

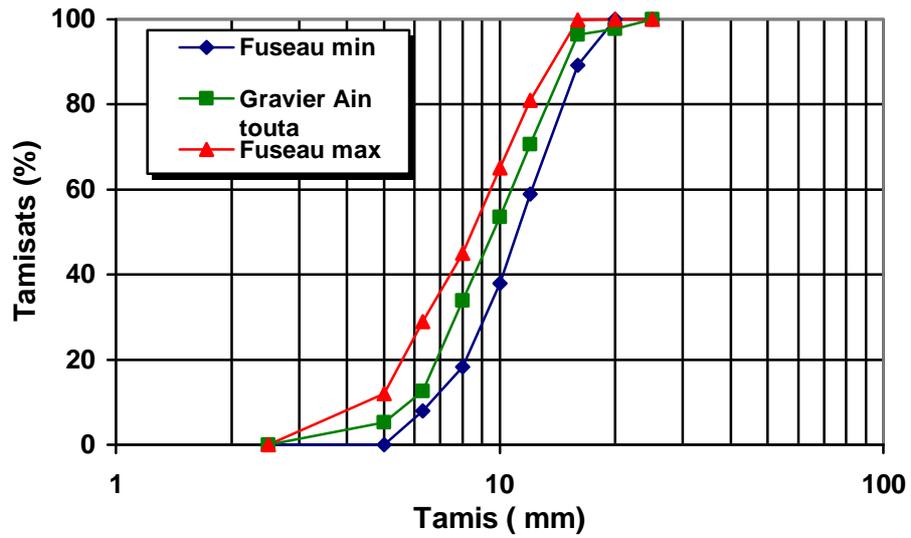


Figure 4.3 Courbe granulométrique du gravier de Ain Touda

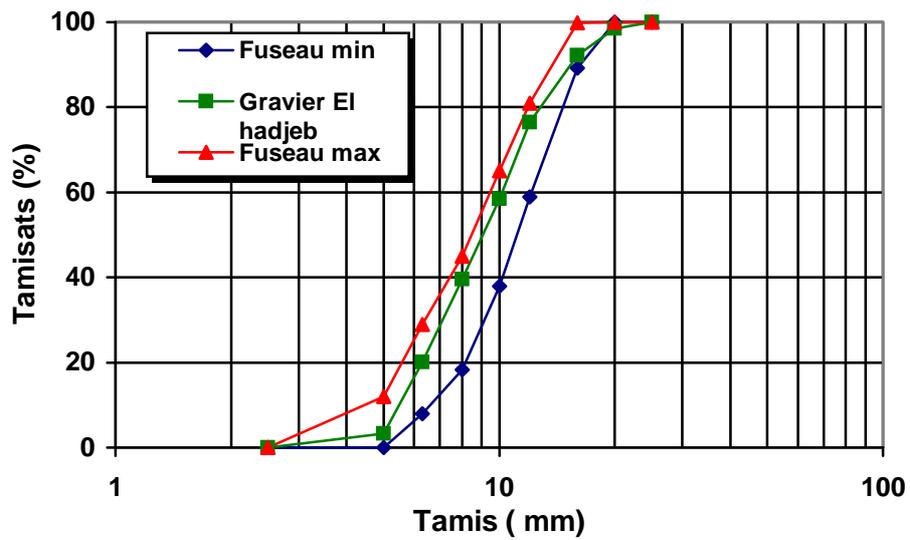


Figure 4.4 Courbe granulométrique du gravier de El Hadjeb

4.3.2- Masses volumiques

Les masses volumiques apparentes et absolues des différents granulats étudiés sont mesurées d'après la norme NF P 18-554 et 555 [35], les résultats sont résumés dans le **tableau 4-3**.

Tableau 4-3 : Masses volumiques des granulats étudiés

	G ziani	G Ain Touta	G El Hadjeb	SN
Masse volumique apparente (kg/m³)	1410	1380	1360	1600
Masse volumique absolue (kg/m³)	2610	2710	2570	2650

4.3.3 -Absorption d'eau

On détermine un coefficient d'absorption qui est défini comme le rapport de l'augmentation de la masse de l'échantillon après immersion pendant 24 heures à 22° C à la masse sèche de l'échantillon conformément à la norme NF P 18-555 [35].

Les résultats de cet essai sur les granulats étudiés sont portés **au tableau 4-4**.

Tableau 4-4 : Les résultats d' absorption d'eau pour les granulats étudiés.

Granulats	G ziani	G Ain Touta	G El Hadjeb	SN
Abs %	1	0.48	1.02	12

4.3.4-Propreté des granulats

- **Propreté des gros agrégats (impureté)**

Les impuretés concernées sont telles que le limon, l'argile, et des matériaux solubles et non pas comme les morceaux de bois, le gypse qui sont absolument proscrites pour un béton de qualité. Le pourcentage prescrit par la norme NF P 18-591 [36] à ne pas dépasser est fixé à 3%. Les résultats obtenus sont représentés dans le **tableau 4 -5**.

Tableau 4 -5 : pourcentages d'impureté des gros granulats utilisés

Types de granulat	G ziani	G Ain Touta	G El Hadjeb
Impureté %	0.12	0.4	0.6

4.3.5 Résistance à l'abrasion (Los – Angeles)

La dureté des granulats utilisés a été contrôlée par l'essai de Los- Angeles conformément à la norme NF P 18-573 [37] qui exige la valeur limite de 40% à ne pas dépasser. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 4-6.

Tableau 4-6 : Résultats de Los –Angeles

	G ziani	G Ain Touta	G El Hadjeb
Los Angeles (%)	21.78	22.10	27.04

4.3.6 -Equivalent de sable

Cet essai, utilisé de manière courante pour évaluer la propreté des sables. L'essai consiste à séparer les particules fines contenues dans le sable des éléments sableux plus grossiers, conformément à la norme (NF P18 – 598) [38]

Les résultats de l'essai sur le sable étudié figurent **au tableau 4-7**.

Tableau 4 -7 : résultats d'équivalent de sable

Type de sable	ESV%	ES%	Nature et qualité du sable
Sable 0/5 « lioua »	70.24	67.76	Sable légèrement argileux, de propriétés admissibles pour béton [10].

4.3.7-Compacité et porosité des granulats

La compacité est définie par le rapport du volume de matière pleine au volume total. Alors que la porosité (P) est par définition le complément à l'unité de la compacité.

« $P = 1 - C$ ». L'essai est réalisé selon la norme NFP18-554 [35].

Les résultats obtenus sont présentés dans le **tableau 4-8**.

Tableau 4-8 : Compacité et porosité des granulats.

	Gravier			Sable
	G ziani	G Ain Touta	G El Hadjeb	SN
Compacité (%) $C = \frac{MV_{App}}{MV_{Ab}}$	54	51	52	60
Porosité (%) $P = 1 - C$	46	49	48	40

MV_{App} : Masse volumique apparente.

MV_{Ab} : Masse volumique absolue.

On constate que la compacité du gravier de ziani est plus élevée que celle des deux autres Ain touta et El Hadjeb qui sont presque identique.

4.3.8-Analyse chimique des granulats utilisés

Il est évident d'analyser les granulats utilisés dans le but de savoir le taux des matières nuisibles qui peuvent affecter la qualité de béton, les résultats des analyses chimiques ont été pris du rapport géologique de chaque zone.

Le tableau 4-9 résume la composition chimique des différents granulats utilisés

Tableau 4-9 : Analyse chimique des granulats utilisés.**Résultats exprimés en %.[46]et[47]**

Composantes	G ziani	G Ain Touta	G El Hadjeb
SiO ₂	0.01-0.02	0.84-0.92	0.02-0.04
Al ₂ O ₃	-	0.3-4.87	-
Fe ₂ O ₃	0.15-.030	0.72	0.10-0.20
CaO	54.6-55.44	45.42-54.30	58.6-55.44
MgO	0.2-0.6	2.52	0.4-0.6
SO ₃	0.11-0.12	1.10	0.12-0.13
K ₂ O	0.03	0.02-0.7	0.02
Na ₂ O	0.06-0.07	0.04-0.20	0.05-0.06

4.4- Eau de gâchage

L'eau utilisée lors de la fabrication des mélanges de béton est celle provenant du robinet exempt d'impuretés. Il s'agit d'une eau potable. Sa température n'est pas contrôlée lors des gâchées, quoique le béton obtenu a une température assez constante d'un mélange à l'autre, de 18 à 20°.

4.5- Superplastifiant

Un superplastifiant a été utilisé dans trois mélanges, et ce dans des proportions variables. Il a été incorporé directement dans le mélange après quelques minutes de malaxage, selon la norme NFP18-335 [39]. Le superplastifiant en question est le **PLASTACRYL 85 (Granitex)**, un adjuvant qui est, lui aussi, utilisé fréquemment dans la pratique. Ce produit sert à augmenter la maniabilité des mélanges, et ce sans changer le rapport eau/ciment. Ses caractéristiques sont les suivantes :

Forme.....Liquide
Couleur.....Ocre clair
PH.....6 - 6,5
Densité.....1,05 ± 0,01
Teneur en chlorure.....< 1g /l

4.6- Poudre de carrelage

Afin d'améliorer les propriétés physiques et mécaniques du béton, la Poudre de carrelage a été incorporée avec le ciment dans le malaxeur et ce dans trois mélanges de béton avec une proportion en masse de ciment de 8% et 15% et notamment en présence du superplastifiant. la Poudre de carrelage utilisée est dont les caractéristiques sont :

FormePoudre
Couleur.....Blanche
Masse volumique apparente.....0.5

4.7-La composition du béton

Dans le cadre de cette étude, en utilise deux méthodes de formulation de béton (**la méthode B.Scramtaïv ET Dreux Gorisse**) avec cinq dosages de ciment (250;300;350;400;500) kg/m³ conçus avec trois types de granulats, Ces trois types de granulats sont: le gravier de Ziani, le gravier d 'Ain touta et le gravier d' El hadjeb et aussi avec deux affaissements fermes et plastiques.

Notre étude est divisée en trois phases :

La première phase: la résistance a la compression

Dans La première phase la formulation de béton se fait ainsi :

- Utilisation de cinq dosages de ciment (250;300;350;400;500) kg/m³ avec les trois types de granulats sans adjuvant .
- Utilisation de cinq dosages de ciment (250;300;350;400;500) kg/m³ avec les trois types de granulats et avec trois pourcentages d adjuvant (0.05-0.25 et 0.5) %.
- Utilisation de cinq dosages de ciment (250;300;350;400;500) kg/m³ avec les trois types de granulats et avec deux pourcentages d'ajout de Poudre de carrelage (8 et 15) %.

La deuxième phase: traction par fondage

Dans La deuxième phase la formulation de béton se fait ainsi :

Utilisation d'un dosage de ciment (350) kg/m³ avec les trois types de granulats et avec trois compositions de béton(sans adjuvant ; avec adjuvant ; adjuvant + ajout)₂

La troisième phase: flexion

Dans La troisième phase la formulation de béton se fait ainsi :

Utilisation d'un dosage de ciment (350) kg/m³ avec les trois types de granulats et avec trois compositions de béton(sans adjuvant ; avec adjuvant ; adjuvant + ajout)₂

Les mélanges de béton ont été réalisés avec un rapport Eau/ Ciment variable tout en contrôlant la plasticité du béton, ferme et plastique qui définit la classe de béton indiquée par la norme NF P 18-305. La quantité de ciment utilisée pour tous les mélanges varie de 250 , 300 , 350 ; 400 et 500 kg par m³. Ces dosages en ciment ont été choisis à des fins de comparaison de l'effet de ciment sur la résistance surtout du béton à base des différents granulats. Il a fallu recourir à un super plastifiant pour certains mélanges, et à l'ajout de la Poudre de carrelage, afin d'obtenir des mélanges avec un affaissement convenable, ainsi que d'améliorer la résistance de ces derniers.

4.8- Confection et cure des éprouvettes

Des moules cubiques (10x10x10) cm³ ont été réalisés pour les essais de compression et d'absorption d'eau par immersion, des prismes (10x10x40) cm³ pour les essais de déformabilité et les essais de flexion simple et des cylindres (16x32) cm² pour l'essai de traction par fendage et l'essai de perméabilité. La confection des éprouvettes est faite conformément aux normes NF P 18-404 (déc. 1981) [40]. La conservation des éprouvettes couvertes par du plastique a été faite à l'air pendant 24h ensuite, après démoulage elles sont conservées dans l'eau à 20°C.

4.9- Programme des essais

4.9.1- Ouvrabilité

L'ouvrabilité a été mesurée par le Slump-test, conformément à la norme NF P 18-451 (déc.1981) [41]. Tous les bétons ont été fabriqués à ouvrabilités fermes et plastiques ce qui permet de faire une comparaison entre eux.



Photo 4-1 : Essai du Slump-test.

4.9.2-Essai de la résistance à la compression

Cet essai a été effectué sur une presse de force et de dimension appropriées à l'éprouvette à tester et cela conformément à la norme NF P 18- 406 [42] .

Pour les différents mélanges de béton, trois cubes de $(10 \times 10 \times 10) \text{ cm}^3$ par échéance ont été utilisés pour effectuer l'essai, soit après 7, 28, 90 jours.



Photo 4-2 : Eprouvettes cubiques (10x10x10) cm³.

4.9.3-Essai de résistance à la traction par écrasement latéral (Brésilien)

L'essai Brésilien détermine la résistance à la traction par écrasement latéral des échantillons de béton. Cet essai a été effectué presque entièrement sur les bétons conventionnels, et ce pour la même raison décrite précédemment. Soit un bris mécanique de la première presse utilisée. Trois cylindres par échéance et par mélange ont été utilisés pour évaluer les différents mélanges. Les cylindres sont de dimension (16 x 32) cm², Cet essai est régi par la norme NF P18 – 408 [43].

La résistance de traction par fendage sera :

$$\sigma = \frac{2F}{\pi DL}$$

F : charge à la rupture

D : diamètre de l'éprouvette

L : hauteur de l'éprouvette

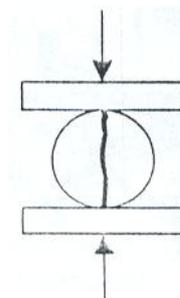




Photo 4-3 : Eprouvettes cylindriques (16x32) cm².

4.9.4 -Essai de traction par flexion

L'essai a été effectué selon la norme NF P 18 – 407 (déc1981) [44]. Les épreuves testées sont des prismes (10 x10 x40) cm³ après un cure de 7 et 28 jours dans l'eau à 22 °C. On a pris la moyenne de trois épreuves pour chaque type de béton.

Cet essai consista à rompre en flexion une épreuve prismatique de côté (a) et de longueur (L = 4a) à l'aide d'une machine de flexion.

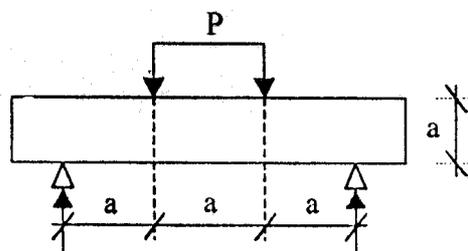


Photo 4-4 : Eprouvettes prismatiques (10x10x40) cm³.

4.9.5- Essai d'auscultation sonique (NF P 18-418). [45]

L'essai consiste à émettre une onde dans une éprouvette de béton et de mesurer le temps et la vitesse de cette onde en parcourant une distance connue, on peut déduire graphiquement la résistance à la compression du béton.

4.10 - Conclusion:

A fin de préparer un béton conçu à base des agrégats de la région de Biskra, nous avons mené un programme expérimental qui vise à caractériser ces matériaux vis-à-vis de ses propriétés physico-mécaniques et leur influence sur les propriétés mécaniques ainsi que la durabilité des bétons.

L'influence du type des agrégats naturels par le temps de durcissement sur les propriétés physiques et mécaniques des bétons a été également étudiée en détail.