

CHAPITRE 02

CARACTERISATION DES MATERIAUX ET CONFECTION DES MORTIERS

2.1 Introduction :

L'étude d'un matériau hétérogène composé de plusieurs matériaux nécessite tout d'abord d'identifier et de caractériser la qualité de ces derniers. Dans notre travail la confection d'un mortier nécessite l'utilisation de ciment, de sable et de filler calcaire comme un ajout.

Donc il est important de procéder à un bon choix de ces derniers conformément aux exigences de la norme pour pouvoir obtenir un mortier de qualité et résistant.

Par ailleurs, la détermination des dosages optimaux, ainsi que l'interprétation des certains ne pourraient être possible que si les différents constituant sont bien caractérisés.

2.2 Caractéristiques des matériaux :

2.2.1 Le ciment :

Les ciments utilisés dans cette étude sont les suivants (figure 2.1) :

- i. *Le ciment portland composé CPJ – CEM II/B 32,5R CHAMIL de la cimenterie de LAFARGE.*
- ii. *Le ciment portland composé CPJ – CEM II/B 42,5 Mâtine de la cimenterie de LAFARGE.*

Ce sont des ciments gris, résultat de la mouture du clinker obtenu par cuisson jusqu'à la fusion partielle (clinkérisation) d'un mélange convenablement dosé et homogénéisé de calcaire et d'argile. Ce ciment est constitué d'oxydes minéraux dont les principaux sont la chaux (CaO) à fonction basique et la silice (SiO₂) à caractère acide. On trouve également l'alumine (Al₂O₃) et le fer (Fe₂O₃). Ils sont rendus aptes à réagir entre eux et avec l'eau par traitement thermique à des températures comprises entre 1300 et 1500°C. En présence d'eau a lieu la réaction d'hydratation consistant en la formation d'un réseau résistant (propriété hydraulique) constitué principalement de micro- cristaux de silicates de calcium hydratés.

Ils présentent des performances mécaniques et des caractéristiques physico-chimiques conformes à la norme NA 442 et la norme EN 197-1 (tableau 2.1).

Tableau 2.1. Caractéristiques techniques de ce ciment CHAMIL et MATINE.

Caractéristiques techniques	CHAMIL	MATINE
Analyse chimiques		
Perte au feu (%) (NA5042)	13.0 ± 2	10.0 ± 2
Teneur en sulfate (SO ₃) %	2.5 ± 0.5	2.5 ± 0.5
Teneur en oxyde de magnésium MgO %	1.7 ± 0.5	1.7 ± 0.5
Teneur en chlorures (NA5042) %	0.02 -0.04	0.02 -0.04
Composition minéralogique du clinker (bogue)		
C3S (%)	60 ± 3	60 ± 3
C3A (%)	7.5 ± 1	7.5 ± 1
Propriétés physiques		
Consistance normale (%)	27 ± 2.0	26.5 ± 2.0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231)	4300 à 5500	3700 à 5200
Retrait à 28 jours (µm/m)	<1000	<1000
Expansion (mm)	≤ 3	≤ 3.0
Temps de prise à 20° C		
Début de prise (min)	150 ± 30	150 ± 30
Fin de prise (min)	250 ± 50	230 ± 50
Résistance à la compression		
2 jours (MPa)	≥ 10	≥ 10
28 jours (MPa)	≥ 32.5	≥ 42.5

Le ciment CHAMIL, Avec son sac de couleur orange (figure 2.1.a) est dédié aux constructions de masse. C'est un ciment de haute qualité pour tous les usages courants. Il représente le choix idéal pour des constructions à usage habitation et commercial: construction général, finitions, éléments préfabriqués. Prise rapide, meilleure maniabilité, forte résistance initiale sont ses attributs importants.

Le ciment CHAMIL est utilisé pour tous les travaux courants qui ne présentent pas un besoin spécifique en bétons exposés à des conditions sévères comme l'attaque des sulfates du

sol ou de l'eau et qui n'exigent pas de hautes résistances mécaniques. Les principales applications de ce ciment sont:

- Béton structurel
- Fabrication des éléments préfabriqués (parpaings, buses, caniveaux . . . etc.).
- Fabrication des carreaux de dalle.
- Travaux de finition.

Le ciment MATINE avec son sac de couleur noire (figure 2.1.b) est destiné aux constructions qui nécessitent une performance et haute résistance, telles que les grands édifices. Il se caractérise notamment par son durcissement très rapide, sa faible demande en eau, sa comptabilité avec tous types d'adjuvants, etc.

Le ciment MATINE est utilisé pour tous les projets de construction qui nécessitent de hautes résistances mécaniques mais qui ne présentent pas un besoin spécifique en bétons exposés à des conditions sévères comme l'attaque des sulfates du sol ou de l'eau. Ainsi que dans les ouvrages dans lesquels le béton n'est pas affecté par le taux de chaleur d'hydratation du ciment.

Les principales applications de ce ciment sont:

- Secteur habitat (logements et d'autres constructions civiles).
- Secteur travaux publics (tunnels, ponts, port, aéroport .etc.).
- Secteur hydraulique (barrages, châteaux d'eau, stations d'épuration, stations de dessalement,. . etc.).
- Secteur industriel



a. le sac de ciment CHAMIL

b. le sac de ciment MATINE

Figure. 2.1. Les types de ciment utilisés.

2.2.2 Le sable :

Le sable utilisé est un sable naturel, provenant de la carrière de Guelta Laghouat, 291 Km de la wilaya de TIARET.

2.2.2.1 Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique par tamisage est un ensemble des opérations aboutissant à la séparation selon leur grosseur des éléments constituant l'échantillon, en employant des tamis à maille carrée et une tamiseuse (figure 2.2) afin d'obtenir une représentation de la répartition de la masse des particules à l'état sec en fonction de leur dimension. L'analyse granulométrique a trois buts :

- Déterminer les dimensions des grains.
- Déterminer les proportions de grains de même dimension (% pondéral).
- En déduire le Module de finesse (Mf) et le pourcentage des fines.

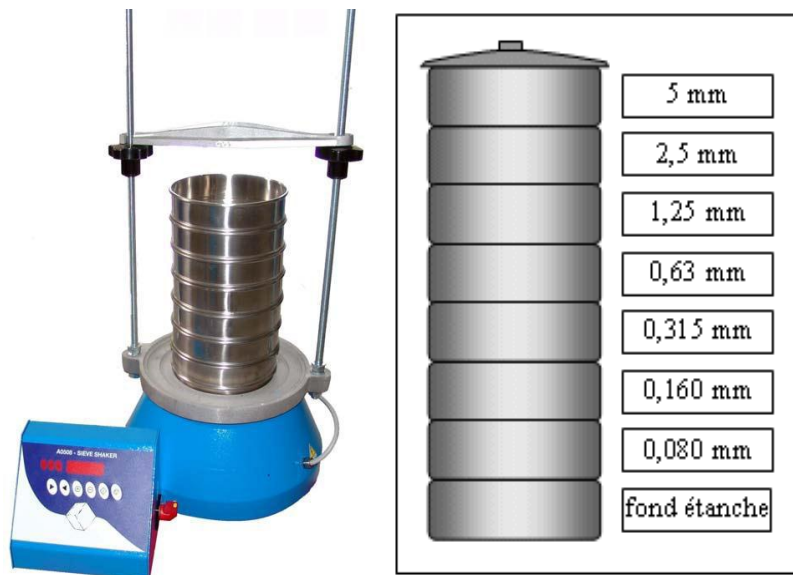


Figure. 2.2 Matériel d'analyse granulométrie

2.2.2.2Équivalent de sable (la norme NF P 18 -598) :

Il est défini par la norme NFP 18-598 ; il permet de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fin, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fin qui flocculent (figure 2.3).



Figure. 2.3 Essais et matériel d'équivalent de sable.

2.2.2.3 masses volumiques :

a. Masse volumique absolue :

La masse volumique absolue ρ_s est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre les grains. La masse est mesurée par une balance et le volume par une éprouvette graduée.

La masse volumique est un indice pour savoir et faire le choix d'un matériau par rapport à un autre.



Figure. 2.4 Éprouvette pour déterminer le volume absolu.

b. La masse volumique apparente :

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules.

L'essai est répété 3 fois pour un volume de 1 litre (figure 2.5) et la moyenne de ces essais donne la valeur de la masse volumique apparente.



Figure. 2.5. Essai de la masse volumique apparente.

D'après ces essais, le sable est un sable moyen avec un module de finesse égale à 2.22 ; de classe granulaire 0/4 mm, et la teneur en eau optimale de foisonnement est de 5% avec une masse volumique apparente de 1047 Kg/m^3 et une masse volumique absolue de 2530 Kg/m^3 . Ce sable convient parfaitement pour le béton.

La courbe granulométrique de ce sable est donnée dans la figure 2.6.

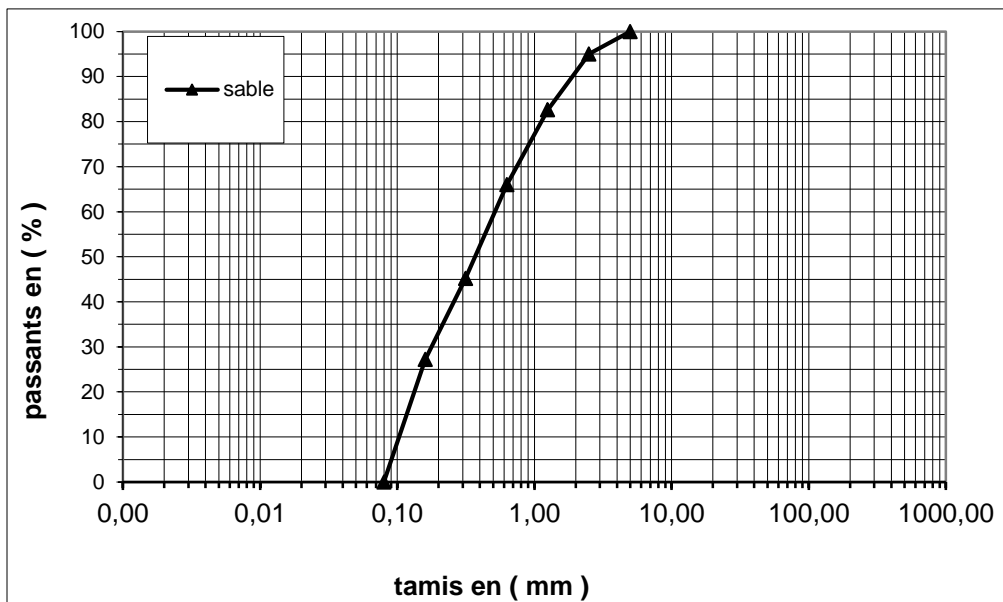


Figure 2.6. Courbes granulométriques de sable (Laghout).

2.2.3 Eau de gâchage :

L'eau utilisée pour la confection du mortier et celui-ci distribuée par le réseau du service public de la ville de Tiaret (Algérie). Les résultats de l'analyse chimique de cette eau ont été représentés dans le tableau 2.1. Ils répondent aux prescriptions de la norme XP P 18-303 et NF EN 1008 (IDC P 18-211, 2003).

Tableau 2.2. Composition de l'eau de gâchage (mg/l)

Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PH	Zn ⁺²	SO ₃ ²⁻
75	0	7	0	0

2.2.3 Les fillers calcaires :

Les fillers calcaires proviennent de la carrière « Entreprise national de granulats ENG » Tlemcen. Situé à 30 km de la ville de Tlemcen. La roche est de nature calcaire dolomitique. Sa composition chimique est résumée dans le tableau 2.2.

Tableau 2.3 Composition chimique du fillers calcaires.

Eléments	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	CO ₃	Anhydrite carbonatée	Eau de combinaison	Perte au feu
Min %	4,73	33,81	18,59	0,49	93,64	41,2	0,49	41,69
Max %	5,64	34,09	20,06	0,54	96,97	42,67	0,56	43,23
Moy %	5,18	33,95	19,32	0,51	95,30	41,93	0,52	42,46

Les fillers calcaires présentent une densité absolue = 2,72 et une surface massique égale à 2900 cm²/g.

2.3 Programme expérimental :

2.3.1 Formulation et fabrication des mortiers :

Les mortiers confectionnés sont de type 1/2 (une masse de ciment CPJ CEMII/B 32.5R CAHMIL avec deux masses de sable) tableau 2.3. Le rapport eau/liant choisi est égal à 0.5. Les ajouts cimentaires et les adjuvants ne sont pas utilisés.

La éprouvettes de mortier confectionnées sont des éprouvettes prismatique de dimension (4x4x16) cm³

Le rapport E/C =0.5 a été adopté afin de fabriquer un mortier témoins (de référence) et de comprendre son comportement à l'état naturel (sans effet de l'ajout de filler calcaire).

Tableau 2.4 : compositions du mortier témoin

Type de mortier	Ciment (g)	Sable (g)	Eau (E/C=0.5)	nombre	Essais (jours)
01	450	1350	225	03	07
01	450	1350	225	03	14
01	450	1350	225	03	28

Ce qui correspond à un total de 9 éprouvettes à pour paramètres (CPJ CEMII/B 32.5R CAHMIL; rapport E/C1 =0.5).

Ces éprouvettes ont été conservées dans un milieu neutre (eau potable)

En tenant compte de la formulation du mortier témoin d'autres mortiers ont été confectionnées on faisant étudiées les paramètres suivant :

i. influence de type de ciment :

Dans ce paramètre seul le type de ciment a été varié (CPJ CEMII/B 42.5 MATINE) tableau 2.4. Le rapport E/C est le même égale à 0.5. Les éprouvettes sont de nombre de 3 ont été conservées dans l'eau de robinet.

Tableau 2.5 composition du mortier 02 (type de ciment)

Type de mortier	Type de ciment	Nombre	Essais (jours)
02	CPJ CEMII 42.5 MATINE	3	28

Remarque :

Vue le manque et la non disponibilité de plusieurs types de ciment dans le marché durant cette période, notre travail a été limité sur les deux types de ciment CHAMIL et MATINE indiqués en avant.

Les mortiers avec le ciment CHAMIL ont été déjà confectionnés dans le mortier témoin.

ii. influence du rapport E/C :

Dans ce paramètre seul le rapport E/C a été varié (E/C= 0.45 et E/C= 0.55). Le type de ciment est celui du ciment témoins CPJ CEMII/B 32.5R CAHMIL, tableau 2.5. Les éprouvettes confectionnées sont de nombre de 6. Ces éprouvettes ont été conservées dans l'eau de robinet.

Pour l'étude de ce paramètre on va tenir en compte les 3 éprouvettes de E/C = 0.5 déjà confectionnés donc le nombre égale à 9.

Tableau 2.6 : composition du mortier 03 (Rapport E/C)

Type de mortier	Type de ciment	E/C	Nombre	Essais (jours)
3	CPJ CEMII/B 32.5R CAHMIL	0.45	3	28
3	CPJ CEMII/B 32.5R CAHMIL	0.55	3	28

iii. influence du dosage en filler calcaire :

Dans ce paramètre le rapport E/C est le même égale à 0.5 et le type de ciment est celui du ciment témoins CPJ CEMII/B 32.5R CAHMIL, (tableau 2.6).

Tableau 2.7 : composition du mortier 04 (dosage en filler calcaire)

Type de mortier	Type de ciment	Dosage en filler	Nombre	ESSAIS
04	CPJ CEMII/B 32.5R CAHMIL	2.5	3	28
04	CPJ CEMII/B 32.5R CAHMIL	5.0	3	28
04	CPJ CEMII/B 32.5R CAHMIL	10	3	28
04	CPJ CEMII/B 32.5R CAHMIL	15	3	28
04	CPJ CEMII/B 32.5R CAHMIL	20	3	28
04	CPJ CEMII/B 32.5R CAHMIL	50	3	28

2.4 Préparation du mortier :

Les mortiers ont été préparés selon les étapes suivantes :

- nettoyage et séchage parfait des instruments (malaxeur).
- Introduire le sable et le ciment.
- Introduire les pourcentages du calcaire Introduire la quantité d'eau
- Mettre le malaxeur en route, vitesse lente pendant 30s.
- Arrêter le malaxeur, mettre la vitesse rapide et relancer le malaxeur pendant 30s.
- Arrêter le malaxeur pendant 1 min et nettoyer les parois du récipient raclette pendant les 15 premières secondes.
- remettre le malaxeur marche, vitesse rapide durant 1min.



Figure 2.7 le malaxeur.

2.4.1 Préparation des éprouvettes :

Les éprouvettes sont de forme prismatique de section carrée (40 x 40 x 160) mm figure 2.8, Elles doivent être moulées le plus vite possible après la confection du mortier.



Figure 2.8 éprouvette prismatique.

2.4.2 Les étapes de préparation :

- Enduire les parois latérales des moules d'une légère couche d'huile de décoffrage, figure 2.9.
- fixer le moule et la hausse sur la table à chocs.
- introduire la première des deux couches de mortier dans chaque compartiment.
- étaler la couche en utilisant la plus grande spatule tenue verticalement.
- serrer la première couche de mortier par 25 chocs (réglage de la machine).
- retirer le moule et la hausse de la machine à chocs.
- ôter la hausse et enlever l'excédent de mortier avec la règle plate à araser.

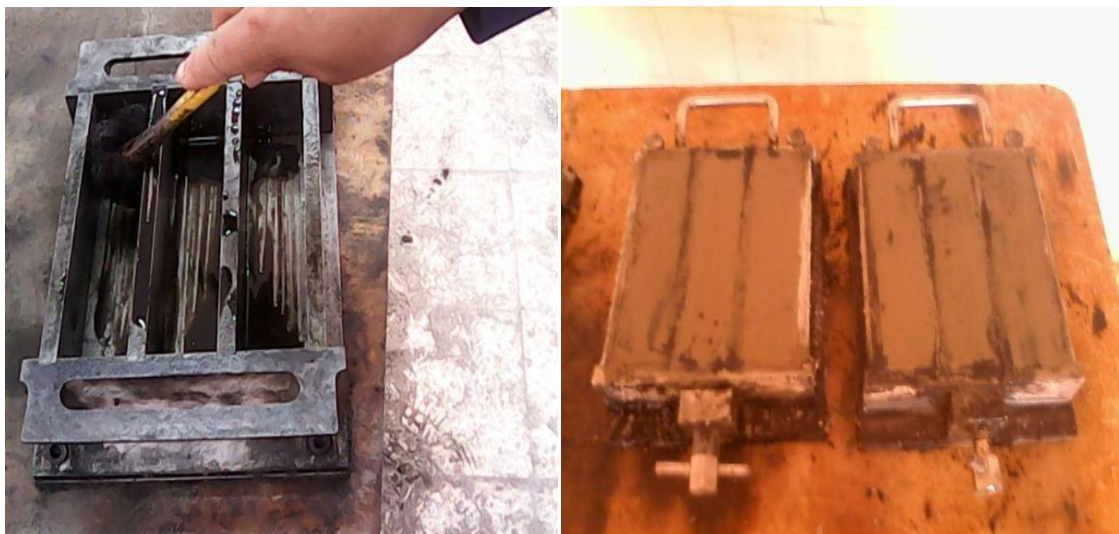


Figure 2.9. Préparation et remplissage des éprouvettes.

Remarque :

Dans ce travail nous avons utilisé la table vibrante (figure 2.10) pour remplir les éprouvettes prismatique à la place de la table à choc à cause d'une panne de cette dernière.



Figure.2.10 la table vibrante.

2.4.3. Conservation des éprouvettes :

- Poser une plaque en verre ou en acier sur le périmètre du moule.
- placer le moule dans une pièce humide pendant 24 heures.
- démouler ensuite les éprouvettes avec précautions et marquer les éprouvettes.
- conserver les éprouvettes dans l'eau à 20°C (figure 2.11).



Figure.2.11 les éprouvettes dans l'eau.

2.5 Caractéristiques mécaniques des éprouvettes

2.5.1 Résistance à la flexion:

La machine utilisée est la machine de flexion trois points (deux appuis et un une force concentré au milieu), figure 2.12.

Placer et fixer correctement le prisme dans la machine de flexion. La charge sera appliquée progressivement et elle s'arrête automatiquement dès qu'il ya rupture.



Figure 2.12 Machine de flexion.

Après la rupture, Conserver les demi-prismes jusqu'au moment des essais en compression (figure 2.13). La résistance en flexion R_f (en N/mm^2) est calculée au moyen de la formule :

$$R_f = 1.5 * \frac{P * l}{b^3} \quad (\text{Eq. 2.1})$$

R_f : est la résistance à la flexion, en newtons par millimètre carré ou en MPa.

b : est le côté de la section carrée du prisme, en millimètres.

P : est la charge appliquée au milieu du prisme à la rupture, en newtons.

l : est la distance entre les appuis, en millimètres.



Figure. 2.13 Éprouvette (demi-prismes) pour essai de compression.

2.6 Résistance à la compression :

La machine utilisée est la machine de compression, conforme à la norme EN 12390-4 avec un dispositif de surface 4x4 cm², figure 2.14.



Machine de compression.



Dispositif de compression

Figure. 2.14 Matériel pour essai de compression

Centrer chaque demi-prisme latéralement par rapport aux plateaux de la machine à ± 0.5 mm en utilisant le dispositif comportant la surface d'application de 4×4 cm² (figure 2.15), puis la charge sera appliquée en augmentation avec une vitesse providence jusqu'à la rupture.

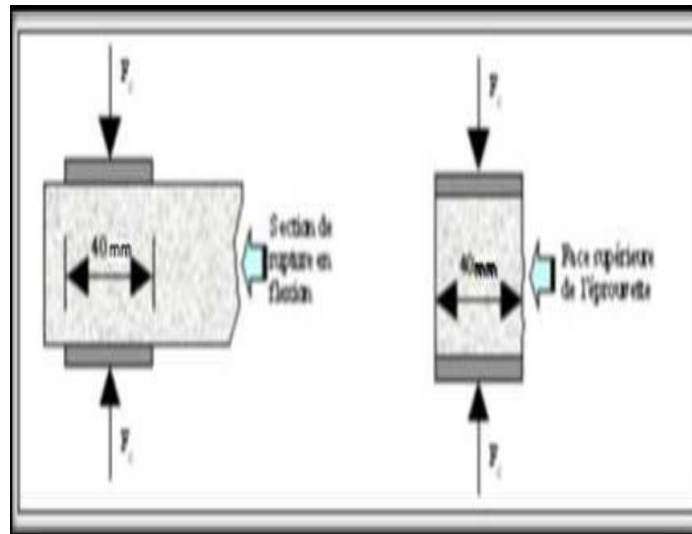


Figure. 2.15 Schéma de l'essai de compression.

La résistance en compression R_c (en N/mm²) est calculée au moyen de la formule :

$$R_c = \frac{F_c}{b^2} \quad (\text{Eq. 2.2})$$

Avec :

R_c : Résistance à la compression en (MPa).

F_c : Charge de rupture en (N).

b : Côte de l'éprouvette est égale à 40mm.

2.7 Conclusion :

Les essais d'identification des matériaux effectués au laboratoire donnent une idée générale sur les caractéristiques principales des matériaux servant à la formulation des mortiers. Ces derniers permettent de faire le choix entre les différents matériaux vis-à-vis la qualité recherchée et aide d'une façon significative à commenter et argumenter les résultats des essais expérimentaux.