

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université De Ghardaïa

Faculté des Sciences et Technologies

Département d'hydraulique et Génie Civil

N° d'ordre :

N° de série :

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : *Sciences et Technologies*

Filière : *Génie Civil*

Spécialité : *Structures*

Par : M^{lle} Doulah Zineb & M^{lle} Sebgag Kheira

Thème

**VALORISATION DE SABLE CONCASSE (0/3) DE LA REGION
DE METLILI DANS LA FORMULATION DE BETON ET
MORTIER**

Soutenu publiquement le : 10 / 09 /2020

Devant le jury composée de :

Mr. DAHEUR Elhadj Guesmia	MCB	Président	Université de Ghardaïa
Mr. AZIEZ Mohammed Nadjib	MAB	Examineur	Université de Ghardaïa
Mr. SAITI Issam	MAA	Examineur	Université de Ghardaïa
Mr. SALHI Aimad	MAA	Encadreur	Université de Ghardaïa

Année Universitaire : 2019-2020



Remerciements

Nous remercions Dieu, le tout puissant, pour nous avoir donné, le courage, la patience, la volonté et la force nécessaires, pour affronter toutes les difficultés et les obstacles, qui se sont hissés au travers de notre chemin, durant toutes nos années d'études.

Nous présentons nos sincères remerciements avec nos profonds respects à notre encadreur Monsieur SALHI AIMAD, qui a bien voulu par

Son aimable bienveillance, dirigé ce travail, qu'il trouve ici notre profond respect.

Nos remerciements vont aussi aux membres de jury pour les Conseils ET un merci spécial à tous travailleurs du Laboratoire pour les informations et instructions

Nos remerciements les plus sincères sont adressés à tous les enseignants de la Faculté des sciences et technologie



DÉDICACE

« و ما توفيقى الا بالله عليه توكلت واليه انيب »

أحمدك ربي حمدا يليق بجلال وجهك و عظيم سلطانك

وأزكى الصلاة و أطيب السلام على نبينا محمد عليه أفضل الصلوات و السلام

Je dédie ce modeste travail à tous ce qui est proches spécialement

à ma mère qui m'a encouragée et soutenue ainsi

à mon père qui m'a offert tout ce que dont j'avais besoin toute au long de mes études

à toute ma famille

à tous mes amis (es) sans exception

A tous les enseignants du département de génie civil

à tous les personnes qui m'ont aide de près ou de loin

ZINEB

DÉDICACE

Avant tout remerciements dieu tout –puissant qui nous a donné la force , le courage et le désir de réaliser ce modeste travail.

A mon exemple éternel, mon soutien moral, source de joie et de bonheur, à celui qui s’est toujours sacrifié pour me voir grandir et réussir, que dieu te garde et te protège mon très cher Père.

A la lumière de mes jours, source de mes efforts, la flamme de mon cœur, de ma vie et de mon bonheur, Maman que j’adore.

A toutes les personnes que j’aime et plus

Un grand merci a mon encadreur Mr SALHI Aimad

Et à mes chers sœurs :Sana , Safaa, et mes chers frères : Ahmed , Mohammed

Et mes chers oncles et tantes .

A tout la famille SEBGAG et CHENINI

A tous mes amis (es) sans exception

A mes enseignants et toute la promotion Génie civil

2019/2020

Enfin a tous ceux qui m’ont aidé de près ou de loin.

Kheira

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Résumé

A la lumière de la demande croissante de sable de construction et la rareté de ses ressources naturelles. Nous avons voulu d'exploiter et de valoriser les déchets (le sable concassé 0/3) des stations de concassage après l'extraction du gravier de différentes classes, afin de les utiliser comme matériaux locaux alternatifs pour leur disponibilité d'une part et leur impact environnemental d'autre part.

Notre travail vise à contribuer à la valorisation du sable concassé et à l'utiliser comme alternative au sable naturel dans les compositions de mortier et de béton.

Nous avons fait les expérimentations sur cinq types des sables, sable alluvionnaire (SO), deux types de sable concassé, la première (SC1) à leur état naturel, le deuxième (SC2) nous avons déduit 15% de fi^o le troisième et quatrième types étaient un mélange de concassé et alluvionnaire, M3 (50% SC1/50% SO), M4 (50% SC2/50% SO).

Des essais sur les propriétés physiques à l'état frais et durci du mortier et du béton ont montré des résultats encourageants quant à la possibilité d'utiliser du sable concassé comme alternative au sable de construction.

Mots clés: valorisation, sable concassé, sable alluvionnaire, mortier, béton, résistance.

Abstract

In light of the growing demand for building sand and the scarcity of its natural resources. We wanted to exploit and recycle the waste (0/3 crushed sand) from crushing stations after the extraction of gravel of different classes, in order to use them as alternative local materials for their availability on the one hand and their environmental impact on the other hand.

Our work aims to contribute to the recovery of crushed sand and to use it as an alternative to natural sand in mortar and concrete compositions.

We carried out the experiments on five types of sands, alluvial sand (SO), two types of crushed sand, the first (SC1) in their natural state, the second (SC2) we deduced 15% of dust, , the third and fourth types were a mixture of crushed and alluvial, M3 (50% SC1 / 50% SO), M4 (50% SC2 / 50% SO).

Tests on the fresh and hardened physical properties of mortar and concrete have shown encouraging results regarding the possibility of using crushed sand as an alternative to alluvial sand.

Keywords: recovery, crushed sand, alluvial sand, mortar, concrete, resistance.

المخلص :

في ظل تزايد الطلب على رمال البناء و شح مصادره الطبيعية . ارتأينا استغلال و تميم ما تخلفه محطات التكسير من رمال بعد استخلاص الحصى بمختلف أحجامها و ذلك لاستخدامها كمواد محلية بديلة لتوفرها من جهة وانعكاسها على البيئي من جهة اخرى .

يهدف عملنا هذا الى المساهمة في تميم الرمال المكسرة واستعمالها كبديل للرمال الطبيعية في تركيبة الملاط و الخرسانة. قمنا بالتجارب على خمسة انواع من الرمال نوعين من الرمال المكسرة، نوع من الرمل الطبيعي ر3، النوع م1 استعمالناه على حالته الطبيعية، النوع الثاني م2 خصمنا منه 15 % من الغبار ، النوع الثالث و الرابع خليط من المكسر و الطبيعي، ر3 (50% م1 / 50% ر3)، ر4 (50% م2 / 50% ر3) .

تجارب الخصائص الفيزيائية في الحالة الطازجة و الصلبة للملاط و الخرسانة أظهرت نتائج مشجعة لإمكانية استعمال الرمل المكسر مقارنة بالرمل الطبيعي.

الكلمات المفتاحية : تميم ، الرمل المكسر ، الرمل الطبيعي، الملاط، الخرسانة. المقاومة.

Table des matières

Remerciements	I
Dédicace	II
Résumé	III
Table des matières	IV
Liste Des Tableaux	V
Liste Des Figures	VI
Liste Des Abréviations	VII
Introduction Générale	1
Objectifs de l'étude	2
Chapitre I : Généralités sur le mortier et le béton	
I.1. Introduction	4
I.2. Les bétons	4
I.2.1. Définition de béton	4
I.2.2. Les composants d'un béton	4
I.2.2.1. Le ciment	4
I.2.2.2. Le sable	7
I.2.2.3. Le Gravier	7
I.2.2.4. L'eau de gâchage	7
I.2.2.5. Les Adjuvants	8
I.2.3. Les différents types du béton	9
I.2.3.1. Béton ordinaire	9
I.2.3.2. Béton léger	9
I.2.3.3. Béton lourd	9
I.2.3.4. Béton auto plaçant (BAP)	9
I.2.3.5. Béton de haute performance (BHP)	9
I.2.3.6. Béton de fibre	10
I.2.3.7. Béton a durcissement rapide	10
I.2.4. Classification de béton	10
I.2.4.1. Leur consistance (cône d'Abrams)	10
I.2.4.2. Leur masse volumique	11
I.2.4.3. Leur granularité	11
I.2.4.4. La résistance mécanique	11
I.2.5. Fabrication et mise en œuvre du béton	11
I.2.6. Les caractéristiques physiques et mécaniques du béton	12
I.2.6.1. Les caractéristiques des bétons frais	12
I.2.6.2. Les caractéristiques du béton durci	13
I.2.7. Porosité du béton	15
I.2.7.1. L'absorption d'eau par capillarité	15
I.2.8. Méthodes de formulation de béton	16
I.2.8.1. Introduction	16

I.2.8.2. Différentes types des méthodes	16
a. Méthode de Faury	16
b. Méthode de Bolomey	17
c. Méthode de Valette	17
d. Méthode de Dreux-Gorisse	17
I.3. le mortier	18
I.3.1. Définition des mortiers	18
I.3.2. Composition du mortier	18
I.3.3. Le rôle d'utilisation de mortier	19
I.3.4. Différents types des mortiers	19
I.3.4.1. Les mortiers de ciment	20
I.3.4.2. Les mortiers de chaux	20
I.3.4.3. Les mortiers bâtards	20
I.3.4.4. Les mortiers fabriqués sur chantier	20
I.3.4.5. Le mortier industriel	21
I.3.5. Classification générale des mortiers	21
I.3.6. Préparation des mortiers	22
I.3.7. Caractéristiques principales	22
I.4. Conclusion	22
Chapitre II : valorisation des sables concassée dans le mortier et le béton	
II.1. Introduction	23
II.2. Les sables	23
II.2.1. Définition	23
II.2.1.1. Sable alluvionnaire	23
II.2.2.2. Sable concassée	23
II.3. Eléments sur l'élaboration des sables concassé	24
II.4. Particularité des matériaux calcaires de carrière	25
II.5. Avantages des sables de concassage	26
II.6. Paramètres influents	26
II.6.1. Effet de la source minéralogique du sable de concassage	26
II.6.2. Effet de la teneur en fines	26
II.6.3. Influence du lavage du sable	27
II.7. Effet du sable de concassage sur les mortiers et bétons à l'état frais	27
II.7.1. Demande en eau	27
II.7.2. Maniabilité	27
II.7.3. Affaissement	28
II.7.4. Dosage en ciment	28
II.8. Effet du sable de concassage sur les bétons à l'état durci	28
II.8.1. Résistance mécanique	28
II.8.2. Porosité	29
II.9. Effets de la substitution de sable de rivière avec le sable concassé	29
II.10. Economiquement	32
II.11. Conclusion	32
Chapitre III : Caractérisation des matériaux utilisés	

III.1. Introduction	33
III.2. Matériaux utilisés	33
III.2.1. Ciment	33
III.2.2. Sable	34
III.2.2.1. Analyse granulométrique [NF EN 933-1]	35
III.2.2.2. L'équivalent de sable [NF EN 933-8]	37
III.2.2.3. Masse volumique (absolue) [NF EN 1097-7]	38
III.2.2.4. Masse volumique apparente [NF EN 1097-6]	39
III.2.2.5. La teneur en l'eau [NF P 18-555]	40
III.2.2.6. Les Caractéristiques chimiques du sable [EN P15-461]	41
III.4. Gravier	41
III.4.1. Les Caractéristiques physiques du gravier utilisé	41
III.4.2. Analyse granulométrique [NF EN 933-1]	41
III.4.3. Masses volumiques absolues [NF EN 1097-7]	42
III.4.3. L'absorption d'eau : [NF EN 1097-6]	42
III.4.4. Propreté superficielle : [NF P18-591]	43
III.4.5. Aplatissement : [NF EN 12350-2]	44
III.4.6. Los Angeles : [NF EN 1097-2]	44
III.4.6. Micro-Deval : [NF EN 1097-1]	45
III.4.7. Les Caractéristiques chimiques du gravier utilisé	45
III.5. Eau de gâchage	46
III.6. Les adjuvants	46
III.7. Conclusion	47
Chapitre IV : Preparation de mortier, formulation de béton et methode experimentale	
IV.1. Introduction	48
IV.2. Le mortier	48
IV.2.1. Méthode de formulation de mortier	48
IV.2.1.1. La composition des mortiers	49
IV.2.1.2. Malaxage du mortier	49
IV.2.1.3. Démoulage et conservation des éprouvettes	50
IV.2.1.4. Les Caractéristiques des différentes compositions	51
2.1.4.1. Résistance à la traction par flexion	51
2.1.4.2. Résistance à la compression	52
IV.3. Le béton	53
IV.3.1. Formulation selon la méthode de Dreux-Gorisse	53
IV.3.2. Préparation des bétons	61
IV.3.2.1. Procédure de malaxage	61
IV.3.2.1. Caractéristiques du béton à l'état frais	61
3.2.1.1. Essai d'affaissement au cône d'Abrams	61
3.2.1.2. Essai La teneur en air	62
3.2.1.3. La masse volumique du béton à l'état frais	63
IV.3.2.2. Confection des éprouvettes	63
IV.3.2.3. Conservation	64
IV.3.2.4. Démoulage	64

IV.3.2.5. Conservation après démoulage	65
IV.3.2.5. Caractéristiques des bétons à l'état durci	65
3.2.5.1. La Masse volumique du béton à l'état durci	65
3.2.5.2. La résistance à la compression	66
3.2.5.3. La résistance à la traction par fendage	66
3.2.5.4. La résistance avec scléromètre	67
IV.4. Conclusion	68
Chapitre V : résultats et discussions	
V.1 Introduction	69
V.2 Présentation des Résultats	69
V.2.1. Les mortiers	69
V.2.1.1. Résultats des mortiers confectionnés avec le sable concassé ¹	69
2.1.1.1 Résistance à la compression (Rc)	69
2.1.1.2. Résistance à la traction par flexion (Rt)	71
V.2.1.2. Résultats des mortiers confectionnés avec le sable concassé ²	72
2.1.2.1 Résistance à la compression (Rc)	72
2.1.2.2. Résistance à la traction par flexion (Rt)	73
V.2.1.3. Interpretation	74
V.2.2. Les bétons	75
V.2.2.1 Résultats des essais utilisés sur les bétons à l'état frais	75
2.2.1.1 L'affaissement au cône d'Abrams	75
2.2.1.2 La masse volumique du béton à l'état frais	76
2.2.1.3 La teneur en air	76
V.2.2.2 Résulta des essais utilisés sur les bétons à l'état durci	77
2.2.2.1. La Masse volumique du béton à l'état durci	77
2.2.2.2 La résistance à la compression	78
2.2.2.3 La résistance à la traction par fendage	79
2.2.2.4 La résistance par scléromètre	80
Conclucion générale	81
Les références bibliographiques	
Annexes	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1: Classes de ciment	7
Tableau I.2 : Types de béton en fonction de leur consistance	10
Tableau I.3 : Types de béton en fonction de leur masse volumique	10
Tableau I.4 : Classification Des granulats Dmax	11
Tableau I.5: Classification se fait en La résistance mécanique	11
Tableau I.6 : Dosages des mortiers	22
Tableau III.1 : Composition chimique du ciment	33
Tableau III.2 : Composition minéralogique du ciment	34
Tableau III.3: caractéristiques physiques de ciment	34
Tableau III.4 : caractéristiques mécanique de ciment	34
Tableau III.5 : Module de finesse des sables	37
Tableau III.6 : Résultats de l'équivalent de sable	38
Tableau III.7 : Résultats de la masse volumique de sable	40
Tableau III.8 : Teneur en eau de sable	40
Tableau III.9 : Les Caractéristiques chimique de sable	41
Tableau III.10 : Résultats de la masse volumique de gravier	42
Tableau III.11 : résultats d'absorption de gravier	43
Tableau III.12: résultats Propreté superficielle de gravier	43
Tableau III.13 : résultats d'aplatissement de gravier	44
Tableau III.14 : Coefficient de Los Angeles de gravier	45
Tableau III.15 : Coefficient de Micro-Deval de gravier	45
Tableau III.16 : La composition chimique des graviers	45
Tableau III.17 : Caractéristique de l'adjuvant« MEDAFLOW 30 »	46
Tableau III.18 : Propriétés de « MEDAFLOW 30 » à l'état frais et durci	46
Tableau III.19 : Résistance à la compression obtenue par le « MEDAFLOW 30 ».	47
Tableau IV.1 : La composition des mortiers	49
Tableau IV.2 : Protocole de fabrication des mortiers	50
Tableau IV.3 : La composition du béton de Dreux– Gorisse (Kg/m ³)	62

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Composition du béton	4
Figure I.2 : les étapes de fabrication de ciment	6
Figure I.3 : mesure de l'affaissement au cône d'Abrams	12
Figure I.4 : la structure des pores capillaires pour deux rapports E/C différent	15
Figure I.5 : Composition de mortier	18
Figure I.6 : Les différents types de mortiers	21
Figure II.1 : station de concassage	25
Figure II.2 : Variation de la résistance à la compression des bétons en fonction du taux de fillers (Kristel)	30
Figure III.1 : sable utilisé	34
Figure III.2 : Courbes granulométriques des sables (SO, SC1, 50%SO et 50%SC1)	36
Figure III.3 : Courbes granulométriques des sables (SO, SC2, 50%SO et 50%SC2)	36
Figure III.5 : Essai de l'équivalent de sable	38
Figure III.6 : Essai de la masse volumique absolue	39
Figure III.7 : Essai de la masse volumique apparente	39
Figure III.8 : courbe granulométrique des graviers	42
Figure IV.1 : Les étapes de la confection des éprouvettes	50
Figure IV.2 : Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion	51
Figure IV.3 : Essai de résistance à la flexion	51
Figure IV.4 : Dispositif de rupture en compression	52
Figure IV.5 : Essai de résistance à la compression	52
Figure IV.6 : Abaque d'évaluation le dosage en ciment en fonction du rapport C/E et de l'ouvrabilité	54
Figure IV.7 : Courbe granulaire de Dreux-Gorisse sable alluvionnaire d'Ouargla	55
Figure IV.8 : Courbe granulaire de Dreux-Gorisse sable de concassée	57
Figure IV.9 : Courbe granulaire de Dreux-Gorisse sable mixte	59
Figure IV.10 : malaxeur de béton	61
Figure IV.11 : Essai d'affaissement cône d'Abrams	62
Figure IV.12 : Aéromètre	62
Figure IV.13 : La masse volumique du béton frais	63
Figure IV.14 : conservation du béton au niveau de laboratoire	64

Figure IV.15 : le démoulage des éprouvettes	64
Figure IV.16 : éprouvette démouler	64
Figure IV.17 : démoulage et Conservation	64
Figure IV.18 : La masse volumique du béton durci	65
Figure IV.19 : Essai de compression	66
Figure IV.20 : Essai de fendage	67
Figure IV.21 : scléromètre	67
Figure V.1 : Variation de la résistance à la compression des différents mortiers avec ciment CPJ et CRS conservaient à l'air	70
Figure V.2 : Variation de résistance à la compression des différents mortiers avec un ciment CPJ et CRS conservaient dans l'eau	70
Figure V.3 : Résultats des résistances de la traction par flexion des différents mortiers avec ciment CPJ et CRS conservaient à l'air	71
Figure V.4 : résultats des résistances de la traction par flexion des différents mortiers avec un ciment CPJ et CRS conservaient dans l'eau	72
Figure V.05 : Variation de la résistance à la compression des différents mortiers avec ciment CPJ et CRS conservaient à l'air	73
Figure V.6 : Variation de la résistance à la compression des différents mortiers avec un ciment CPJ et CRS conservaient dans l'eau	73
Figure V.7 : Variation de la résistance de la traction par flexion des différents mortiers avec ciment CPJ et CRS conservaient à l'air	74
Figure V.8 : Variation de la résistance de la traction par flexion des différents mortiers avec ciment CPJ et CRS conservaient dans l'eau	74
Figure V.9 : Evolution de l'affaissement des bétons étudiés	75
Figure V.10 : Evolution de la masse volumique des bétons à l'état frais	76
Figure V.11 : Evolution de teneur en air	77
Figure V.12 : Evolution de la masse volumique des bétons à l'état durci	77
Figure V.13 : Evolution de la résistance mécanique à la compression en fonction de temps	78
Figure V.14 : Evolution de la résistance à la traction par fendage des différents bétons en fonction du temps	79
Figure V.15 : Evolution de la résistance de scléromètre des bétons	80

LISTE DES ABREVIATIONS

- EN** : Norme européenne.
- SO** : Sable alluvionnaire.
- SC1** : Sable concassée.
- SC2** : Sable concassée.
- SM** : Sable mixte.
- ρ_{app}** : La masse volumique apparente (Kg/m³).
- ρ_{abs}** : Masse volumique absolue.
- M** : Masse.
- V** : Volume.
- M₁** : Poids de récipient.
- M₂** : Poids de l'ensemble (granulat + récipient).
- M_s** : Poids du sable sec en (g).
- M_h** : Poids du sable humide en (g).
- V_r** : Volume de récipient (cm³).
- M_f** : Module de finesse.
- ES** : Equivalent de sable.
- Esv** : Equivalent de sable visuel en (%).
- H₁** : Hauteur (sable + flocculat).
- H₂** : Hauteur du sable en (cm).
- R_c** : Refus cumules des tamis.
- V** : Volume total de l'échantillon. (ml).
- V₁** : Volume de l'eau (ml).
- V₂** : Volume total (grains + vide). (ml).
- E** : Dosage en d'eau
- C** : Dosage en ciment.
- E/C** : Rapport eau sur ciment.
- G/S** : Rapport gros granulats sur sable.
- P** : Porosité en (%).
- W** : Teneur en eau en (%).
- L_A** : Coefficient de Los Angles (%).
- D_{max}** : Dimension des granulats.

A : Aplatissement.

MDE : Micro-Deval en présence d'eau.

G : Coefficient granulaire.

R_f : Résistance à la flexion.

R_c : Résistance en compression.

Adj : Adjuvant.

Aff : Affaissement (cm).

T : Témoin.

A_b : Coefficient d'absorption d'eau.

F_{c28} : Résistance caractéristique à la compression du béton à 28 jours.

CRS (CEM I) : Ciment résistance aux sulfates .

CPJ (CEM II) : Ciment Portland composé.



Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

1. Introduction :

L'Algérie est un pays en fort développement, les nombreux projets dans les diverses branches du génie civil génèrent une forte consommation des matériaux. La vulnérabilité de la production nationale en matière de sable et le lancement des programmes de réalisation des grands projets posent la problématique de la nécessiter d'envisager des alternatives au sable naturel.

L'exploitation des matériaux locaux telle que le sable concassé est une alternative solution de la rareté du sable, d'une part elle comble la pénurie constatée en sable et d'autre part la protection de l'environnement.

Cette problématique a suscité la préoccupation du ministère des Ressources en eau, au point de s'atteler à l'élaboration d'un nouveau décret en 2005 [Loi n° 05-12, 2005]. Cette loi sévira d'une manière très stricte concernant l'extraction illicite du sable des oueds qui provoque la pollution de la nappe phréatique non profonde.

En 2007, une loi réglementant modifiant et complétant celle du 5 décembre 2005 avait été promulguée, organisant la généralisation progressive de l'usage des sables de concassage dans le bâtiment, en précisant les spécifications techniques auxquelles doivent répondre ces matériaux. Parallèlement à cette situation préoccupante, il existe en Algérie environ 1010 carrières avec une capacité de production allant de 10 à 400 tonnes par heure et une production annuelle totale de 68 millions de tonnes.

Ces carrières génèrent 15 millions de tonnes de sable comme un sous-produit. Ce sable n'est utilisé que partiellement dans la construction de routes et rarement utilisé dans les mortiers et bétons provoquant ainsi un problème de stockage au niveau des carrières. La raison principale de la non-utilisation de ce sable dans les mortiers et bétons est son taux élevé en fines (élément inférieur à 80 μ m) qui varie de 8 à 30 %.

Pour les agrégats fins (pour les normes européennes d'industrie, produits inférieures à 4 mm), la substitution du sable alluvionnaire est davantage un problème complexe. Historiquement, les agrégats fins ont été des produits secondaires du processus de concassage et criblage. Du fait de leur rugosité, les particules plates et allongées et souvent d'une

granulométrie insuffisante, ont une basse performance dans le béton. Le besoin en eau est très élevé pour l'ouvrabilité du béton.

Cela certainement fait reculer plusieurs producteurs de béton de l'utilisation du sable concassé. Par conséquent, des programmes de recherches méritent d'être menés pour les utilisations des sables de concassage dans la fabrication des mortiers et bétons. [78]

2. Objectif de l'étude :

Notre travail a pour objectif de valoriser le sable concassé dans la fabrication du mortier et béton. On a envisagé donc, de proposer quatre variantes du sable concassé à savoir : sable sans modification (à son état initial), sable on déduiront 15% de poussière et deux sables mixtes (50/50), en outre pour la comparaison un sable alluvionnaire témoin.

On a procédé par la caractérisation des différents matériaux entrant dans la composition des différents mélanges de mortier et béton. Il s'agit aussi de vérifier la faisabilité de béton de qualité courante en utilisant les sables concassé jusqu'à présent écartés, en raison de leur teneur en fillers généralement élevée. D'autre part, notre travail s'est intéressé plus particulièrement à l'utilisation de deux types de ciment (CPJ-CRS)

Finalement, à travers cette étude, on a tenté d'apporter une meilleure connaissance du propriétés à l'état frais et durci des bétons à base de sable concassé de la région de Ghardaïa en Algérie.

3. Plan du travail :

Dans le but de maîtriser le sujet et arriver aux objectifs fixés précédemment, nous avons suivi un plan de travail qui se compose de :

- Une introduction générale qui fait définir la problématique du sujet ainsi que les objectifs visés.
- **Le chapitre I** : qui comporte une revue bibliographique sur les différents constituants du béton et mortier.
- **Le chapitre II** : Valorisation des sables concasse dans le béton et le mortier.
- **Le chapitre III** : concerne la caractérisation des matériaux utilisés et la méthode expérimentale dans ce travail.
- **Le chapitre IV**: concerne la formulation de Béton, préparation de mortier et méthode expérimentale.

- **Le chapitre V** : est consacré à la discussion des résultats concernant l'état frais et durci des différents mortiers et bétons étudiés. Tous les résultats obtenus font l'objet des commentaires et des interprétations.
- Finalement une conclusion générale sur cette étude, des perspectives et des recommandations sont présentées.



Chapitre I

Revue Bibliographiques

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUES

I.1. Introduction :

Plus de quatre milliards de mètres cubes de béton sont coulés chaque année dans le monde. Ce matériau permet de construire des ouvrages de toute nature et, notamment, des bâtiments, des immeubles d'habitation, des ponts, des routes, des tunnels, des barrages, des centrales thermiques et nucléaires ainsi que des plates-formes d'exploitation pétrolière offshore. [1]

Le développement de l'emploi d'un matériau de construction repose sur des critères techniques et économiques. La résistance mécanique et la durabilité du matériau fondent les principaux critères de choix techniques. La disponibilité et le faible coût des matières premières, la facilité d'emploi et le prix de revient du matériau valident les conditions économiques. [1]

I.2. Les bétons :

I.2.1. Définition:

Le béton est un matériau composite constitué de granulats gros et fins (gravier ou pierre concassé, sable), de ciment et d'eau et éventuellement des adjuvants, additifs, Le mélange entre le ciment et l'eau forme une pâte qui joue le rôle d'une colle entre les granulats, La pâte de ciment hydraté et le sable constituent le mortier, Les adjuvants et les additions servent améliorer certaines caractéristiques du béton frais ou durci. [2]

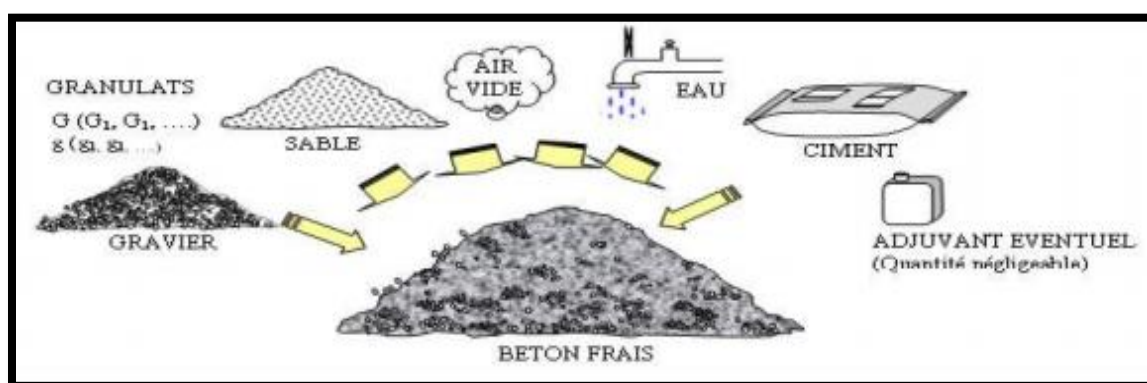


Figure (I.1) : composition du béton.

I.2.2. Les composants d'un béton:

I.2.2.1. Le ciment :

Le ciment est un liant hydraulique qui se présente sous forme d'une poudre minérale fine anhydre en présence d'eau il forme une pâte qui durcit progressivement à l'air ou dans l'eau, C'est le constituant fondamental du béton puisqu'il permet la transformation d'un mélange sans cohésion en un corps solide résistant et peu déformable. [3]

a. Les constituants des ciments courants :

Tous les ciments courants ont pour constituant de base le clinker qui assure la fonction liante Grâce à laquelle on passe d'un état initial de fluide moulable à un état final de solide mécaniquement résistant, la norme EN P 18-301 spécifie que le clinker doit être constitué d'au moins deux tiers en masse de silicates de calcium.

Le clinker est accompagné de sulfate de calcium (le gypse) nécessaire pour régulariser la prise (le ciment reste coulable pendant une période suffisamment longue afin de permettre sa mise en place).

Les quatre principaux constituants minéralogiques du clinker sont :

- Le silicate tricalcique : C3S.
- Le silicate bi calcique : C2S.
- L'aluminate tricalcique : C3A.
- L'alumino-ferrite tétra calcique : C4AF

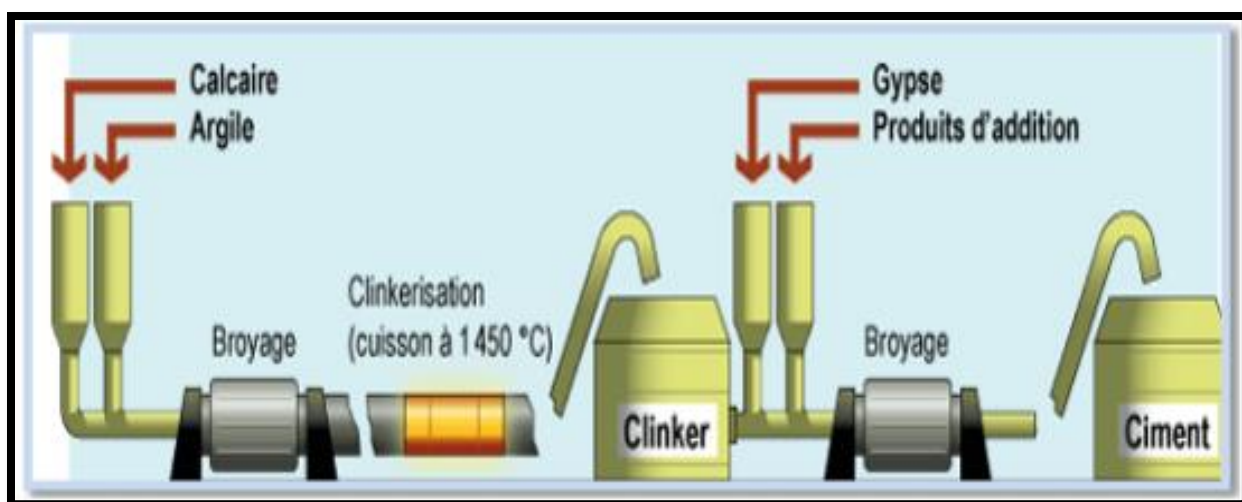
Suivant le type, les ciments courants peuvent contenir d'autres constituants comme les laitiers granulés de haut fourneau, les pouzzolanes naturelles, les cendres volantes siliceuses ou calciques, les schistes calcinés, les calcaires et les fumées de silice... ces constituants sont définis et spécifiés par « la norme EN P 15 301 ».

b. Fabrication de ciment :

Les matières premières entrant dans la fabrication du clinker sont le calcaire et l'argile dans des proportions respectivement proches de 80 à 20%.

La fabrication du ciment compate les étapes suivantes :

- Extraction de concassage : La matière première « calcaire et l'argile » sont extraites de carrières en grandes morceaux puis réduit par les concasseurs en petit morceaux.
- Préparation de la matière première : le calcaire et l'argile sont mélangés par broyage dans les proportions bien définie dans un mélange fin appelle « Cru ».
- Cuisson du « Cru » : la cuisson de « Cru » se fait dans des fours rotatifs, cylindriques et longs à une température variant 1400°C et 1500°C, la cuisson permet la transformation du « Cru » au « clinker ».
- Broyage du clinker : le broyage du clinker a pour objectif d'une part de réduire des granules du clinker en poudre, d'autre part de procéder à l'ajout du gypse on obtient le « C.P.A » et dont certaines on procède à l'ajout d'autres constituants et on obtient des ciments composés.
- Stockage, ensachage et expédition: à la sortie du broyeur ; le ciment est transporté vers des silos de stockage, pour être soit ensaché soit expédié en vrac. [4]



Figure(I.2): les étapes de fabrication de ciment.

c. Les différents types de ciment :

- CPA-CEM I: ciment Portland.
- CPJ-CEM II: ciment Portland composé.
- CHF-CEM III: ciment haut fourneur.
- CPP-CEM IV : ciment pouzzolanique.

CLC-CEM V : ciment de laitier aux cendres.

d. Propriétés des ciments :

- Caractéristiques physiques
- Les caractéristiques physiques sont: la prise, le durcissement, le retrait, la masse volumique,...., etc.
- Caractéristiques chimiques
- Chaque type de ciment est caractérisé par une composition chimique bien déterminée
- Caractéristiques Mécaniques.
- Les ciments sont classés Selon ses résistances à la compression: La norme EN 197, classe les ciments courants d'après leur résistance à la compression (résistance normale) déterminée conformément à la norme EN 196-1, mesurée à 28 jours en six classes de résistance.

Tableau(I.1): Classes de ciment .

Classe des ciments	Résistance à 2 jours (MPa)	Résistance minimale à 28 jours (MPa)	Résistance maximale à 28 jours (MPa)
32.5N	/	≥ 32.5	≤ 52.5
32.5R	≥ 13.5	≥ 32.5	≤ 52.5
42.5N	≥ 12.5	≥ 42.5	≤ 62.5
42.5R	≥ 20	≥ 42.5	≤ 62.5
52.5N	≥ 20	≥ 52.5	/
52.5	≥ 30	≥ 52.5	/

Selon le type d'environnement: Certains ciments ont des propriétés supplémentaires leur permettant de s'adapter à des environnements spéciaux.

I.2.2.2. Les sables :

a)- Définition

On définit les sables comme étant la fraction des granulats pierreux dont les grains ont des dimensions comprises entre 80 μm et 05 mm ; il s'agit d'une définition globale, dont les bornes varient d'une classification à une autre. Ce sont aussi les matériaux dont le diamètre maximal est inférieur à 6,3mm et dont le passant à 80 microns n'excède pas 30% [5].

Dans le sens le plus courant, on entend par "sable" les éléments de dimensions 0 à 5 mm, non compris les fillers. [5].

I.2.2.3. Les gravies :

On appelle "gravier" l'accumulation de grain de 5 a 70mm formes par la destruction naturelle des roches [6], la granularité du gravier est fixée par le D prescrit ou admissible pour le béton à préparer [7].

De dimensions supérieures à 5 mm pour les gravillons et à 20 mm pour les cailloux, Comme la surface spécifique (surface du granulat/volume) est plus élevée pour les granulats concassés et que les aspérités favorisent l'adhérence, c'est vers ce type de granulats que doit s'orienter le choix. Par contre, les granulats roulés donnent des bétons plus maniables et moins fissurables.

La nature de la roche joue un rôle important par sa résistance à la compression. Les roches d'origine cristallines sont plus résistantes que les roches d'origine sédimentaires (calcaires). On évitera les matériaux friables en plaques (schistes) ou en aiguilles [8].

I.2.2.4. L'eau de gâchage:

L'eau est un des ingrédients essentiels du béton, elle intervient à toutes les étapes de la vie du matériau par ses propriétés physico-chimiques et mécaniques. L'eau introduite dans le béton lors de sa fabrication va remplir deux fonctions essentielles : une fonction physique qui confère au béton frais des propriétés rhéologiques permettant son écoulement et son moulage et une fonction chimique qui contribue au développement de la réaction d'hydratation [9].

L'eau de gâchage peut avoir plusieurs origines, mais seule l'eau potable est présumée conforme aux exigences de la norme NF EN 1008, les autres comme l'eau récupérée de la fabrication de bétons, eaux d'origine souterraine, eaux naturelles de surface et eaux de rejet.

I.2.2.5. Les Adjuvants:

Les adjuvants sont des produits solubles dans l'eau qui, incorporés aux bétons à des doses qui doivent être inférieures ou égales à 5% du poids du ciment, permettent d'améliorer certaines de ses propriétés. Ils fournissent à la formulation de béton une gamme étendue, variée et nuancée de possibilités pour faciliter la mise en œuvre des bétons, adapter leur fabrication par temps froid ou chaud, réduire les coûts de mise en œuvre, améliorer les propriétés des bétons durcis, voire même lui conférer des propriétés nouvelles [10].

I.2.3. Les différents types du béton :

I.2.3.1. Béton ordinaire :

Mélange homogène composé exclusivement des constituants de base ciment, granulats, eau, avec un rapport (E/C) qui varie en fonction de la plasticité ainsi que de la résistance désirée [11].

I.2.3.2. Béton léger :

Les bétons légers comme ayant une masse volumique après séchage 2100 kg/m³. Parmi ces bétons on peut citer les bétons de granulats légers. Ils sont utilisés dans le domaine du confort thermique [12].

I.2.3.3. Béton lourd :

C'est un béton dont la masse volumique est supérieure à 2600 kg/m³, les résistances mécaniques du béton lourd sont comparables à celles des bétons classiques et même plus élevées compte tenu des faibles dosages en eau [13].

I.2.3.4. Béton auto plaçant (BAP) :

Un béton auto plaçant est un béton très fluide, homogène et stable, mis en œuvre sans vibration (la compaction des BAP s'effectue par le seul effet gravitaire) et conférant à la structure une qualité au moins équivalente à celle correspondant aux bétons classiques mis en œuvre par vibration [14].

I.2.3.5. Béton de haute performance (BHP) :

Bétons aux résistances mécaniques élevées au jeune âge et à 28 jours (Supérieure à 50 MPA), et un rapport pondéral (E/C) inférieur à 0.4. Leur propriété essentielle est leur grande

résistance en compression qui dépasse largement le cas des bétons ordinaires. Ceci est obtenu grâce à leur faible porosité qui est diminuée en réduisant la quantité d'eau de gâchage par l'emploi d'adjuvants plastifiants et super plastifiants [15].

I.2.3.6. Béton de fibre :

Un béton fibré est un béton dans lequel sont incorporé des fibres, Une technique récente, consiste à ajouter au béton, des fibres afin d'améliorer ses propriétés mécaniques (compression, fissuration, flexion). A la déference des armatures, les fibres sont réparties dans la masse du béton; elles permettent de constituer un matériau qui présente un comportement homogène. Les fibres les plus couramment utilisées sont les fibres métalliques, les fibres organiques, et les fibres synthétiques [16].

I.2.3.7. Béton a durcissement rapide :

Bétons dont le développement des résistances mécaniques est accéléré, ces bétons permettent la réalisation des travaux sur des éléments d'ouvrages demandant une remise en service rapide, ainsi que le décoffrage prématuré ou la mise en précontrainte le plus rapidement en préfabrication [17].

I.2.4. Classification de béton: [18]

I.2.4.1. Leur consistance (cône d'Abrams):

Elle est définie en utilisant le cône d'Abrams, et on obtient les cinq classes suivantes:

Tableau (I.2): Types de béton en fonction de leur consistance.

Affaissement (Aff) en cm	Classe des bétons
0 à 2	Très ferme
3 à 5	ferme
6 à 9	plastique
10 à 13	mou
>14	Très mou

I.2.4.2. Leur masse volumique: [19]

Selon la classification européenne, il y a trois classes de béton qui représentées donne tableau

Tableau (I.3): Types de béton en fonction de leur masse volumique.

Types de béton	Béton léger	Béton normal	Béton lourd
Masse volumique (kg/m ³)	De 800 à 2000	De 2000 à 2600	> a 2600

I.2.4.3. Leur granularité: [20]

Tableau (I.4): Classification se fait en fonction de la dimension maximale Des granulats D max.

Classes du béton	dimension maximale Des granulats D max.
Béton fin	$8 \leq D \text{ max} < 16\text{mm}$
Béton moyen	$16 \leq D \text{ max} < 31.5\text{mm}$
Béton gros	$31.5 \leq D \text{ max} < 63$

I.2.4.4. La résistance mécanique: [21]

Tableau (I.5): Classification se fait en La résistance mécanique.

Type du béton	Classe de résistance (Mpa)
Béton ordinaire	< 50
Béton à haute performance	50 80
Béton à très haute performance	80 150
Béton exceptionnel	>150

I.2.5. Fabrication et mise en œuvre du béton :

La fabrication du béton est un processus spécifique : en fonction de la nature et la qualité de chacun des composants (ciment, granulats, eau, adjuvant), il présentera des caractéristiques différentes. Une fois fabriqué, le béton prêt à l'emploi est un produit fait, qui doit être transporté et utilisé rapidement sur des marchés locaux, et dans des conditions optimales [22].

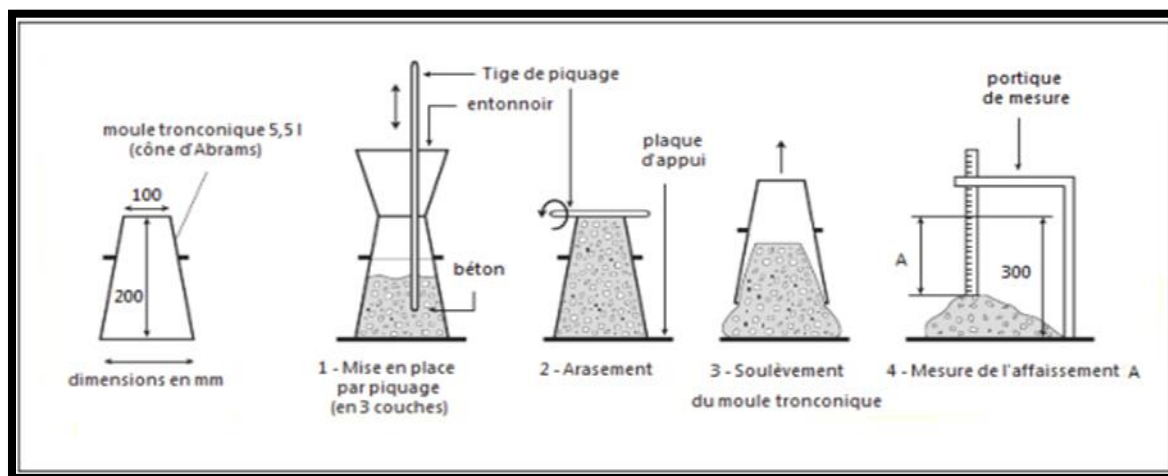
I.2.6. Les caractéristiques physiques et mécaniques du béton :

I.2.6.1. Les caractéristiques des bétons frais :

a)- La consistance (cône d'Abrams):

Cet essai consiste à mesurer la hauteur d'affaissement d'un volume tronconique de béton frais où ce dernier est compacté dans un moule ayant la forme d'un tronc de cône. Selon la norme EN 12350-21, l'essai consiste à remplir de béton un moule (D = 20 cm, d = 10 cm, h = 30 cm), le remplissage s'effectue en trois couches tassées avec une tige en acier de 16mm de diamètre,

à raison de 25 coups par couche (**figure**), le cône est soulevé verticalement, l'affaissement du béton permet de mesurer sa consistance. [23].



Figure(I.3): mesure de l'affaissement au cône d'Abrams.

b)- Masse volumique du béton frais :

La masse volumique du béton frais peut être contrôlée à partir de la masse volumique théorique résultant du calcul de la formulation du béton. La comparaison de la masse volumique du béton frais théorique et celle mesurée permet d'obtenir des renseignements sur le degré de compactage et la composition du béton. La méthode de mesure de la masse volumique du béton frais est définie dans la norme EN 12350-6. [24]

c)- La compacité et la porosité:

Sont des caractéristiques physiques essentielles du béton, conditionnent plusieurs propriétés de ce dernier telles que sa perméabilité, ses résistances mécaniques, son module d'élasticité et surtout sa durabilité.

On distingue les pores contenus dans les granulats leur taille et leur volume n'évoluent pas, par contre ceux se trouvent dans la pâte de ciment, leur dimension diminue avec la progression d'hydratation on distingue. [25]

- Les pores capillaires ($0,01\mu\text{m} \leq \text{Ø} \leq 0,5\mu\text{m}$) occupent les espaces entre les grains de ciment en suspension dans l'eau, leur taille et leur volume dépendent du rapport E/C.

La perméabilité du matériau est essentiellement dépendante de ces pores.

- Les pores relatifs aux hydrates ou pores des gels ($\text{Ø} < 40$ angströms) sont présents dans le gel de C-S-H. Le volume de ces pores n'est pas affecté par le rapport E/C.

Ces pores sont divisés en pores inter-cristallites qui se situent entre les gels et les pores intra-cristallites présents à l'intérieur du gel lui-même.

Les bulles d'airs occlus ($\emptyset > 1\text{mm}$) piégées non intentionnellement à l'intérieur du béton lors du malaxage du béton frais [26].

d)- La teneur en air :

Le béton frais contient toujours des pores, même après un compactage minutieux. Un béton avec un diamètre maximal du granulat de 32 mm et une consistance plastique possède normalement 1 à 2 % vol. De pores (sans air entraîné). Pour du béton compacté et confectionné avec des granulats courants ou relativement denses, jusqu'à un diamètre maximal de 63 mm, la méthode de mesure de la teneur en air est décrite dans la norme EN 12350-7. [24]

I.2.6.2. Les caractéristiques du béton durci :

a)- La Masse Volumique à L'état durci :

La masse volumique du béton durci peut être contrôlée à partir de les essais mécaniques que dont la connaissance de ses propriétés mécaniques est indispensable pour le calcul du dimensionnement des ouvrages. Assez souvent, beaucoup de professionnels du béton considèrent que la caractéristique essentielle du béton durci est sa résistance mécanique en compression à un âge donné (28 jours), la résistance à la traction ainsi que celle en flexion sont beaucoup plus faibles que sa résistance à la compression . [27]

b)- La résistance à la compression :

La résistance à la compression est l'une des caractéristiques principales du béton durci et sa résistance mécanique en compression à un âge donné (28 jours). Elle est désignée par f_{c28} et se mesure par compression axiale d'une éprouvette à 28 jours selon la norme [EN12390-3].

De plus la connaissance des propriétés mécaniques du béton est primordiale pour une bonne conception des ouvrages. Surtout que le béton est considéré comme étant un matériau fragile lorsqu'il est soumis à l'action d'une charge croissante. En outre, le béton ne laisse pas apparaître des déformations importantes avant sa rupture, et il se comporte mieux en compression qu'en traction. La résistance mécanique des bétons dépend de plusieurs paramètres [28].

- Le type et la classe du ciment ;
- La qualité des granulats utilisés pendant le bétonnage ;
- Le dosage des matériaux utilisés ;
- La cadence et les conditions de réalisation.

c)- La résistance à la traction :

Elle est moins étudiée que la résistance en compression car le béton est conçu essentiellement pour résister à la compression, et son comportement en traction est quasi fragile.

Le comportement en traction du béton peut être identifié par différents essais : [29]

- Traction par fendage : (essai brésilien).
- Traction par flexion.

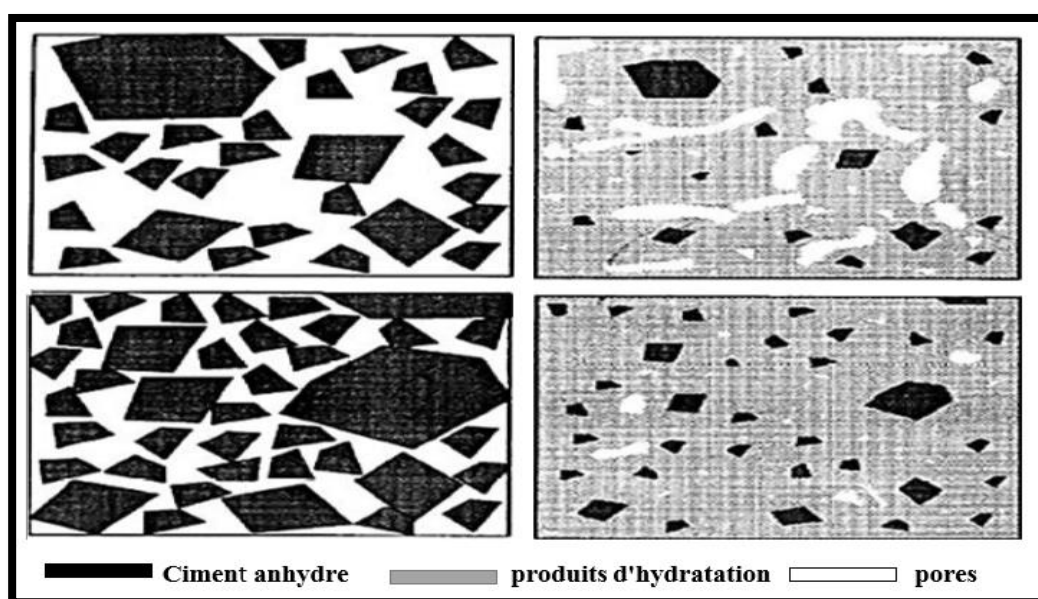
I.2.7. Porosité du béton:

Le béton est un matériau poreux, et cette caractéristique est représentée dans le rapport du volume des vides au volume total. Cette caractéristique a été prouvée sur la résistance du béton aux facteurs agressifs et sur la carbonisation et le gel pour cela. La nature poreuse du béton est très importante car sa résistance lui est liée [30].

I.2.7.1. L'absorption d'eau par capillarité :

L'absorption capillaire dépend de la structure poreuse (porosité ouverte, taille et interconnexion des pores). [31]

L'eau est nécessaire lors de la fabrication du béton, pour l'ouvrabilité et pour le développement des résistances. Les pores capillaires sont causés par l'excédent d'eau (proportion d'eau qui n'est pas utilisée pour l'hydratation). Un béton étanche doit avoir les capillaires les plus petits possibles (**figure I.4**).



Figure(I.4): la structure des pores capillaires pour deux rapports E/C différent.

I.2.8. Méthodes de formulation de béton :

I.2.8.1. Introduction:

L'étude de la composition d'un béton consiste à définir le mélange optimal des différents composants du béton (granulat, eau, ciment) afin de réaliser un béton dont les qualités soient celles recherchées (résistance, consistance). On a recours, dans ce cas aux méthodes de détermination des proportions des différents composants ou on trouve soit : [32]

- Les méthodes semi-empiriques (Faury, Bolomey, Vallette).
- Les méthodes graphiques (Joisel, Dreux-gorisse).

I.2.8.2. Différentes types des méthodes :

a. Méthode de Faury:

En 1942 Faury, proposa une nouvelle loi de granulation du type continu.

Il s'inspirait pour cela de la théorie de Caquot relative à la compacité d'un granulat de dimension uniforme correspondant à un serrage moyen.

La loi de granulation qui en découle est une loi fonction de $5\sqrt{d}$. La courbe granulométrique idéale conduisant à la compacité maximale est alors théoriquement une droite; cependant Faury a distingué les grains fins et moyens ($< D/2$), des gros grains ($> D/2$) et la pente de la droite n'est pas la même pour chacune de ces deux catégories.

On trace pour l'ensemble du mélange, ciment compris une courbe granulométrique de référence qui est composée de deux droites si l'on opère sur un graphique gradué, en abscisse $5\sqrt{d}$.

L'abscisse du point de rencontre de ces deux droites est fixée à $D/2$ et son ordonnée Y est donnée par la formule suivante: [33]

$$Y = A + 17.5\sqrt{D} + \frac{B}{\frac{R-0.75}{D}}$$

A: constante, traduisant la maniabilité du béton.

B: Varie de 1 à 2 selon que le béton ferme au no.

D: Exprimé en dimension de passoire.

R: Le rayon moyen du moule.

b. Méthode de Bolomey:

Par une formule appropriée, on trace une courbe granulométrique de référence et d'où s'efforce de réaliser avec des granulats dont on dispose une composition granulaire totale (ciment compris), dont la courbe soit aussi proche que possible de la courbe de référence théorique. La formule de base est la suivante: [33]

Où:

$$P = A + (100 - A)\sqrt{\frac{d}{D}}$$

P: Le pourcentage de grains passant à la passoire de diamètre **d**.

d: Le diamètre du plus petit granulat.

D: Le diamètre du plus gros granulat.

A: varie de 8 à 16. Sa valeur étant d'autant plus élevée que le dosage en ciment et plus fort. Cette méthode aboutit théoriquement tout au moins à une granularité continue.

c. Méthode de Valette:

Valette a mis au point une méthode essentiellement expérimentale mais qui nécessite certains nombres de calculs préparatoires. Cette méthode est souvent désignée par « dosage des bétons à compacité maximale » ou « dosage des bétons à minimum des sables » ou « dosage des bétons à granularité discontinue ».

On calcule d'abord le dosage de sable et de ciment devant donner en principe le mortier plein avec un minimum de ciment. On ajoute ensuite, le maximum de gravier mouillé compatible avec une ouvrabilité permettant un moulage correct et une mise en œuvre facile dans les conditions du chantier. On obtient alors le béton plein à minimum de sable et le moins dosé en ciment. [33]

d. Méthode de Dreux-Gorisse:

C'est une méthode pratique qui simplifie et rend la formulation du béton plus pragmatique. Elle consiste à rechercher conjointement la résistance à la compression et l'ouvrabilité désirée à partir des données de base essentielles pour la formulation du béton telles que la dimension des granulats(D).

La méthode de formulation de DREUX-GORISSE permet de déterminer les quantités optimales de matériaux (Eau E, ciment C, sable S, gravillon g et gravier G) nécessaires à la confection d'un mètre cube de béton conformément au cahier des charges. [33]

I.3. Les mortiers :

I.3.1. Définition des mortiers :

Le mortier est obtenu par le mélange d'un liant (chaux ou ciment), de sable, d'eau et éventuellement d'additions. Des compositions multiples de mortier peuvent être obtenues en jouant sur les différents paramètres : liant (type et dosage), adjuvants et ajouts, dosage en eau. En ce qui concerne le liant, tous les ciments et les chaux sont utilisables, leur choix et le dosage sont fonction de l'ouvrage à réaliser et de son environnement.

La durée de malaxage doit être optimum, afin d'obtenir un mélange homogène et régulier. Les mortiers peuvent être : [34]

- ❖ Préparés sur le chantier en dosant et en mélangeant les différents constituants y compris les adjuvants.
- ❖ Préparés sur le chantier à partir de mortiers industriels secs préposés et avant l'utilisation, il suffit d'ajouter la quantité d'eau nécessaire.
- ❖ livrés par une centrale : ce sont des mortiers prêts à l'emploi. Les mortiers industriels se sont beaucoup développés ces dernières années, permettant d'éviter le stockage et le mélange des constituants sur des chantiers.

I.3.2. Composition du mortier :

Des composants du mortier le ciment; de l'eau; du sable ; des adjuvants et des additions. Ils peuvent être très différents les uns des autres selon la nature du liant ou Selon leur domaine et les pourcentages des constituants, le malaxage, la mise en œuvre et la cure. [35]

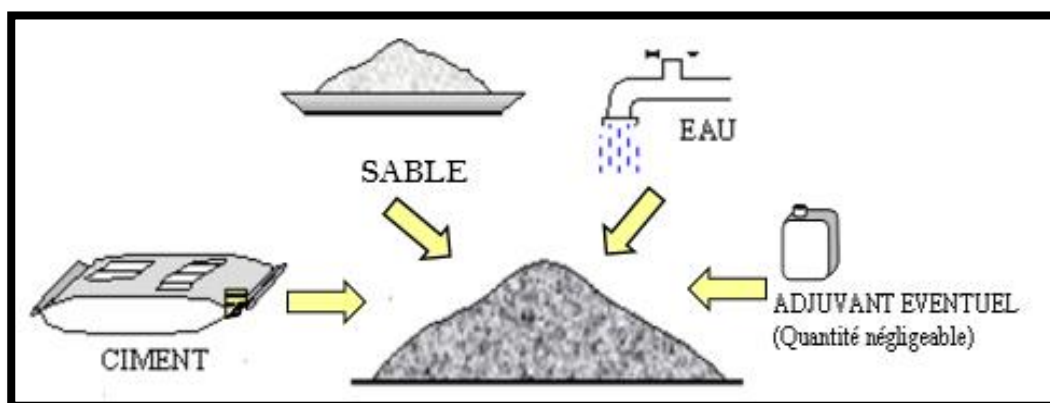


Figure (I.5): Composition de mortier.

Les mortiers sont constitués par des mélanges de :

- liant (ciment ou chaux).
- Eau.
- Sable.
- Adjuvants.

I.3.3. Le rôle d'utilisation de mortier :

La pâte plastique obtenue peut jouer plusieurs rôles essentiels : [36]

- Assurer la liaison, la cohésion des éléments de maçonnerie entre eux, c'est-à-dire la solidité de l'ouvrage, le rendre monolithique.
- Protéger les constructions contre l'humidité due aux intempéries ou remontant du sol.
- Sous forme d'enduits aériens.
- Sous forme d'écrans étanches.
- Constituer des chapes d'usure, un pour dallages en béton. Devenir la matière première dans la fabrication de blocs manufacturés, carreaux, tuyaux divers éléments moulés.
- Etre le constituant essentiel du béton.
- Consolider certains sols de fondations sous forme d'injections.

I.3.4. Différents types des mortiers :

I.3.4.1. Les mortiers de ciment :

Les mortiers de ciments sont très résistants, prennent et durcissent rapidement. Le dosage du rapport entre le ciment et le sable est en général volumétrique de 1/3 et le rapport de l'eau sur ciment est environ 1/2. De plus, un dosage en ciment les rend pratiquement imperméables. En revanche, il est davantage sujet au retrait. [37]

I.3.4.2. Les mortiers de chaux :

Les mortiers de chaux sont gras et onctueux. Ils durcissent plus lentement que les mortiers de ciment. Les mortiers de chaux sont moins résistants par rapport aux mortiers de ciment. [38]

I.3.4.3. Les mortiers bâtards :

Ce sont les mortiers, dont le liant est le mélange de ciment et de chaux. Généralement, on utilise la chaux et le ciment par parties égales, mais on mettra une quantité plus ou moins grande de l'un ou de l'autre suivant l'usage et la qualité recherchée.

Les chaux apportent leur plasticité, les ciments apportent la résistance mécanique et un durcissement plus rapide. [37]

I.3.4.4. Les mortiers fabriqués sur chantier :

Ils sont préparés avec le ciment et le sable du chantier. Le ciment est un ciment courant CPA ou CPJ et parfois des ciments spéciaux comme le ciment alumineux fondu.

On emploie également des chaux hydrauliques et parfois des liants à maçonner. Le sable est le plus souvent roulé (nature silico-calcaires) parfois concassé et le gâchage s'effectue à la pelle ou à l'aide d'une petite bétonnière. Ces mortiers ne sont donc pas très réguliers et les sables peuvent être différents d'une livraison à l'autre, mais de toutes façons ils doivent être propre et de bonne granulométrie.

Le sable est généralement dosé en poids (ce qui est préférable), soit en volume (cas des petits chantiers). Dans ce dernier cas, il est très important de tenir compte du phénomène de foisonnement des sables. [37]

I.3.4.5. Le mortier industriel :

Ce sont des mortiers que l'on fabrique à partir de constituants secs, bien sélectionnés, conditionnés en sacs, contrôlés en usine et parfaitement réguliers. Pour utiliser ce type de mortier, il suffit de mettre la quantité d'eau nécessaire et malaxer pour ensuite les mettre en œuvre. Les fabricants de mortiers industriels proposent une gamme complète de produits répondant à tous les besoins: [39]

- Mortiers pour enduits de couleur et d'aspect varié.
- Mortiers d'imperméabilisation.
- Mortier d'isolation thermique.
- Mortier de jointoiement.
- Mortier de ragréage.

- Mortier de scellement, mortier pour chapes.
- Mortier-colle pour carrelages, sur fond de plâtre ou de ciment ...
- Mortier de réparation.

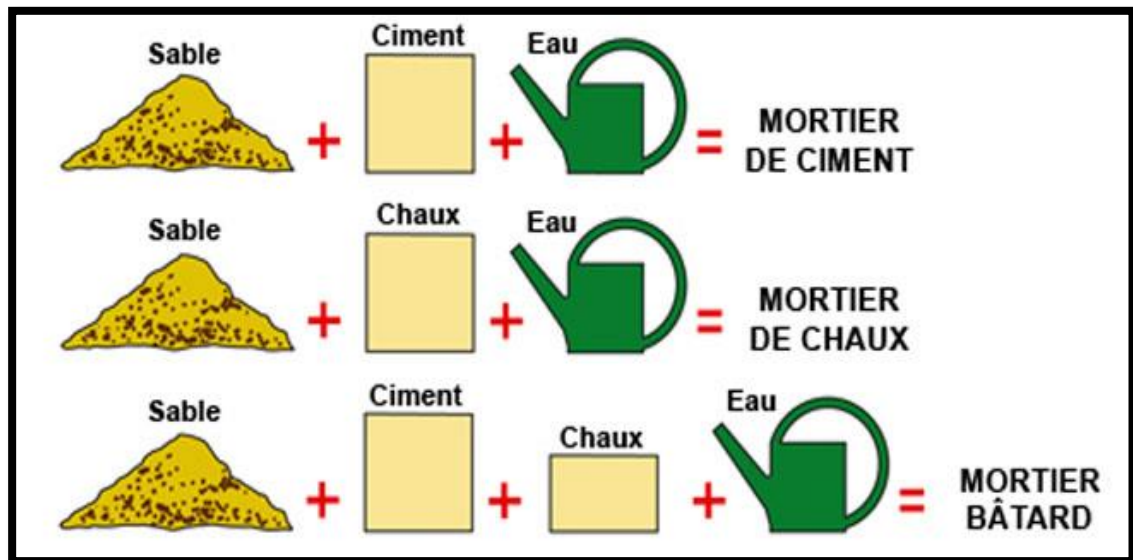


Figure (I.6): Les différents types de mortiers. [2]

I.3.5. Classification générale des mortiers :

- Selon leur domaine :

L'utilisation des mortiers varient selon leur domaine d'application, et ce dernier qu'est très vaste et leurs domaines permet de citer les catégories suivantes: [40]

- Mortier de pose,
- Mortier de joints,
- Mortier pour les crépis,
- Mortier pour le sol,
- Mortier pour les stucs,
- Pierres artificielles,
- Support pour les peintures murales.
- Selon la nature du liant : On peut classer les mortiers selon la nature du liant en:
 - Mortier de ciment portland,
 - Mortier de chaux,
 - Mortiers bâtards, Mortier à base de ciment de maçonnerie.

I.3.6. Préparation des mortiers :

Ce mortier est réalisé conformément la norme [EN 196-1] et Les quantités nécessaires des dosages et des travaux à faire comme le montre tableaux ci-dessous :

Tableau (I.6): Dosages des mortiers.

Matériau	Ciment	sable	Eau	E/C
Unité (g)	450	1350	225	0.5

I.3.7. Caractéristiques principales :

Les caractéristiques principales des mortiers sont : [39]

- L'ouvrabilité.
- La prise.
- La résistance mécanique.
- Le retrait et le gonflement, etc.

I.4.Conclusion :

Dans ce chapitre, on a tenté de faire une synthèse bibliographique sur le béton ordinaire, ses classes et ses constituants et les caractéristiques physiques et mécaniques et ses méthodes de formulation ainsi que du mortier.

A decorative border resembling a scroll, with rounded corners and a vertical strip on the left side. The text is centered within this border.

Chapitre II

Valorisation des sables concassée dans le béton et le mortier

CHAPITRE II : VALORISATION DES SABLES CONCASSE DANS LE MORTIER ET LE BETON

II.1. Introduction :

II.2. Les sables :

Etant donné à l'épuisement du sable, on croyait que cette ressource naturelle est abondante sans limite. la demande pour elle augmentait régulièrement , Ce qui nous a réveillés que cette richesse naturelle est épuisable et non renouvelable parce que l'écoulements des oueds est devenu rare à cause de la sécheresse pendant des années dans la région de Metlili.

Dans le cadre de la concrétisation des projets de développement nationaux et locaux de la région, vu à l'incapacité des carrières à fournir le sable mou et l'arrêt programmé de l'utilisation du sable de plage, qui a entraîné un grand problème environnemental .

De nombreuses raisons nous poussent à continuer aujourd'hui à rechercher des matériaux alternatifs pour répondre à la demande croissante d'agrégats pour béton et mortier.

Il est devenu nécessaire d'envisager l'exploitation de ressources alternatives dans la région pour répondre à la demande croissante de sable, qu'ils transportaient en grande quantité, et dans ce contexte nous avons décidé d'utiliser l'une des ressources locales existantes, à savoir le sable concassé pour la zone de Metlili.

II.2.1. Définition :

Le sable est un matériau granulaire constitué de petites particules provenant de la désagrégation d'autres roches dont la dimension est comprise entre 0.063 (limon) et 2 mm (gravier) selon la définition des matériaux granulaires en géologie. Sa composition peut révéler jusqu'à 180 minéraux différents (quartz, micas, feldspaths) ainsi que des débris calcaire de coquillage et de corail. [41]

II.1.1. Sable alluvionnaire :

Les sables naturels peuvent être issus des rivières. Également appelé « sable des rivières » ou « sable alluvionnaire », il se caractérise par sa forme arrondie et sa dureté, et il provient de l'action de l'eau sur les rochers.

II.2.2.2. Sable concassée :

Les sables de concassage se composent de la fraction fine de granulats provenant du concassage et du criblage de pierres et de roches naturelles. Leurs dimensions se situent entre 0 et 5 mm. Les sables de concassage sont disponibles dans les carrières (calcaire, grès et porphyre) de Concasseur Granulats. L'utilisation des sables est déterminée par la dimension des grains et les caractéristiques intrinsèques (mécaniques et chimiques) de la roche dont ils proviennent. En règle générale, ils s'utilisent pour des sous-fondations et fondations, dans des

applications liées au ciment, par exemple du béton, et pour la production de mélanges bitumineux. [42]

Le sable concassé dépend de la roche maternelle en composition chimique, minéralogique, description pétrographique, dureté, stabilité physique et chimique et même de la couleur. Mais les autres propriétés sont différentes de la roche maternelle la forme, la texture de la surface, l'absorption d'eau,...etc. A. [43]

II.3. Éléments sur l'élaboration des sables concassés :

a)- Les principales opérations effectuées : L'élaboration de sables concassés à partir de roches meubles ou massives nécessite un certain nombre d'opérations. Les caractéristiques géométriques (granularité, forme) et de propreté des granulats dépendent du processus d'élaboration dans les installations de traitement.

b)- L'extraction L'ensemble des opérations d'extraction de la roche dans le gisement peut être défini dans un plan d'exploitation qui traite:

- de la reconnaissance du gisement.
- de l'enlèvement de la découverte.
- des méthodes d'extraction.
- de l'organisation des fronts.
- de l'homogénéisation des produits extraits et, s'il y a lieu, de la dilution (opération qui consiste à diluer de façon contrôlée un faciès altéré ou réactif vis-à-vis des alcalins par mélange avec une extraction de matériaux sains, de façon que les produits élaborés soient conformes aux spécifications des normes, non réactifs et homogènes).

Dans les roches massives, l'extraction se fait par minage suivant des plans de tir définis permettant d'obtenir un produit de blocométrie de l'ordre de 0/1000 mm. (Voir schéma d'extraction et élaboration des granulats).

c)- Le concassage La fragmentation des matériaux (comminution) se fait par concassage et broyage, la distinction entre les deux termes relevant de l'usage. Les producteurs appellent concassage la fragmentation grossière et broyage l'élaboration de sables, petits gravillons et fillers. Les appareils utilisés se divisent en trois grandes catégories :

- les appareils travaillant par écrasement lent.
- les appareils travaillant par chocs.
- les appareils à effets multiples, travaillant éventuellement par gravité.

L'ouverture d'entrée (largeur et prise) conditionne la taille des plus gros éléments admis à l'alimentation et l'ouverture de sortie (appelée quelquefois réglage) la granularité du produit sortant.

d)- Le criblage C'est l'opération qui permet de séparer et de classer un ensemble de grains $0/D_n$ provenant de l'extraction et/ou du concassage en sous-ensembles $0/D_i$ ou d_i/D_i . Elle se fait au moyen de cribles vibrants inclinés, constitués par un caisson équipé de grilles mis en vibration, le plus souvent, par un arbre balourdé, le tout étant supporté par une suspension souple (ressorts, tampons en caoutchouc). Les grilles subissent un mouvement vibratoire (dont l'amplitude dépend du balourd) imposé aux matériaux qui sont ainsi secoués et avancent par gravité. L'intensité du secouage (couple vitesse amplitude) varie en fonction du type de criblage. [47]



Figure (II.1): station de concassage.

II.4. Particularité des matériaux calcaires de carrière :

Les matériaux de carrières calcaires sont des granulats concassés anguleux. Il est souvent admis que leur utilisation dans le béton permet d'obtenir des résistances mécaniques plus élevées, par effet de blocage mécanique du système, du moins si leur résistance intrinsèque le permet. Cependant, l'usage montre qu'ils demandent une quantité d'eau (efficace) plus élevée qu'avec des granulats roulés, à cause notamment de la baisse de compacité associée à leur forme, leur angularité et à leur rugosité.

Généralement, les sables de concassage présentent une bonne distribution granulair, comparativement aux sables de rivières lavés qui manquent souvent de fines. Les classes granulaires de la plage [0,1 - 0,5 mm] présentes dans les sables de concassage sont essentielles à la stabilité du béton frais [De Larrard, 2000].

II.5. Avantages des sables de concassage :

Une granulométrie étudiée (la grosseur des grains) : Le contrôle du processus de production permet d'élaborer des sables de concassage quasi uniformément riches sur une étendue granulaire que l'on peut imposer par criblage. Une morphologie des grains plus adaptée à un meilleur accrochage, les sables de concassage sont plus anguleux que les sables dits ronds, les grains de sable s'imbriquent et s'enchevêtrent mieux offrant ainsi plus de résistance. [44]

II.6. Paramètres influents :

II.6.1. Effet de la source minéralogique du sable de concassage :

Al - Baghdadi et Al - Ameer [45] ont étudié l'influence de la source minéralogique de trois différents types de sable concassé sur le comportement des bétons (même rapport E / C). En effet la texture et la forme des particules de sable concassé ont une grande influence sur l'association de la pâte et des granulats. Les résultats de leurs recherches ont montré que le sable concassé issu de granit apparaissait comme étant le plus avantageux (résistance à la compression, ouvrabilité). Ce comportement a été attribué à la morphologie des particules de sable de granit. L'étude menée par Cabrera et al. [46] s'est orientée sur plusieurs paramètres rhéologiques, parmi ces paramètres c'est l'effet du type de sable sur la fluidité du mortier. La recherche a montré que la maniabilité des mortiers se diffère selon l'origine minéralogique. À titre d'exemple les mortiers à base de sable de calcaire, se propagent plus facilement que ceux avec de la dolomie ou du granit. Cela a été associé aux caractéristiques physiques des particules : la forme et la texture des particules (angularité), finesse et la teneur en fines du sable concassé.

II.6.2. Effet de la teneur en fines : L'un des paramètres les plus importants dans les sables issus de concassage les sables avec une teneur élevée en silice sont peu disponibles. De ce fait, les normes se sont adaptées dans la nécessité d'utiliser les sables concassés en augmentant la limite des fines permise dans le sable concassé. La norme européenne EN- 206 par exemple autorise jusqu'à 16 % de fines, la norme britannique (BS 882) permet à 15 % des fines dans le sable, tandis que ASTM C33 fixe la limite à moins de 7 % [47]. Le ministère de l'habitat Algérien recommande de ne pas dépasser un taux de fines de 15 % pour des bétons de classe comprise entre 20 et 35 MPa et ne pas dépasser 12 % pour un béton de classe supérieure à 35 MPa. Cardon et al. [48] se sont orientés vers la prévision de la teneur en fines des sables de concassage, en faisant une estimation du pourcentage de fines, produit dans une machine Los Angeles et dans une installation de concassage. Les résultats ont abouti au fait que le

pourcentage de fines obtenu par la machine Los Angeles est supérieur de 6 à 7 % celui obtenu dans une installation de concassage classique. Un autre paramètre a aussi été étudié, c'est la quantité de roche concassée et son influence sur la teneur en fines des sables. Les résultats ont montré que la quantité concassée est un paramètre secondaire. De ce fait il a été établi que la teneur en fines d'un sable dépend de la structure pétrographique de la taille des grains et de la qualité de la roche et en outre, de la nature du concassage.

II.6.3. Influence du lavage du sable : Afin de s'opposer aux différents problèmes rencontrés à cause de la teneur en fines des sables, des chercheurs ont suggéré le lavage du sable afin de réduire ce pourcentage de fine. Selon **Westerholm et al.** [49] le procédé de lavage permet d'éliminer des particules inférieures à (40 µm). D'autre part, cela permet aussi, d'enlever les argiles d'autres substances qui pourraient être nocifs pour le béton et améliorer la viscosité. **Baum et al.** [50] préconisent le lavage des sables, car les propriétés des bétons à base de sable lavé sont améliorées. Cette amélioration était liée au fait que les sables non lavés contiennent une quantité d'argile qui peut affecter le comportement du béton.

II.7. Effet du sable de concassage sur les mortiers et bétons à l'état frais :

II.7.1. Demande en eau :

Nanda et al. [51] d'Inde, ont traité l'effet des sables concassés sur l'absorption d'eau. Les résultats ont démontré que les éprouvettes contenant plus de sable concassé absorbent beaucoup d'eau. **Bederina et al.** [52] ont démontré que l'absorption d'eau dans le sable concassé était de l'ordre de (4.3 %) au lieu de (0.58 %) pour le sable de rivière. **Villa-Lobos** [53], **Cabrera et al.** [54] ont constaté que le volume des vides dans les sables concassés (particules angulaires avec une texture cristalline), est supérieur à celui du sable naturel (allongée avec une texture rugueuse). Donc cela conduit à une demande en eau plus élevée. **Manasseh** [55] prétend que l'incorporation du sable de concassage en remplacement au sable de rivière conduisait à augmenter la consommation d'eau du mélange.

II.7.2. Maniabilité :

La relation entre la maniabilité et absorption d'eau a été étudiée par plusieurs études récentes. **Kou et al.** [56], **Akrout** [57], **Melais et Achoura** [58] mentionnent le fait que la maniabilité des bétons à base de sable de carrière était inférieure à la maniabilité du sable naturel. Cela a été expliqué par la forme angulaire et la morphologie du grain concassé par rapport au sable de rivière. **Ahmad et al.** [59] ont constaté que la maniabilité du béton fabriqué avec du sable

concassé était inférieure (6 à 11 %) à celle des bétons fabriqués avec du sable naturel. Rmili et al. [60] prétend que les meilleures valeurs de maniabilité étaient obtenues par l'incorporation de 50 % de sable concassé par rapport au sable roulé.

II.7.3. Affaissement :

Nada Radhikesh et al. [51] ont analysé l'affaissement des bétons contenant du sable de concassage. Ils ont abouti au fait que l'affaissement diminue à mesure que le pourcentage de sable concassé augmente. Les résultats du test d'affaissement mené par Benabed et al. [61] pour différents pourcentages de substitution (25 % , 50 % , 75 %) du sable de rivière (SR) par du sable concassé (SC) , ont montré que l'augmentation du pourcentage de fines induit une diminution de l'affaissement . Ces résultats ont été expliqués par l'augmentation de la finesse et de la surface spécifique, en raison de l'augmentation de la teneur en particules fines. Cela conduit à rajouter plus d'eau afin d'hydrater la surface de toutes les particules D'après Baum et al. [50] l'amélioration de la maniabilité des bétons à base de sable de concassage nécessite l'utilisation de super - plastifiants de 3ème génération. L'ajout de super - plastifiant a permis de maintenir le rapport eau - ciment constant et d'obtenir la même consistance.

II.7.4. Dosage en ciment :

Al - Baghdadi et Al - Ameeri [45]. Westerholm et al. [62] ont constaté que l'utilisation du sable concassé présente des inconvénients par rapport au sable alluvionnaire. En effet, l'utilisation du sable concassé conduit à augmenter les dosages en ciments, afin de remédier au préjudice de la forme des particules des granulats concassés (anguleuse), qui deviendra moins importante (réduction des contours) avec l'augmentation du volume de la pâte.

II.8. Effet du sable de concassage sur les bétons à l'état durci :

II.8.1. Résistance mécanique :

Menadi et al. [47] , Benabed et al. [61] ont montré qu'une diminution des propriétés mécaniques a été constatée lorsque le taux de fines atteint 15 % dans le béton. La baisse de la résistance était expliquée, par le fait que l'augmentation de la teneur en fine conduit au fait que toutes les particules d'agrégats ne seront pas suffisamment enrobées de ciment.

D'autre part, Joudi et al. [57] estiment ce taux à 12 %. Au - delà de ces pourcentages qui sont considérés comme optimum pour les bétons courants, les performances diminuent. D'une part, ces résultats ont été expliqués par le fait que les fillers du sable de concassage améliorent

l'adhérence entre le ciment et les granulats. De ce fait, ils peuvent influencer le comportement mécanique du composite [57]. D'autre par Balapgol et al. [63], Manasseh [55] Ahmad et al. [59], Benabed et al. [61] ont mené aussi des recherches sur la variation de la résistance à la compression des mortiers et bétons à base de sable de carrière et sable de rivière à différents pourcentages de substitution (de 20 % à 75 %). Les résultats ont montré qu'il y avait une augmentation de la résistance à la compression, flexion et traction de l'ordre de 1 à 33 %. Ltifi et al. [64] ont relevé que les performances des bétons avec du sable de concassage ou du sable alluvionnaire étaient à peu près semblables (10 MPa), et cela en fonction du taux de substitution. L'optimum est atteint pour 70 % de substitutions de sable concassé par rapport au sable roulé [59]. Cela a été expliqué par la diminution du volume des vides et l'amélioration de la compacité du mélange, suite à l'incorporation du sable concassé. De ce fait, Ltifi et al. [64] encouragent l'utilisation de sable de concassage pour mettre fin à une surexploitation des gisements alluvionnaires.

II.8.2. Porosité :

Des études récentes ont traité la variation de la porosité en fonction du taux de fines des sables concassés. Les résultats des chercheurs étaient en contradiction. En effet, selon Gonçalves et al. [65] la porosité est inférieure pour les bétons contenant plus de fines. Tandis que Menadi et al. [47] prétendent que la porosité est inférieure pour les bétons contenant moins de fines. De ce fait la porosité des bétons à base de sables de carrière reste dépendante de la forme et de la source des particules [65].

II.9. Effets de la substitution de sable de rivière avec le sable concassé sur les propriétés du béton :

- **Sadhouari et al** [71], de l'université d'Oran, ont conclu que la présence des fines en proportion modérée (entre 5 et 15 %) dans un sable est une nécessité (figure 1.11), les résultats obtenus avec différents pourcentages de fines, ont mis en évidence l'intérêt de l'ajout des fillers calcaires pour l'amélioration des performances mécaniques des mortiers et bétons. Donc, le sable de concassage constitue une solution idéale au problème d'approvisionnement à condition qu'il soit corrigé en fines ou combiné avec un sable de mer.

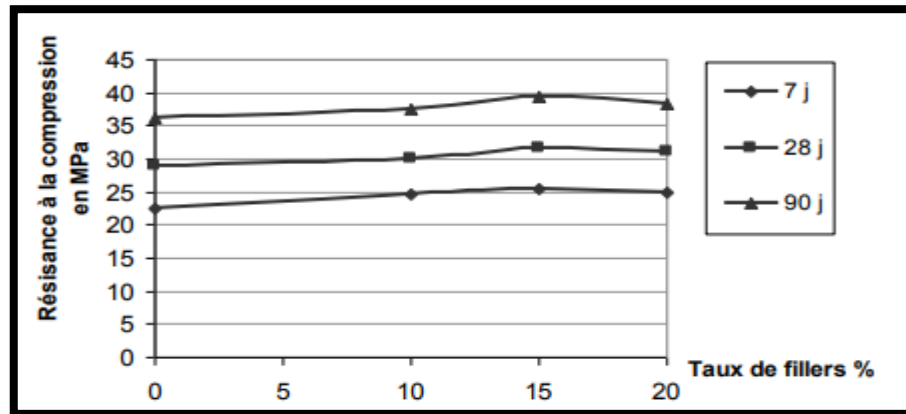


Figure (II.2) : Variation de la résistance à la compression des bétons en fonction du taux de fillers (Kristel). [68]

- **Hachaichi et Behim** [69], de l'université d'Annaba ont montré que la substitution du sable naturel par les déchets de concassage ne répond pas uniquement à un souci environnemental mais contribue à l'amélioration de certaines propriétés mécaniques notamment la résistance en compression et physiques. La substitution du sable roulé par le sable concassé donne des résultats intéressants, notamment en compression. La présence des fines calcaires améliore la compacité du mélange par effet de remplissage et accélère l'hydratation du ciment à court terme par effet physique.
- **Makhloufi et al** [70], de l'université de Laghouat, ont fait une étude aboutissant à la conclusion suivante: Les bétons fabriqués à partir des granulats calcaires concassés du Turonien de l'Atlas Saharien Central, ont un comportement mécanique qui se rapproche de celui des bétons fabriqués par des granulats alluvionnaires siliceux et silico-calcaires, puisque pour des maniabilités plastiques du béton frais, et après 28 jours de conservation dans un environnement ambiant, la résistance à la compression peut atteindre 25 MPA.
- **Alshahwany** [71], après une recherche expérimentale sur, l'influence des fillers calcaires comme substitution partielle au sable sur les propriétés du béton à base agrégats de rivière, a conclu que l'affaissement décroît avec l'augmentation du taux de filler calcaire, alors que le besoin en eau croît légèrement avec l'augmentation de ce dernier, tandis que la résistance à la compression du béton croît avec l'augmentation du taux de substitution de filler dans le sable ; ainsi le béton constitué avec 20 % de substitution a donné la valeur élevée de résistance de compression. De plus, le remplacement partiel du sable par le filler calcaire à un taux de 20 % fait augmenter la résistance à la traction par fendage.
- **Kherbache et al** [72], en étudiant les granulats produits par deux carrières de la wilaya de Bejaia, sont arrivés aux conclusions suivantes :

Les sables de carrières peuvent être utilisés dans les bétons de structure si la qualité et le taux de fines sont conformes aux spécifications en vigueur et que la composition optimale est à 10 % de fines pour les résistances à la compression. Par contre pour le retrait c'est l'inverse (retrait maximal à 10 % de fines) ; Afin de concilier résistance à la compression importante et retrait faible, on peut admettre que le taux de fines de 15 % est acceptable à condition d'utiliser des adjuvants et un meilleur contrôle des fines argileuses (essai au bleu de méthylène).

- **Ltifi et al** [73], ont mené une étude sur l'effet de la substitution totale ou partielle de sable alluvionnaire par le sable de concassage sur le comportement de béton hydraulique et notamment sur la résistance à la compression. La conclusion de cette étude est que les résistances à la compression des différents bétons étudiés sont dans la même fourchette de résistance (+10MPa), ce qui conduit à penser que le béton calcaire ne se distingue pas particulièrement, sur cet aspect, des bétons classiques. Ainsi, on peut conclure que ces matériaux locaux (sables de concassage) peuvent remplacer avantageusement le sable siliceux. Mais à l'influence importante de pourcentage des fines, on peut bien améliorer la qualité du béton calcaire en essayant d'enlever les fines, une voie possible mais délicate.
- **Ahmed E.Ahmed et Ahmed A.El-Kourid** [74] ont étudié l'influence des particules fines (fillers) de deux sables sur la performance du béton frais et durci. Ces sables utilisés dans le béton à Riyadh, la capitale de l'Arabie-Saoudite, sont soit du sable naturel d'oued ou fabriqué issu des pierres concassées. En général, les deux sables sont dérivés des roches calcaires. Les résultats indiquent que le besoin en eau croît rapidement quand le remplacement des fines dépasse plus de 5 % pour le béton de sable naturel et plus de 15 % pour le béton de sable concassé. Cependant, la résistance à la compression pour les bétons de même consistance décroît linéairement en augmentant le pourcentage des particules fines en substitution (figures 1.9 et 1.10). La résistance à la flexion et d'adhérence en ont la même allure. Pour les bétons ayant le même rapport E/C, l'incorporation des particules fines provoque des réductions significatives du slump. En revanche, la résistance à la compression du béton au sable naturel n'était pas affectée d'une façon significative par l'incorporation des particules fines, le béton au sable concassé a indiqué une augmentation dans la résistance. Les résultats de cette étude indiquent aussi que les taux limites de fillers inférieures à 75 μm sont de 5 à 10 %, respectivement, pour les bétons à sable naturel et à sable concassé de la région de Riyadh. Quand l'ouvrabilité de ces bétons est améliorée par des réducteurs d'eau, l'augmentation de ces limites de 7 à 15 %, respectivement, n'aura pas d'effets significatifs sur l'air occlus, la

résistance à la compression et la contrainte d'adhérence du béton ; et par conséquent, ça sera acceptable.

- D'après **Coquillat et Lesage** [76], en France, Les teneurs en fines déterminées expérimentalement comme optimales sont très voisines de celles résultant de la production industrielle des sables, résultat économiquement très intéressant. Pour 9 ou 10 sables sur 12, les résistances mécaniques des mortiers sont égales ou supérieures à celles du mortier normal. Pour les sables de basalte, de gneiss, d'andésite, de microdiorite, la résistance du mortier à fort dosage en ciment est supérieure de 20 à 25 % à celle du mortier normal.

II.2.6 Economiquement : De nombreuses recherches ont prouvé que l'utilisation du sable de carrière n'était pas sans répercussions sur l'économie. En effet, Kumar [75] a constaté que l'utilisation du sable de carrière n'était pas totalement bénéfique du point de vue économique. L'utilisation du sable de carrière nécessite des quantités supplémentaires de ciment, d'adjuvants et additions, comme il a été démontré dans plusieurs recherches (52,71) Selon Nanda Radhikesh et al. [51] la substitution de 50 % de sable grossier par du sable concassé conduisait à une économie d'argent de 56 %. Cependant, cela reste aux dépens des propriétés physiques et mécaniques des bétons. De ce fait, leur emploi doit répondre à des indications bien rationnelles, puisqu'il faut bien évaluer le rapport coût - efficacité.

II.10. Conclusion :

Dans ce chapitre, on a tenté de faire une recherche bibliographique sur les sable concassé, en présentant certains résultats de recherches faites en Algérie et à l'étranger, relatifs à la valorisation de ce sable comme substitution au sable alluvionnaire dans la fabrication du béton.

Nous nous sommes rendu compte qu'il y a une bonne possibilité de remplacement du sable alluvionnaire par le sable concassé, ainsi d'autres effets positifs sur le béton. Par conséquent, le sable concassé constitue une bonne alternative en matière de manque d'approvisionnement en sable alluvionnaire. Les résultats obtenus par plusieurs chercheurs sur le béton à base de sable de carrière apparaissent prometteurs, mais des études approfondies sur les propriétés de ce béton s'imposent davantage en vue d'une meilleure utilisation du sable de concassage dans les bétons et les mortiers.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the right, all in a light gray color.

Chapitre III

Caractérisation des matériaux

CHAPITRE III: CARACTERISATION DES MATERIAUX

III.1. Introduction :

Nous traiterons dans ce chapitre les caractérisations des matériaux utilisés dans la fabrication des différents mélanges de béton et mortier.

Toutes les études de formulation de béton sont basées sur la connaissance des différentes propriétés de tous les composants du mélange afin de fournir les meilleures performances,

Tous les tests sur les granulats, le gravier, un liant hydraulique et le mélange de l'eau ont été effectués au Laboratoire des travaux publics du sud de Ghardaïa.

III.2. Matériaux utilisés :

III.2.1. Ciment :

Dans cette étude, nous avons utilisé deux types de ciments à savoir :

Le ciment Portland composé (CPJ CEM II/A-L 42.5/N - AWTED) et le et un ciment résistance aux sulfates (CRS CEM I 42.5/N-SR 3 - MOKAOUEM).

Les compositions chimiques, minéralogiques et caractéristiques du ciment (Tableaux III.1, III.2, III.3, III.4) ont été réalisées au laboratoire de l'usine de fabrication du ciment solen la norme [EN 196-3, EN 196-7].

Tableau (III.1): Composition chimique du ciment.

Ciment	SiO ₂	AL ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca _o	Mgo	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	cl	P.F
MOKAOUM	29.03	9.46	3.05	56.88	4.94	2.55	0.74	0.22	0.777	1.23
AWTED	19.00	5.10	3.16	59.75	1.85	2.70	0.64	0.09	0.018	9.56

Tableau (III.2): Composition minéralogique du ciment.

Ciment	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
MOKAOUM	50%	14%	4%	22%
AWTED	58%	16%	7%	12%

Tableau (III.3): caractéristiques physiques de ciment.

Caractéristique	Ciment CRS	Ciment CPJ	Exigences de EN 442
Consistance	29%	30%	/
Début de pris	2h:50min	3h:57min	60 min
Fins de pris	3h:48min	4h:15min	/
Tempe de prise	58min	35min	/

Tableau (III.4): caractéristiques mécanique de ciment.

Âge	Résistance à la compression (MPA)		Exigences de EN 442
	Ciment CPJ	Ciment CRS	
2 jours	23.13	24.69	≥10.5
28 jours	42.23	43.73	42.5 ≤ RC28J ≤ 62.5

III.3. Sable :

On utilisé trois types de sable dans cette étude :

Sable alluvionnaire provenant d’Ouargla, deux sables concassée de différent concasseur on a étudié cinq types de mélanges :

- 100% sable alluvionnaire noté (SO).
- 100% sable concassée noté (SC1).
- 100% sable concassée noté (SC2).
- 50% sable alluvionnaire et 50% sable concassée noté (SO+SC1).
- 50% sable alluvionnaire et 50% sable concassée noté (SO+SC2).



Figure (III.1): sable utilisé.

III.3.1. Analyse granulométrique : [NF EN 933-1]**➤ Principe de l'essai :**

La granulométrie ou analyse granulométrique s'intéresse à la détermination de la dimension des grains et la granularité concerne la distribution dimensionnelle des grains d'un granulat. La granulométrie ou analyse granulométrique consiste donc à fractionner des granulats au moyen d'une colonne de tamis dont les dimensions des mailles sont normalisées et décroissantes du haut vers le bas entre 16 mm et 0,063 mm.

➤ Mode opératoire:

- Monter la colonne de tamis dans l'ordre de croissant de l'ouverture des mailles en ajoutant le couvercle et le fond.
- verser le matériau sec dans la colonne de tamis.
- agiter mécaniquement cette colonne.
- reprendre un à un les tamis en commençant par celui qui a la plus grande ouverture, en adaptant un fond et un couvercle.
- agiter manuellement chaque tamis jusqu'à ce que le refus du tamis ne varie pas de plus de 1% en masse par minute de tamisage.
- verser le tamisât recueilli dans le fond sur le tamis immédiatement inférieur.
- déterminer ainsi la masse du refus de chaque tamis.
- poursuivre l'opération jusqu'à déterminer la masse du refus contenu dans le fond de la colonne de tamis.
- vérifier la validité de l'analyse granulométrique imposée (différence entre la somme des masses de refus et de tamisas et de la masse initiale...).

Les résultats des analyses granulométriques sont représentés dans les figures suivant :

Les courbes granulométriques de tous les sables sont continués.

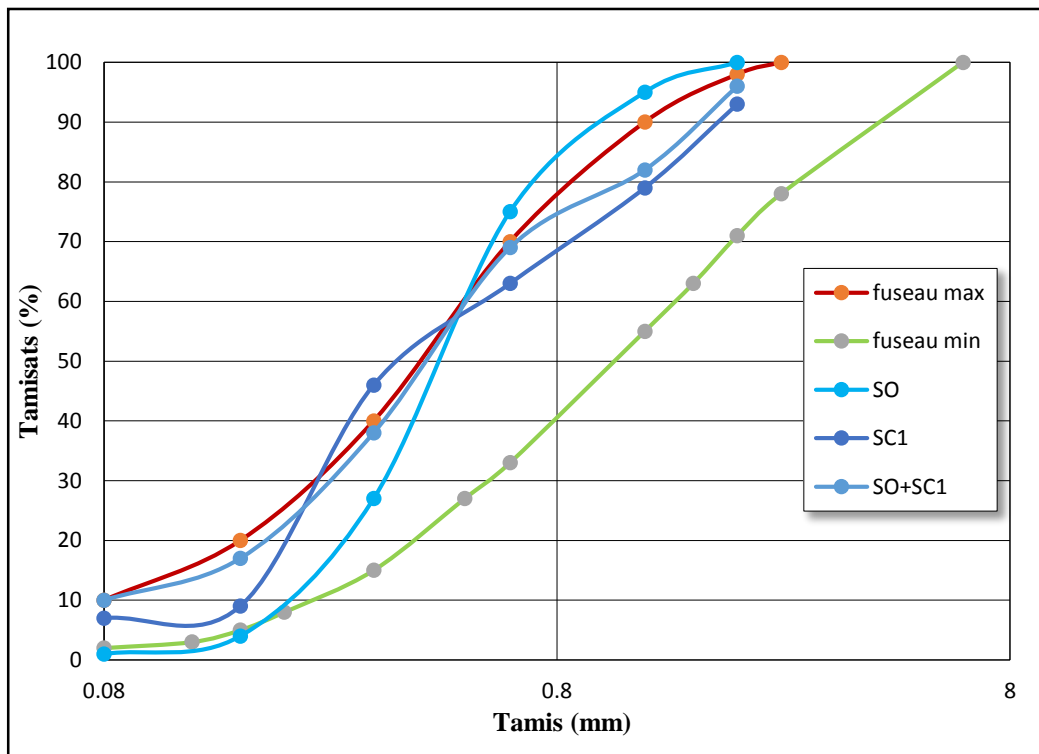


Figure (III.2): Courbes granulométriques des sables (SO, SC1, 50%SO et 50%SC1).

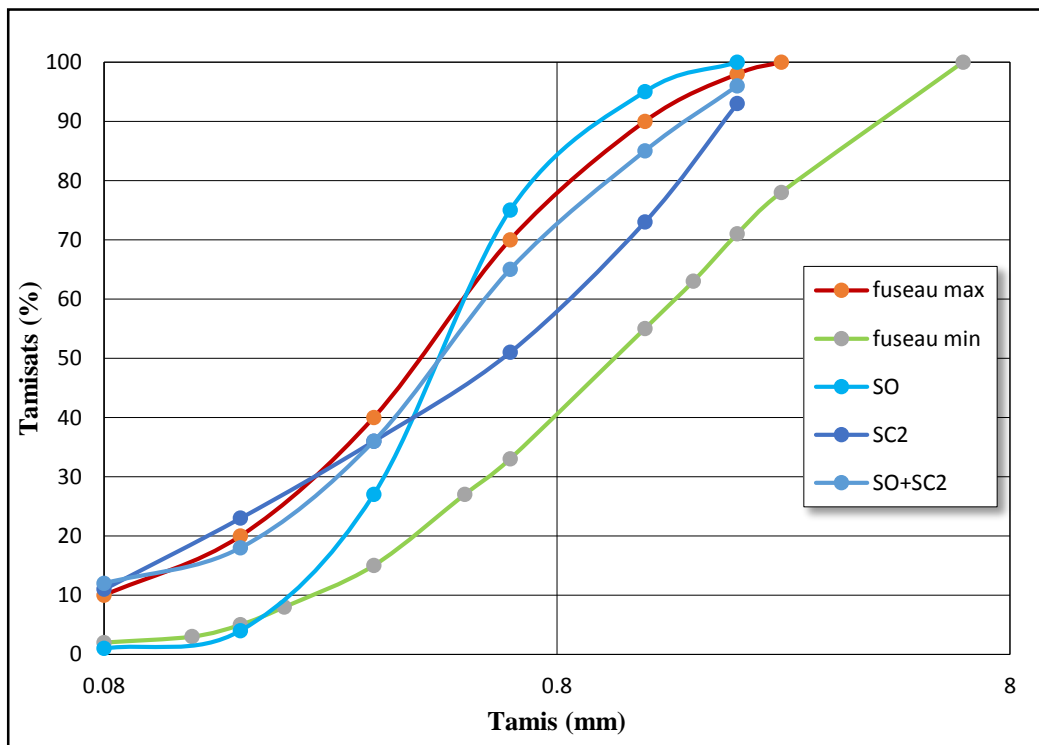


Figure (III.3): Courbes granulométriques des sables (SO, SC2, 50%SO et 50%SC2).

Le module de finesse (MF) est un facteur très important qui nous permet de juger la qualité du sable. Le tableau représente les modules de finesse des sables utilisées. Classement de sable (Annexe 1)

Tableau (III.5): Module de finesse des sables.

Type de sable	Module de finesse " Mf "	Qualité de sable
SO	1.99	Sable fin
SC1	2.03	Sable moyenne
SC2	2.04	Sable moyenne
SO+SC1	2.18	Sable moyenne
SO+SC2	1.96	Sable fin

III.3.2. L'équivalent de sable : [NF EN 933-8]

➤ **But de l'essai :**

Cet essai 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.

➤ **Principe de l'essai:**

L'essai consiste à laver l'échantillon de sable puis déterminer la quantité d'élément fins (argile linons et impuretés) contenues dans cet échantillon, par rapport à la quantité d'élément sableux. C'est le rapport multiple par cent (100) de la hauteur de la partie sédimentée à la hauteur total du flocculat et de la partie sédimentée.

On détermine l'équivalent de sable selon la formule suivante :

$$E_s = \left(\frac{h_2}{h_1} \right) \times 100 \%$$

h1 : hauteur du niveau supérieur du flocculat par rapport au fond de l'éprouvette

h2 : hauteur du niveau supérieur de la partie sédimentée.

Es : l'équivalent de sable.

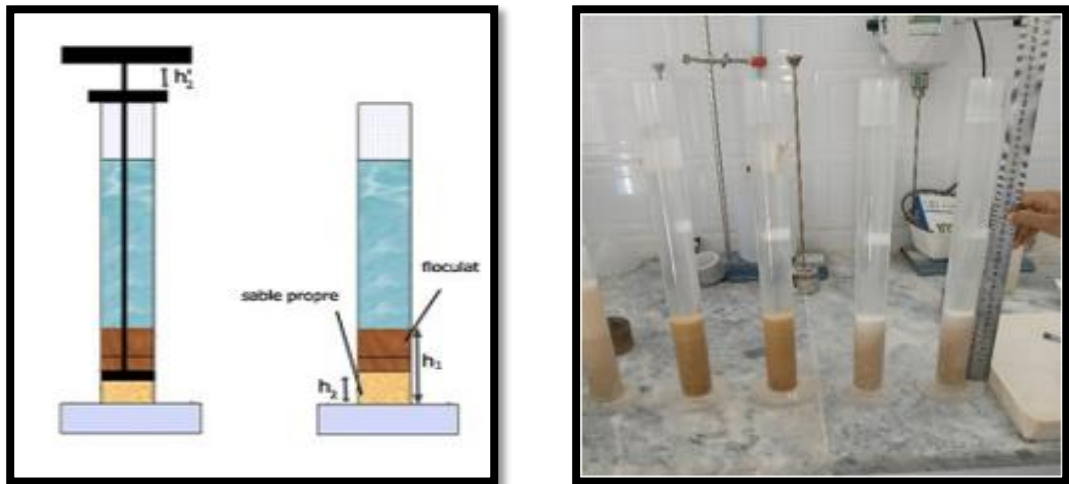


Figure (III. 4): Essai de l'équivalent de sable.

Les résultats est résumé dans ce tableau suivant : Nature et qualité du sable (Annexe 2)

Tableau (III.6): Résultats de l'équivalent de sable.

Sable	équivalent de sable (%)	Classe de sable (norme EN)
SO	74.5	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.
SC1	58	Sable argileux risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité.
SC2	74.5	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.
SO+SC1	56.95	Sable argileux risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité .
SO+SC2	62.98	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour béton de qualité quand on ne craint pas particulièrement de retrait.

III.3.3. Masse volumique absolue : [NF EN 1097-7]

Cet essai est défini comme étant la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat sans tenir compte des vides pouvant exister entre les grains.

On détermine la masse volumique absolue par la formule suivante :

$$\rho_{\text{abs}} = \left(\frac{M}{V_2 - V_1} \right)$$

ρ : Masse volumique absolue.

M : Masse des grains solides.

V_1 : Volume de l'eau.

V_2 : Volume de total (grains + vide) .

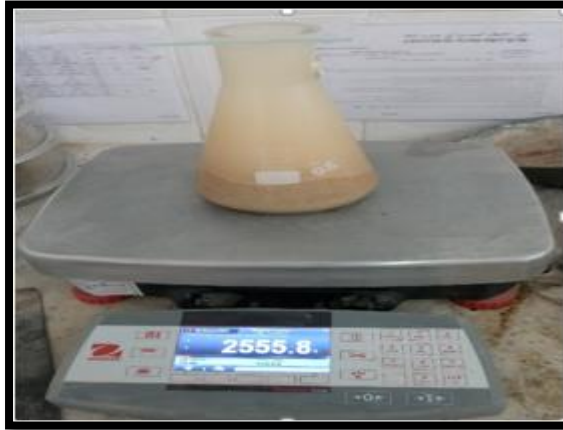


Figure (III.5): Essai de la masse volumique absolue.

III.3.4. Masse volumique apparente : [NF EN 1097-6]

La masse volumique apparente est définie comme étant la masse de l'unité de volume apparente du corps, c'est-à-dire celle du volume constitué par la matière du corps et les vides qu'elle contient.

On détermine la masse volumique apparente par la formule suivante :

$$\rho_{\text{app}} = \frac{(M_1 - M_0)}{V_r}$$

V_r : Volume du récipient.

M_0 : Masse du récipient propre et vide.

M_1 : Masse du récipient rempli.



Figure (III.6): Essai de la masse volumique apparente.

Les résultats de la mesure volumique absolue et apparente est résumé dans ce tableau suivant:

Tableau (III.7): Résultats de la masse volumique de sable.

Type de sable	la mesure volumique absolue	la mesure volumique apparente
SO	2.58	1.57
SC1	2.61	1.42
SC2	2.52	1.50
SO+SC1	2.60	1.60
SO+SC2	2.46	1.45

III.3.5. La teneur en l'eau : [NF P 18-555]

Le sable à 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.

On détermine la teneur en l'eau de sable selon la formule suivant :

$$W = \frac{(M_h - M_s)}{M_s} \times 100$$

M_h : Masse de l'échantillon humide.

M_s : Masse de l'échantillon sec.

Les résultats est résumé dans ce tableau suivant :

Tableau (III.8): Teneur en eau de sable.

Type de sable	La teneur en eau W(%)
SO	1.25
SC1	2.05
SC2	2.25
SO+SC1	1.15
SO+SC2	1.26

III.3.6. La composition chimique du sable : [EN P 15-461]

Tableau (III.9): Les Caractéristiques chimique de sable.

échantillon		SO	SC1	SC2
Insolubles EN P 15 - 461	Creuset + précipité	23.629	26.328	28.035
	Creuset vide	22.659	26.247	28.026
	Poids du résidu	0.927	0.081	0.009
	% insolubles	97	8.1	0.9
Sulfates BS 1377	Creuset vide	20.145	17.975	20.395
Carbonates EN P 15-461	% CaCO ₃	00	85	91

D'après cette analyse nous remarquons que les compositions chimiques des deux sable concassée contient de pourcentage élevé de carbonate de calcium donc il a une origine calcaire.

III.4.Gravier :

Dans cette étude nous avons utilisé gravier pour la confection du béton de trois classe 3/8, 8/15, 15/25 provenant de la carrière de la région Laghouat.

III.4.1. Analyse granulométrique : [NF EN 933-1]

Analyse granulométrique correspondant à un gravier : Faire l'analyse granulométrique du gravier en suivant le mode opératoire de l'analyse granulométrique du sable. Mais différentes séries des tamis.

Les résultats des analyses granulométriques sont représentés dans les figures suivant :

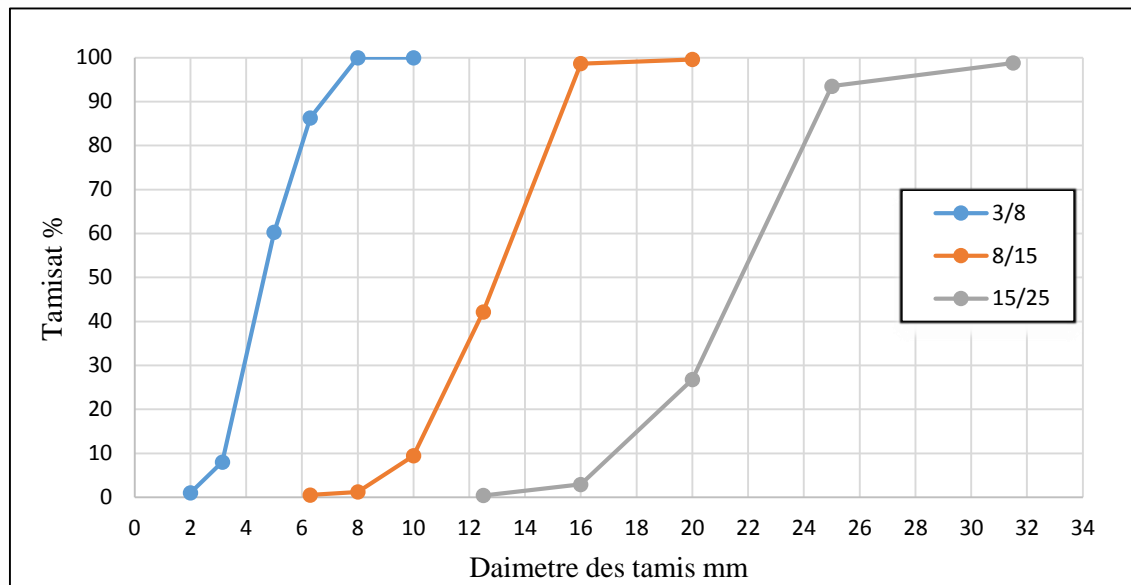


Figure (III.7): courbe granulométrique des graviers.

III.4.2. Masse volumique absolue : [NF EN 1097-7]

La masse volumique apparente est comprise entre 1300 kg/m³ et 1600 kg/m³ et la masse volumique absolue est nettement plus élevée et est comprise entre 2500 kg/m³ et 2700 kg/m³. Les résultats des masses volumiques obtenus pour les différents graviers, sont récapitulés sur le tableau :

Tableau (III.10): Résultats de la masse volumique de gravier.

Type de sable	la masse volumique absolue	la masse volumique apparente
Gravier 3/8	2.62	1.51
Gravier 8/15	2.58	1.13
Gravier 15/25	2.59	1.22

III.4.3. L'absorption d'eau : [NF EN 1097-6]

Pour déterminer le coefficient d'absorption de un matériau à partir de différentes pesées suivant. On détermine un coefficient d'absorption, qui est défini comme le rapport de l'augmentation de la masse de l'échantillon après imbibition par l'eau, à la masse sèche de l'échantillon.

$$Ab = \left(\frac{Ma - Ms}{Ms} \right) \cdot 100$$

Ma : masse sèche du refus au tamis 4 mm .

Ms : masse d'échantillon imbibé l'air.

Les résultats des essais sont résumés dans le tableau.

Tableau (III.11): résultats d'absorption de gravier.

gravier	Absorption d'eau [%]
Gravier 3/8	6.03
Gravier 8/15	3.95
Gravier 15/25	2.27

Ces résultats montrent que le taux d'absorption d'eau est relativement élevé.

III.4.4. Propreté superficielle : [NF P 18-591]

Pour savoir la propreté des granulats on utilise l'essai de propreté superficielle suivant, qui consiste à mesurer le pourcentage d'éléments fins subsistant après lavage.

$$P(\%) = \left[\frac{(P1-P2)}{P2 \times 100} \right]$$

P1 : poids humide échantillon (g).

P2 : poids sec échantillon (g).

Les résultats des essais sont résumés dans le tableau.

Tableau (III.12): résultats Propreté superficielle de gravier.

gravier	Propreté superficielle [%]
Gravier 3/8	2.29
Gravier 8/15	0.78
Gravier 15/25	0.00

Ces résultats Propreté superficielle des graviers est propre.

III.4.5. Aplatissement : [NF EN 12350-2]

La détermination du coefficient d'aplatissement d'un échantillon de granulats dont les dimensions sont comprises entre 4 et 40 mm, Le présent coefficient s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle suivant.

$$A = \left(\frac{\sum Me}{\sum Mg} \right) \cdot 100$$

Mg : masse échantillon de granulats (g).

Me : masse échantillon des grilles (g)

Les résultats des essais sont résumés dans le tableau :

Tableau (III.13): résultats d'aplatissement de gravier.

gravier	Aplatissement [%]
Gravier 3/8	30.15
Gravier 8/15	13.48
Gravier 15/25	6.85

Le coefficient d'aplatissement des graviers réponde aux spécifications de la norme spécifiait que la valeur du coefficient d'aplatissement doit être $A \leq 35 \%$.

III.4.6. Los Angeles : [NF EN 1097-2]

C'est un essai qui estime la résistance à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottement réciproques. Cette résistance est mesurée par le coefficient Los Angeles LA, rapport de la masse des fragments passant au tamis de 1,6 mm mesuré en fin d'essai à la masse de l'échantillon, cette essai a été réalisé par l'appareil de los Angeles.

$$LA (\%) = \left(\frac{\text{passant au tamis de 1,6mm}}{\text{la masse de l'échantillon}} \right)$$

Les résultats des essais sont résumés dans le tableau :

Tableau (III.14): Coefficient de Los Angeles de gravier.

gravier	LA(%)
Gravier 3/8	44.84
Gravier 8/15	43.68
Gravier 15/25	33.5

III.4.6. Micro-Deval : [NF EN 1097-1]

L'essai Micro-Deval a pour but la détermination la résistance à l'usure par le frottement réciproque des éléments d'un granulats. La norme **NF EN 1097-1** permet de déterminer le coefficient de micro-Deval.

$$MDE(\%) = \left(\frac{\text{passant au tamis de 1,6mm}}{\text{la masse de l'échantillon}} \right)$$

Les résultats des essais sont résumés dans le tableau.

Tableau (III.15): Coefficient de Micro-Deval de gravier.

gravier	MDE (%)
Gravier 3/8	14.62
Gravier 8/15	31.38
Gravier 15/25	/

Le coefficient de micro-Deval entre 10 à 20 et 20 à 30 donc Le gravier utilisé dans Notre travail est bon à moyen et moyen à faible.

III.4.7. Les Caractéristiques chimiques du gravier utilisé :

La composition chimique du gravier.

Tableau (III.16): La composition chimique des graviers

Echantillon	Gravier
Taux des insolubles [%] 5.5	1.5
Taux de carbonates CaCo3 [%] 88	90
Taux Chlorure Cl- [%] 0.005	0.012
Taux de Sulfatas SO3 [%] 0.00	00

III.5.L' eau de gâchage :

L'eau de gâchage utilisée pour la préparation des différents mélanges est une eau potable de robinet du laboratoire des travaux publics du sud (LTPS) de la région Ghardaïa conforme à la norme [NA 1966].

III.6. Les adjuvants :

III.6.1. MEDAFLOW 30 :

Dans notre sujet de recherche, nous avons utilisé un type des adjuvants super plastifiants qui appelé « **MEDAFLOW 30** » fabriqués par la société Granites à Oued Smar-BP 85-16270 Alger

III.6.1.1. Description :

Le « **MEDAFLOW 30** » est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la troisième génération. Il est conçu à base de poly-carboxylates d'Ether qui améliorent considérablement les propriétés des bétons. Et permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.

Tableau (III.17) : Caractéristique de l'adjuvant« **MEDAFLOW 30** ».

Aspect	Couleur	PH à 20°C	Densité	chlorure	Extrait sec
Liquide	Brun clair	6 – 6.5	1.07 ±0.01	< 0.1 g/l	30%

III.6.1.2. Domaines d'application :

Bétons à hautes performances, bétons auto plaçant et bétons pompés et précontraints.

Propriétés :

Tableau (III.18) : Propriétés de « **MEDAFLOW 30** » à l'état frais et durci.

« MEDAFLOW 30 » à l'état frais	« MEDAFLOW 30 » à l'état durci
Obtention un rapport E/C très faible	Augmenter la résistance mécanique à jeune âge et à long terme.
Amélioré la fluidité et la maniabilité	diminuer la porosité
Eviter la ségrégation et facilité la mise en œuvre	Diminuer le retrait et le risque de fissuration

Tableau (III.19) : Résistance à la compression obtenue par le « MEDAFLOW 30 ».

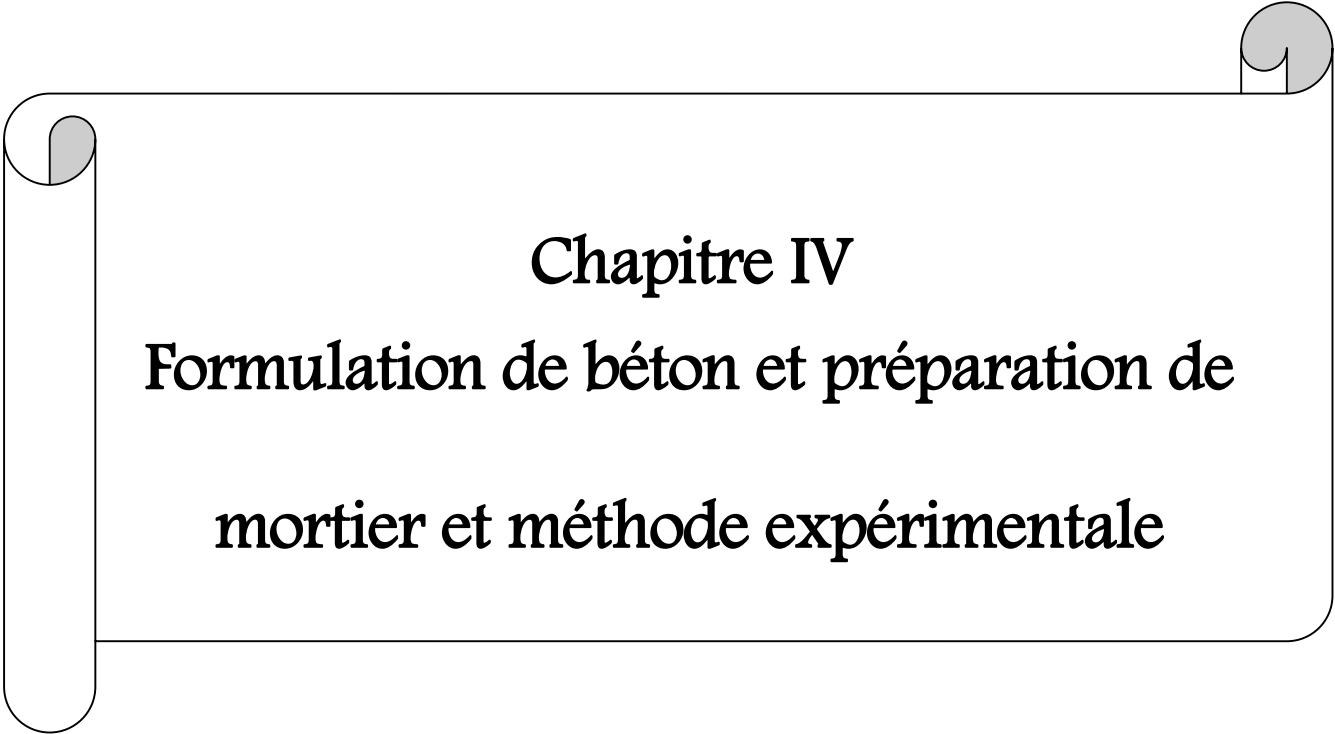
Désignation	Rc en (MPa)		
	3J	7J	38J
MEDAFLOW 30 (1.4 %)	39.2	54.7	62.2

III.6.1.3. Dosage et mode d'emploi :

On utilise entre 0.5% à 2% du poids de ciment soit 0.46 à 1.85L pour 100Kg de ciment. Ce type d'adjuvant introduit dans l'eau de gâchage, il est recommandé d'ajouter dans le béton après que 50 à 70% de l'eau de gâchage ait déjà été introduite.

III.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, on a fait plusieurs expérimentations sur différents matériaux, par différentes méthodes des essais physiques, les analyses chimiques et les analyses minéralogiques effectués dans laboratoires donnent une idée générale sur les caractéristiques principales des matériaux servant à la formulation des béton et mortiers qui seront étudiés au chapitre suivant.



Chapitre IV
Formulation de béton et préparation de
mortier et méthode expérimentale

CHAPITRE IV : PREPARATION DE MORTIER, FORMULATION DE BETON ET METHODE EXPERIMENTALE.

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, on présente la méthode de préparation de mortier avec les différents sables en utilisant deux types de ciment (CPJ et le CRS), ainsi que les essais que nous avons effectués.

D'autre part nous étudierons la méthode qui détermine la composition des différents types de béton, en utilisant dans cette étude par la méthode de formulation de DREUX GORISSE pour déterminer les dosages optimaux de constituants (eau « E », ciment « C », sable « S », et gravier « G » adjuvants « MEDAFLOW 30 »). Ensuite et après le malaxage du béton on commence avec les différents essais de caractérisation de béton, « l'affaissement, la masse volumique, la teneur en air, résistance mécanique, ... ». Cette étude a été faite selon trois mélanges de béton (B1, B2, B3).

D'autre part nous étudierons la formulation de mortier et méthode de préparation pour différents sables avec deux types de ciment (CRS, CPJ), et les essais que nous avons effectués.

IV.2. Les mortiers :

Les méthodes de formulation des mortiers courants sont basées sur l'optimisation du squelette granulaire en fonction de la granularité des principaux composants (sable et ciment). Dans notre étude ce nous avons utilisé deux types de sable concassé de différents concasseurs et sable alluvionnaire avec deux types de ciment (CRS – CPJ).

IV.2.1. Méthode de formulation de mortier :

Dans ce travail nous avons étudié les caractéristiques mécaniques de cinq formulations de mortier à savoir :

- **Formulation M1** : mortier témoin formulé avec sable alluvionnaire.(SO).
- **Formulation M2** : mortier formulé avec sable concassée (1). (SC1).
- **Formulation M3** : mortier formulé avec sable concassée (2). (SC2).
- **Formulation M4** : mortier formulé avec sable alluvionnaire et sable concassée (1).(M1).
- **Formulation M5** : mortier formulé avec sable alluvionnaire et sable concassée (2).(M2).

IV.2.1.1. La composition des mortiers :

La méthode de composition du mortier classique utilisée est celle donnée par la norme EN-196-1. La composition massique du mortier classique utilisée est comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau (IV.1) : La composition des mortiers.

	Ciment (g)	L'eau (g)	Sable alluvionnaire (g)	Sable concassé (1)(g)	Sable concassé (2)(g)	Supreplastifiant (g)
Mortier 01	450	225	1350	/	/	/
Mortier 02	450	225	/	1350	/	2%
Mortier 03	450	225	/	/	1350	2%
Mortier 04	450	225	675	675	/	1.7%
Mortier 05	450	225	675	/	675	1.7%

IV.2.1.2. Malaxage du mortier :

Le malaxage des mortiers normalisés a été réalisé comme suit :

- Pré mouillage du malaxeur, pour limiter l'absorption de l'eau de gâchage.
- Introduire l'eau en premier dans la cuve du malaxeur ; y verser ensuite le ciment ; aussitôt après, mettre le malaxeur en marche à vitesse lente.
- Après 30 s de malaxage introduire régulièrement le sable pendant les 30s suivantes. Mettre alors le malaxeur à sa vitesse rapide et continuer le malaxage pendant 30s supplémentaires.
- Arrêter le malaxeur pendant 30s. Pendant les 15 premières secondes enlever au moyen d'une raclette tout le mortier adhérent aux parois et au fond du récipient en le repoussant vers le milieu de celui-ci.
- Reprendre ensuite le malaxage à grande vitesse pendant 60 s.

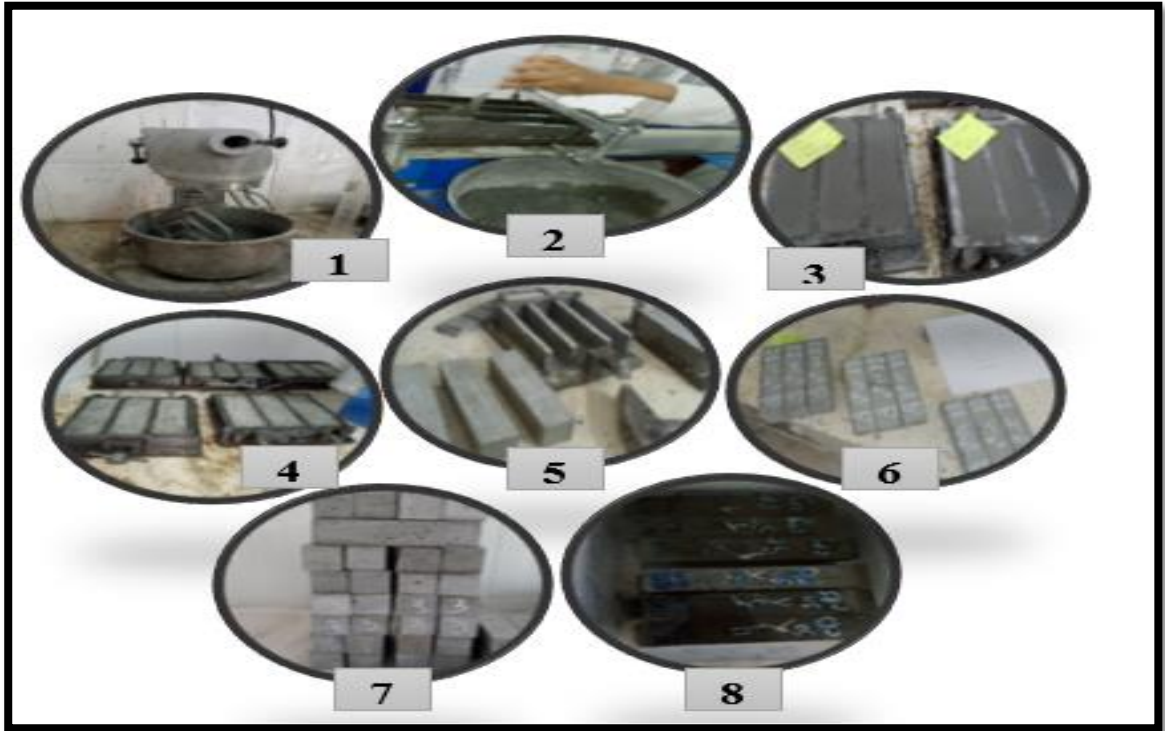


Figure (IV.1): Les étapes de la confection des éprouvettes.

Ces opérations de malaxage sont récapitulées dans le tableau (IV.2) :

Tableau (IV.2): Protocole de fabrication des mortiers.

	1	2	3	4	5	6	7
Tâches	introduction des matières solides (sable, ciment, polymère)	malaxage	ajout de l'eau	malaxage	raclage du malaxeur	repos	malaxage
Durée		120 s	30 s	30 s	30 s	60 s	120 s
Vitesse du malaxeur		Lente	Lente	Rapide	/	/	Rapide

IV.2.1.3. Démoulage et conservation des éprouvettes :

Après 24 h de la confection des éprouvettes et après le décoffrage on les conserve dans deux milieux dans l'eau de robinet et l'air, le temps de conservation dans l'eau est 7jours, 28 jours et 90 jours.

IV.2.1.4. Les Caractéristiques des différentes compositions :

2.1.4.1. Résistance à la traction par flexion : [NF P15-471]

C'est l'essai généralement le plus utilisé dans la caractérisation des matériaux.

L'essai est réalisé sur des éprouvettes prismatiques 40×40×160 mm, la résistance à la flexion est calculée selon l'équation :

$$Rt = \frac{1,5Ff \cdot L}{b^3}$$

L : Distance entre axes des rouleaux d'appuis de l'éprouvette 40x40x160 mm (L= 100 mm)

Rt : Résistance à la traction en MPa.

Ft : Charge à la rupture en N.

b : Largeur de la section carrée du prisme en mm (b = 40 mm).

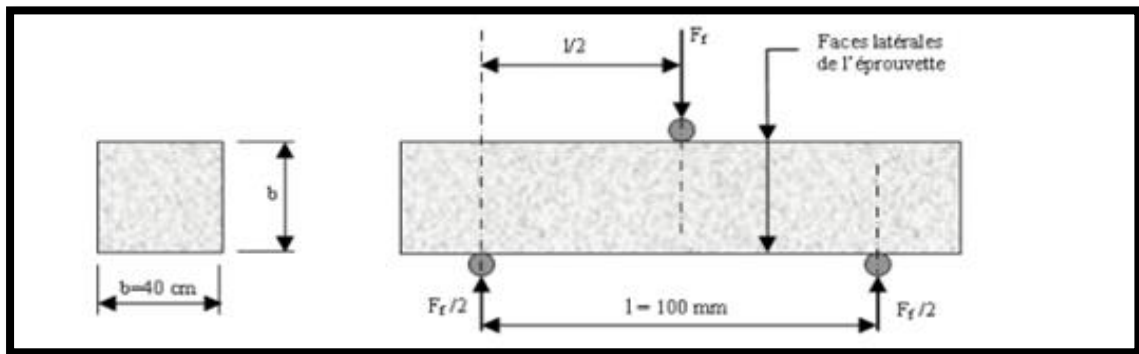


Figure (IV.2): Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion.



Figure (IV.3): Essai de résistance à la flexion.

IV.2.1.4.2. Résistance à la compression : [NF P 15-471]

La résistance à la compression est le rapport entre la charge de rupture et la section transversale de l'éprouvette, et Les demi-prismes d'éprouvettes obtenues après la rupture en flexion seront rompus en compression.

La résistance à la compression est calculée selon l'équation :

$$R_c = \frac{F_c}{b^2}$$

R_c : Résistance à la compression en (MPa).

F_c : Charge de rupture en (N).

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

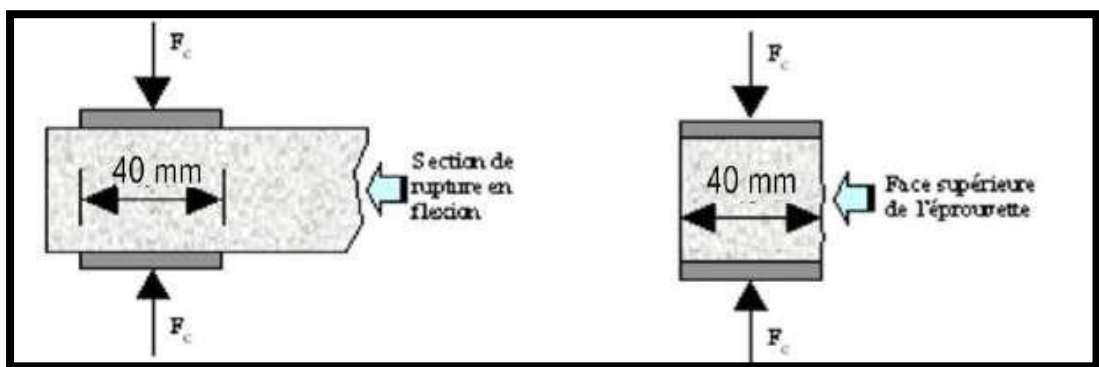


Figure (IV.4): Dispositif de rupture en compression.



Figure (IV.5): Essai de résistance à la compression.

IV.3. Les bétons :

Pour composer un béton suivant des données indispensables pour obtenus des caractéristiques souhaitées. Cela nécessite l'utilisation de bons matériaux, nous avons donc choisi dans notre travail d'utiliser du sable concassé avec un bon équivalent de sable pour obtenir les résultats.

Les trois (03) formulations étudiées pour préparation à béton sont les suivantes :

- **Formulation (B1)** : on utilisant le sable alluvionnaire.
- **Formulation (B2)** : on utilisant le sable concassé.
- **Formulation (B3)** : on utilisant le sable mixte (50% SO + 50% SC).

IV.3.1. Formulation selon la méthode de Dreux-Gorisse :

Par sécurité, la résistance visée est majorée de 15 % par rapport à la résistance que nous souhaitons obtenir. Ainsi, la résistance visée est obtenue comme suit :

-La résistance désirée pour le béton à 28 jours est: $f_{c28} = 30$ MPa

-La résistance visée vaut alors: $f_{c28} = f_{c28} \times 1.15 = 30 \times 1.15 = 34.5$ MPa

La formule ci-dessous permet de calculé la résistance à la compression visée à 28 jours, soit:

$$F_c = G \cdot F_{CE} \left(\frac{C}{E} - 0.5 \right)$$

Avec : $G = 0,5$ (qualité des granulats passable (Annexe 3)).

$D_{max} = 31,5$ mm

Le ciment employé est de la classe 42,5, mais il a une résistance vraie moyenne à 28 jours

$F_{CE} = 42.5$ MPa.

L'ouvrabilité désirée est caractérisée par un affaissement au cône $A = 7$ cm (Béton plastique, vibration courante (Annexe 4)).

$$34.5 = 0,5 \times 42.5 \left(\frac{C}{E} - 0,5 \right) \longrightarrow \frac{C}{E} = 2.12$$

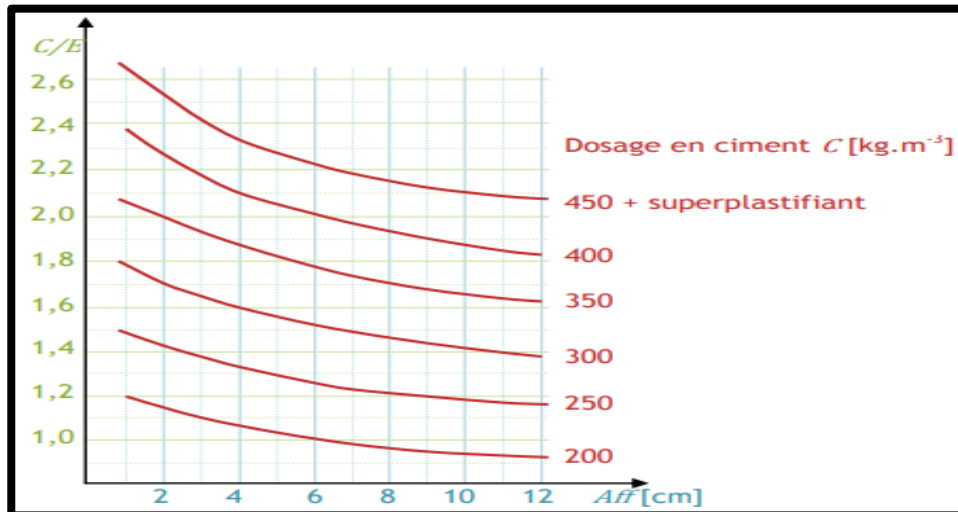


Figure (IV.6): Abaque d'évaluation le dosage en ciment en fonction du rapport C/E et de l'ouvrabilité.

➤ **Pour un affaissement théorique:**

▪ **Dosage en ciment :**

L'affaissement $A = 7$ cm Et pour $C/E = 2.12$ l'abaque de la (figure) donne un dosage en ciment

➔ $C = 350$ kg/m³.

▪ **Dosage en eau :**

Le dosage en eau totale sur matériaux secs sera approximativement : = 380 1,88

➔ $E = 202$ L.

➤ **Tracé de la courbe granulatoire de référence AOB**

Nous traçons une courbe de référence OAB avec :

-Le point 0 est repéré par ses coordonnées : [0.01 ; 0]

Le point B est repéré par ses coordonnées suivantes : [D ; 100].

-Si $D > 20$ mm l'abscisse est située au milieu du « Segment gravier » limité par le module 38 (5 mm) et le module correspondant à D.

Le point de brisure A aux coordonnées suivantes :

➤ **En abscisse :**

Le plus gros granulat est $D = 31,5$ mm (module 46), donc le point de brisure à pour abscisse :

$A = 12,5$ mm .

➤ **En ordonné :**

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K + K_s + K_p$$

D : diamètre du plus gros granulat

MF : module de finesse du sable

K : Valeurs du terme correcteur

Ks : Correction si MF du sable est fort = $6 \cdot MF - 15$

Kp : Correction si béton doit être pompé = 0

Pour notre lérecas $K = + 3$ (Annexe 5) .

$K_p = 0$ (puisque notre béton n'est pas pompable).

-La correction en fonction du module de finesse du sable de dune :

$$MF = 1.99 \text{ -et } K_s = 6MF - 15 = - 3.06$$

-La correction en fonction du module de finesse du sable concassée:

$$MF = 1.75 \text{ - et } K_s = 6MF - 15 = - 4.5$$

-La correction en fonction du module de finesse du sable mélange :

$$MF = 2.04 \text{ et } K_s = 6MF - 15 = - 2.76$$

Alors : les coordonnées du point de brisure A sont : [12,5 ; 47] pour tous les différent sable.

Les lignes de partage de 95 % et 5% d'ordonnées sont tracées sur la figure suivante:

❖ **Formulation 1 : sable alluvionnaire d'Ouargla (SO)**

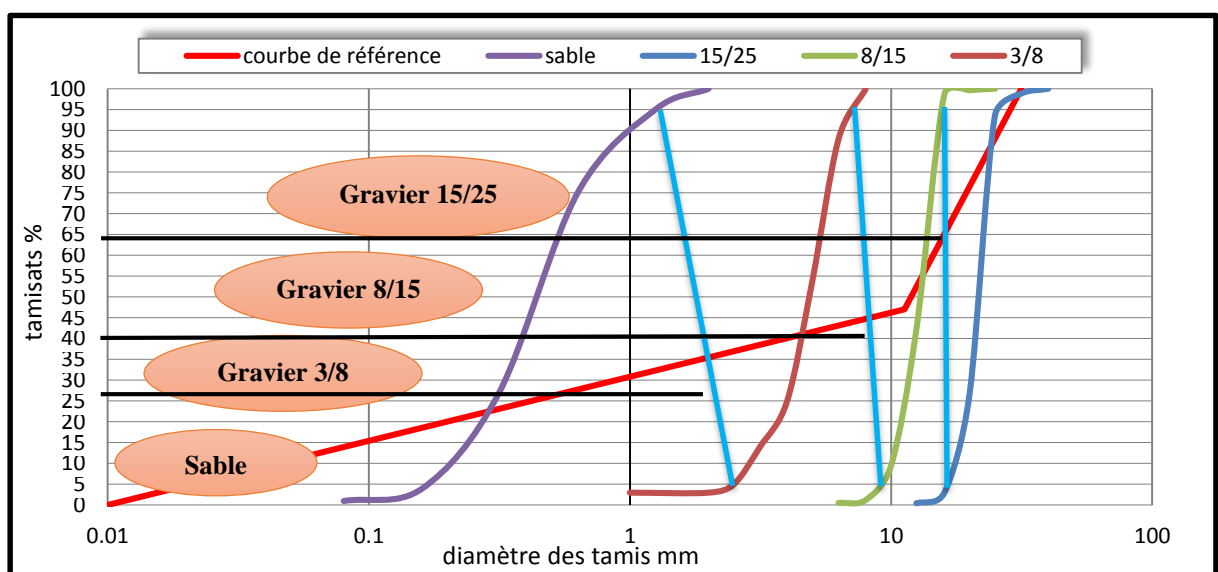


Figure (IV.7): Courbe granulatoire de Dreux-Gorisse sable alluvionnaire d'Ouargla.

-Les pourcentages des granulats suivants :

- Sable..... 35 %
- Gravier 3/8..... 10 %
- Gravier 8/15..... 20 %
- Gravier 15/25..... 35%

-Détermination de la composition en volume absolu :

-Le dosage en béton est déterminé pour obtenir un mètre cube de béton en place cela signifie que le volume de matière vante 1 m³: $V_{abs} = V_s + V_g + V_c$

$$V_c = \frac{C}{3,1} = \frac{350}{3,1} = 112,90 \text{ L.}$$

On adoptant pour le coefficient de compacité dans (Annexe 6) (D max = 31,5 mm, béton plastique, vibration normale) la valeur $\gamma = 0,830$ pour tous les différents sable

-Volume absolu de granulats :

De la relation $\gamma = V_s + V_g + V_c$ en remplaçant le volume de granulats $V_s + V_g$ par la valeur VG, Alor :

$$\gamma = V_c + VG \quad \text{où : } VG = (1000 \times \gamma) - V_c$$

VG : Volume absolu des granulats en litre ($VG + V_g + V_s$)

-Coefficient de compacité (sable roulé et gravier concasse : - 0,01)

$$\gamma = 0,830 - 0,01 = 0,820.$$

Alors : $VG = (1000 \times 0,820) - 112,90 = 707,1 \text{ l/m}^3$.

-Volume de sable :

$$V_s = 35 \% \times 707,1 = 247,49 \text{ L}$$

-Volume des graviers :

$$VG = 65 \% \times 707,1 = 459,62 \text{ L}$$

$$\text{Volume de gravier (3/8)} = 10 \% \times 707,1 = 70,71 \text{ L}$$

$$\text{Volume de gravier (8/15)} = 20\% \times 707,1 = 141,42 \text{ L}$$

$$\text{Volume de gravier (15/25)} = 35 \% \times 707,1 = 247,49 \text{ L}$$

Détermination de la composition pondérale sèche en k :

- Masse de ciment C = 350 kg/m³
- Masse d'eau E = 165 L/m
- Masse de sable :

$S = V_s \times M_{vabs}$

$$S = 247,49 \times 2,58 = 638,52 \text{ kg/m}^3$$

- Masse de gravier :

$$G = VG \times Mvabs$$

$$G_{3/8} = 70.71 \times 2,62 = 185.26 \text{ kg/m}^3.$$

$$G_{8/15} = 141.42 \times 2,58 = 364.86 \text{ kg/m}^3.$$

$$G_{15/25} = 247.49 \times 2,59 = 640.99 \text{ kg/m}^3.$$

❖ **Formulation 2: sable concassée (SC)**

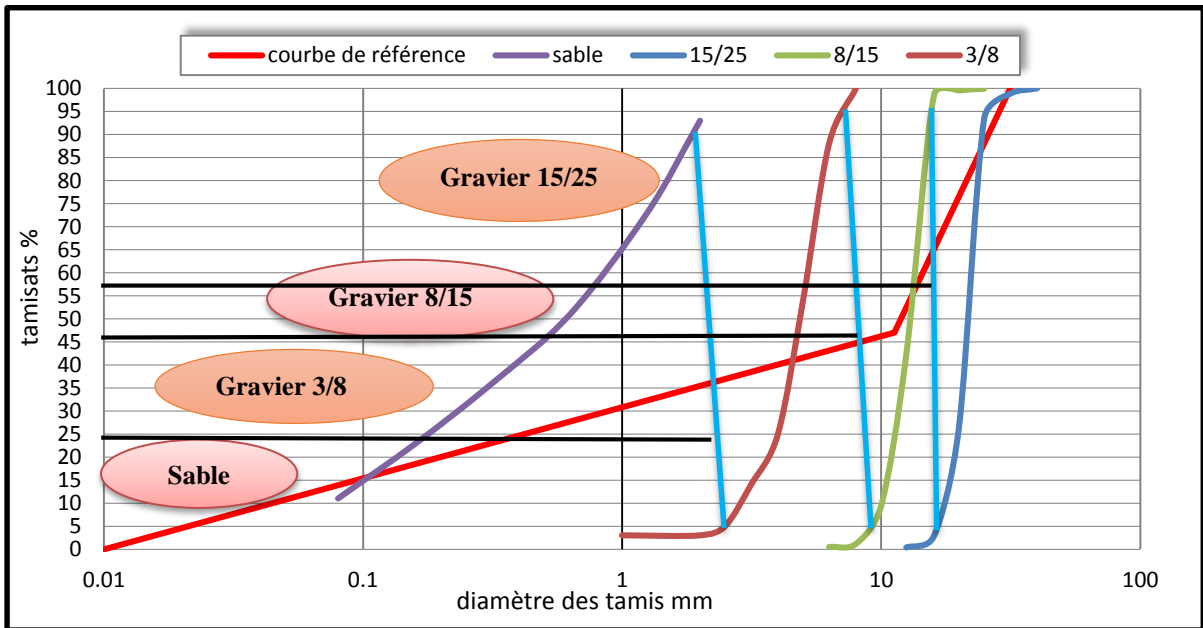


Figure (IV.8): Courbe granulométrique de Dreux-Gorisse sable de concassée.

-Les pourcentages des granulats suivants :

- Sable..... 36 %
- Gravier 3/8..... 9%
- Gravier 8/15... . 20 %
- Gravier 15/25 35 %

-Volume absolu de granulats :

De la relation $\gamma = V_s + V_g + V_c$ en remplaçant le volume de granulats $V_s + V_g$ par la valeur V_G , Alors:

$$\gamma = V_c + V \quad \text{où : } V_G = (1000 \times \gamma) - V_c$$

V_G : Volume absolu des granulats en litre ($V_G + V_g + V_s$)

-Coefficient de compacité (Sable et gravier concassés: - 0,01)

$$\gamma = 0,830 - 0,03 = 0,800$$

Alors : $V_G = (1000 \times 0.800) - 112.90 = 687.1 \text{ l/m}^3.$

-Volume de sable :

$$V_s = 36 \% \times 687.1 = 247.36 L$$

-Volume des graviers :

$$V_G = 64 \% \times 687.1 = 439,74 L$$

$$\text{Volume de gravier (3/8)} = 9 \% \times 687.1 = 61.84L$$

$$\text{Volume de gravier (8/15)} = 20\% \times 687.1 = 137.42 L$$

$$\text{Volume de gravier (15/25)} = 35 \% \times 687.1 = 240.49 L$$

-Détermination de la composition pondérale sèche en kg

- Masse de ciment C = 350 kg/m³
- Masse d'eau E = 165 L/m
- Masse de sable :

$$S = V_s \times M_{vabs}$$

$$S = 247.36 \times 2,52 = 623.35 \text{ kg/m}^3$$

- Masse de gravier :

$$G = V_G \times M_{vabs}$$

$$G_{3/8} = 61.84 \times 2,62 = 162.02 \text{ kg/m}^3$$

$$G_{8/15} = 137.42 \times 2,58 = 354.54 \text{ kg/m}^3$$

$$G_{15/25} = 240.49 \times 2,59 = 622.87 \text{ kg/m}^3.$$

❖ Formulation 3: sable mixte (50% SO + 50% SC)

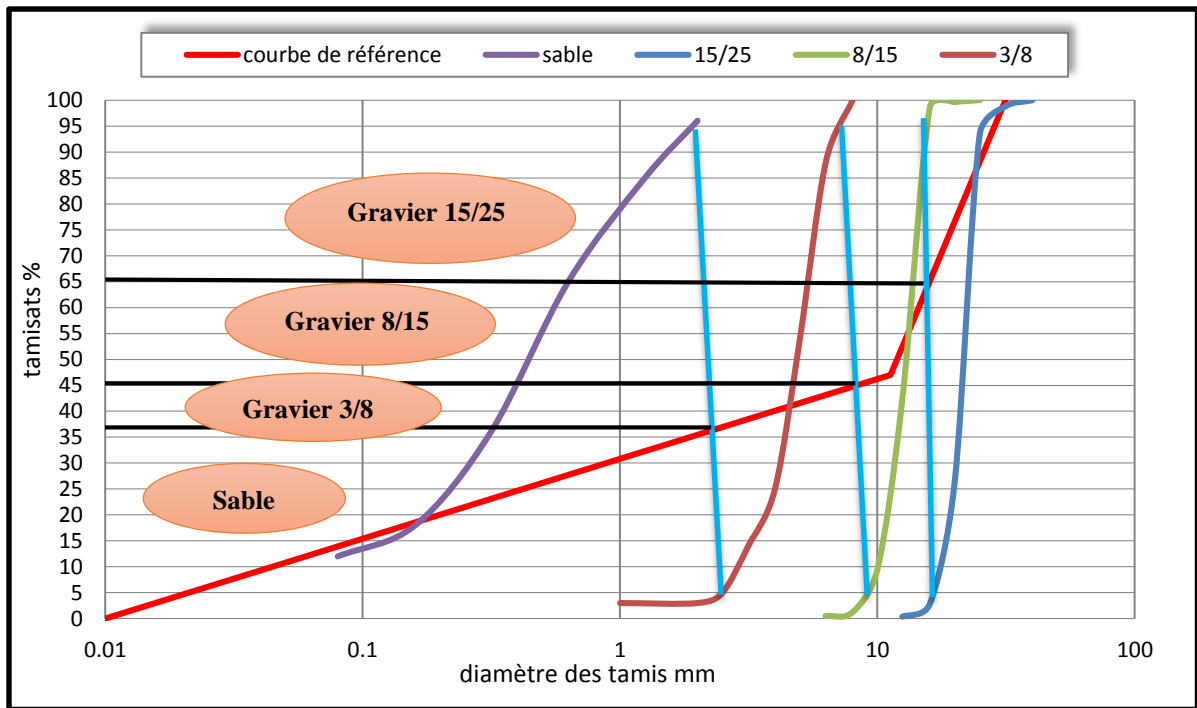


Figure (IV.9): Courbe granulatoire de Dreux-Gorisse sable mixte.

-Les pourcentages des granulats suivants:

- Sable..... 36 %
- Gravier 3/8..... 9 %
- Gravier 8/15.....20 %
- Gravier 15/25.....35 %

-Volume absolu de granulats:

De la relation $\gamma = V_s + V_g + V_c$ en remplaçant le volume de granulats $V_s + V_g$ par la valeur V_G , alors:

$$\gamma = V_c + V_G \quad \text{où: } V_G = (1000 \times \gamma) - V_c$$

V_G : Volume absolu des granulats en litre ($V_G + V_g + V_s$)

- Coefficient de compacité (Sable mixte : - 0,02)

$$\gamma = 0,830 - 0,02 = 0,810$$

Alors: $V_G = (1000 \times 0,810) - 112,90 = 697,1 \text{ l/m}^3$.

-Volume de sable :

$$V_s = 36 \% \times 697,1 = 250,96 \text{ L}$$

-Volume des graviers:

$$VG = 64 \% \times 697.1 = 446,14 L$$

$$\text{Volume de gravier (3/8)} = 9 \% \times 697.1 = 62.74L$$

$$\text{Volume de gravier (8/15)} = 20\% \times 697.1 = 139.42 L$$

$$\text{Volume de gravier (15/25)} = 35 \% \times 697.1 = 243.99 L$$

-Détermination de la composition pondérale sèche en kg :

- Masse de ciment C = 350 kg/m³
- Masse d'eau E = 165 L/m
- Masse de sable :

$$S = V_s \times M_{vabs}$$

$$S = 250.96 \times 2,46 = 623.35 \text{ kg/m}^3$$

- Masse de gravier :

$$G = VG \times M_{vabs}$$

$$G_{3/8} = 62.74 \times 2,62 = 164.38 \text{ kg/m}^3$$

$$G_{8/15} = 139.42 \times 2,58 = 359.70 \text{ kg/m}^3$$

$$G_{15/25} = 243.99 \times 2,59 = 631.93 \text{ kg/m}^3.$$

Les résultats de la composition du béton résumés à tableau suivant :

Tableau (IV.3): La composition du béton de Dreux– Gorisse (Kg/m³)

Constituants	Formulation 1	Formulation 2	Formulation 3
Eau	167.27	169.72	168.34
Ciment	350	350	350
Sable	638.52	623.35	623.35
Gravier (3/8)	185.26	162.02	164.38
Gravier (8/15)	364.86	354.54	359.70
Gravier (15/25)	640.99	622.87	631.93

IV.3.2. Préparation des bétons :**IV.3.2.1. Procédure de malaxage : [NF EN 480-1]**

La méthode de malaxage suivante doit être adaptée afin de garantir la répétabilité des résultats et d'éliminer l'effet que pourrait avoir une absorption d'eau initiale sur la consistance. On à humecter l'intérieur de la cuve à l'aide d'un linge humide par ce qu'elle est sèche. On à introduire dans la cuve la totalité des granulats secs puis la moitié de la quantité d'eau de gâchage. Malaxer pendant 2 min, puis laisser reposer 2 autres minutes. Recouvrir la cuve pendant la période de repos pour réduire les effets de l'évaporation. Remettre le malaxeur en marche pendant 30 s après ou pendant l'addition du le ciment. Pendant les 30 s suivantes, ajouter le reste d'eau. Malaxer pendant 2 min. Déterminer la consistance dans les 5 min qui suivent la fin de malaxage.



Figure (IV.10): malaxeur de béton.

IV.3.2.2. Caractéristiques du béton à l'état frais:**3.2.2.1. Essai d'affaissement au cône d'Abrams : [NF P 18-451]**

L'essai le plus courant permettant de caractériser la mobilité en milieu confiné. Car le plus facile à mettre en œuvre. Est l'essai d'étalement réalisé à l'aide d'un cône (cône d'Abrams).

L'objet de l'essai consiste à mesurer la hauteur d'affaissement d'un volume tronconique de béton frais lorsque le cône est soulevé verticalement, l'affaissement du béton permet de mesurer sa consistance.



Figure (IV.11): Essai d'affaissement cône d'Abrams.

3.2.2.2. Essai La teneur en air : [NF EN 12350-7]

On introduit de l'eau sur une hauteur prédéfinie au-dessus d'un échantillon de béton serré de volume connu se trouvant dans une enceinte hermétique et on applique sur l'eau une pression d'air prédéterminée. On mesure alors la diminution du volume d'air contenu dans le béton en observant la baisse du niveau d'eau.



Figure (IV.12): Aéromètre.

3.2.2.3. La masse volumique du béton à l'état frais : [NF EN 12350-6]

La masse volumique des mélanges de béton frais est déterminée selon la norme [EN 12350-6]. Cette dernière caractérisée par la masse d'une quantité de béton frais rapporté à son volume, comme il est indiqué dans la formule suivante :

$$\rho = \frac{M_2 - M_1}{V}$$

ρ : est la masse volumique du béton frais (kg/m³).

M_1 : est la masse du récipient (kg).

M_2 : est la masse du récipient plus la masse du béton contenu dans le récipient (kg).



Figure (IV.13): La masse volumique du béton frais.

IV.3.2.3. Confection des éprouvettes : [NF P 12390-01]

Dans cette étude on a utilisé un seul type d'éprouvettes : Des éprouvettes cylindriques (15*30), nous avons adopté la procédure suivante : Avant le remplissage des moules, on applique un lubrifiant sur les parois pour éviter toute cohésion de la pâte, le remplissage des éprouvettes se fait en deux couches. La vibration a été effectuée sur une table vibrante.



Figure (IV.14): remplissage des moules.

IV.3.2.4. Conservation :

Just après le remplissage des moules, on a stocké dans l'ambiance du laboratoire, le démoulage de toutes les éprouvettes a été effectués 24h après le coulage.



Figure (IV.15): conservation du béton au niveau de laboratoire.

IV.3.2.5. Démoulage :

Le démoulage des éprouvettes s'est effectué avec le plus grand soin pour éviter les ruptures et les fissurations des éprouvettes.



Figure (IV.16): le démoulage des éprouvettes.



Figure (IV.17): éprouvette démouler.

IV.3.2.6. Conservation après démoulage :

Les éprouvettes doivent être entreposées jusqu'au moment de l'essai, dans une chambre à 20 °C ±2 °C et une hygrométrie relative ≥ 95 %.



Figure (IV.18): démoulage et Conservation.

IV.3.2.7. Caractéristiques des bétons à l'état durci :

3.2.7.1. La Masse volumique du béton à l'état durci :[NF EN 12390-7]

On à déterminer la masse volumique après avoir retiré les éprouvettes des bacs et les avoir laissé à l'air libre pendant 20 minutes pour séchage.

La masse volumique de béton à l'état par la relation suivant :

$$\rho = \frac{M}{V}$$

M : la masse de l'éprouvette.

V : volume de l'éprouvette.

Après (7, 14, 28) jours de conservation à l'eau, les éprouvettes ont été séchées à l'air libre jusqu'à obtenir une masse constante pour calculer les masses à l'état durci.



Figure (IV.19): La masse volumique du béton durci.

3.2.7.2. La résistance à la compression : [NF EN 12390-3]

La résistance à la compression du béton est mesurée par la charge conduisant à l'écrasement par compression axiale d'une éprouvette cylindrique de 16 cm de diamètre et de 32 cm de hauteur. Les éprouvettes sont chargées jusqu'à rupture dans une machine pour essai de compression, La charge maximale atteinte est enregistrée et la résistance en compression calculée.

La résistance à la compression est donnée par l'équation suivante :

$$R_C = \frac{F_c}{S}$$

R_C : résistance en compression, exprimée en méga pascal (N/mm²).

F : charge maximale, exprimée en Newtons.

S : section de l'éprouvette.



Figure (IV.20): Essai de compression.

3.2.7.3. La résistance à la traction par fendage : [NF EN 12390-6]

L'essai mécanique à la traction par fendage est déterminé sur des éprouvettes cylindriques.

Les résultats sont obtenus par la formule suivant :

$$R_{TF} = \frac{2P}{\pi DL}$$

P : charge maximale, exprimée en Newtons.

D : diamètre d'éprouvette cylindrique.

L : la longueur d'éprouvette cylindrique.



Figure (IV.21): Essai de fendage

3.2.7.4. La résistance avec scléromètre : [NF EN 12504-2]

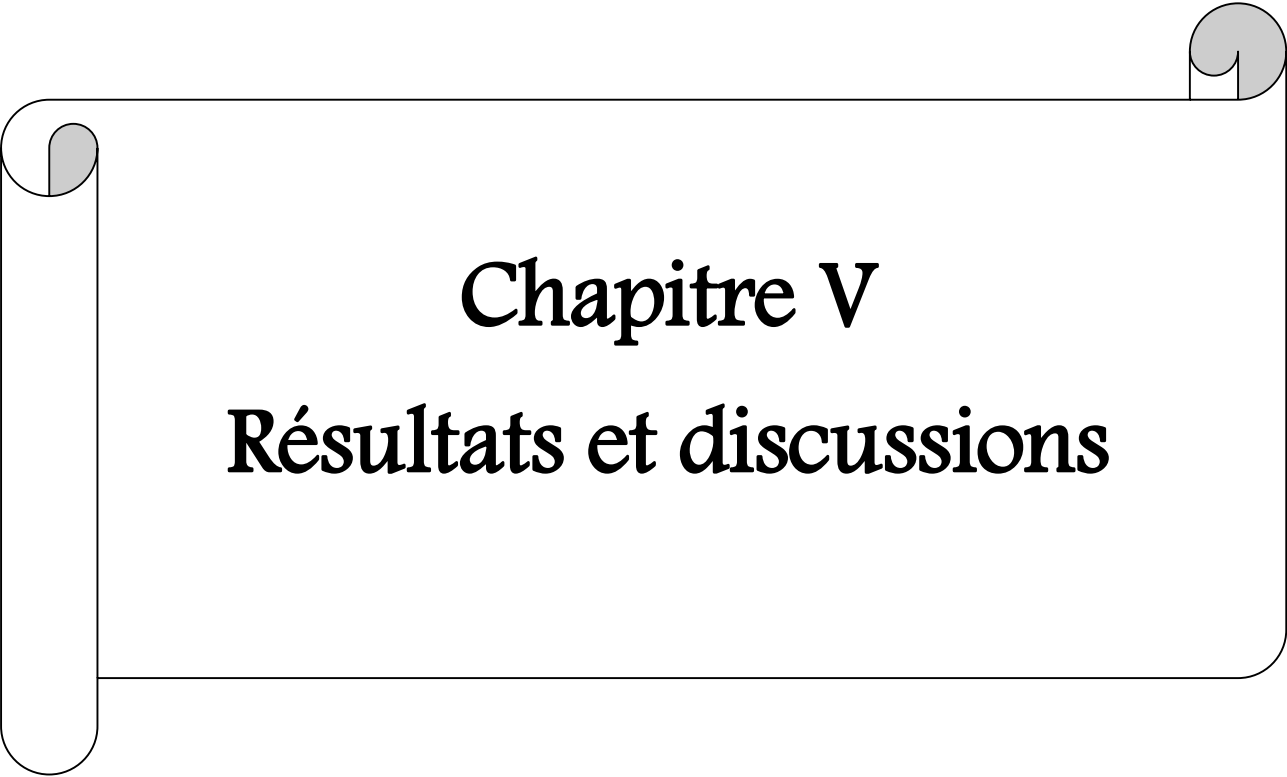
L'essai au scléromètre est une méthode non destructive qui permet d'estimer la résistance du béton. Cet essai est simple et rapide à mettre en œuvre et permet d'avoir une meilleure représentativité de la qualité de l'ensemble de l'ouvrage. Il permet de donner des informations qualitatives directes et d'optimiser l'implantation du ou des sondages carottés. Chaque éprouvette Nous choisissons 12 lectures et Calculer la moyenne.



Figure (IV.22): scléromètre.

IV.4. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté en détails de méthode expérimentale, en commençant la formulation des bétons et mortiers, la confection des éprouvettes, le mode opératoire et les différents essais mécaniques considérés dans ce travail. Les différents résultats obtenus à l'issue des tests effectués sont présentés et illustrés dans le chapitre suivant.



Chapitre V
Résultats et discussions

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

V.1 Introduction :

En s'appuyant sur les principaux résultats de caractérisation retenus au cours de chapitre précédent et sur ceux issus des différents protocoles expérimentaux, l'objectif du présent chapitre est d'exposer et de discuter tous les résultats des essais effectués sur les différentes compositions des mortiers et bétons, et de les faire comparer à la littérature.. Nous avons focalisé sur les mortiers comme objet d'expérimentation pour montrer l'effet du taux de fines par la comparaison entre deux types de sable concassé des deux stations de concassage différents de la région de Metlili.

Les différents éprouvettes des mortiers étudiés sont de dimension $(40*40*160)$ mm³, et elles sont à base de deux types de ciment : CPJ/CEMII/B et le CRS /CEMI/B. Les compositions sont :

- Mortier témoin avec 100% sable alluvionnaire d'Ouargla → SO
- Mortier avec 100% sable concassé de la station concassage1 → SC1
- Mortier avec 100% sable concassé de la station concassage2 → SC2
- Mortier avec (50%/50%) sable (SO) et sable (SC1) (Mixte) → M1
- Mortier avec (50%/50%) sable (SO) et sable (SC2) (Mixte) → M2

Pour le béton nous avons préparé trois échantillons cylindrique $(15;30)$ cm² pour chaque formulation à l'âge de 7jours et de 28 jours, avec les combinaisons suivants:

- béton témoin avec 100% sable alluvionnaire d'Ouargla → B1
- béton avec 100% sable concassé de la station concassage1 → B2
- béton avec (50%/50%) sable alluvionnaire et sable concassé1 → B3

V.2 Présentation des Résultats :

V.2.1. Le mortier :

V.2.1.1. Résultats des mortiers confectionnés avec le sable concassé1 :

2.1.1.1 Résistance à la compression (Rc): Les graphes suivants présentent, les résultats de la résistance à la compression d'éprouvettes en fonction le temps pour les différents sables et les deux types de ciment et pour les deux milieux de conservation.

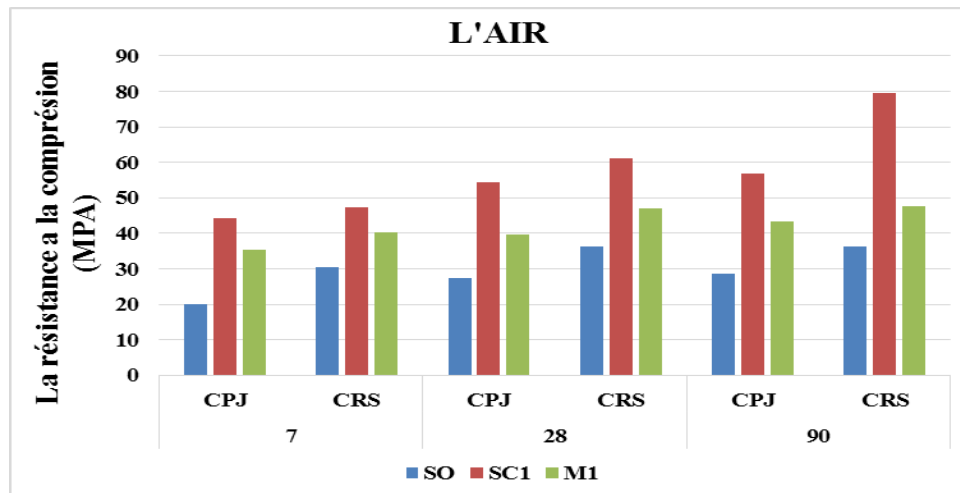


Figure (V.1): Variation de la résistance à la compression des différents mortiers avec ciment CPJ et CRS conservés à l'air.

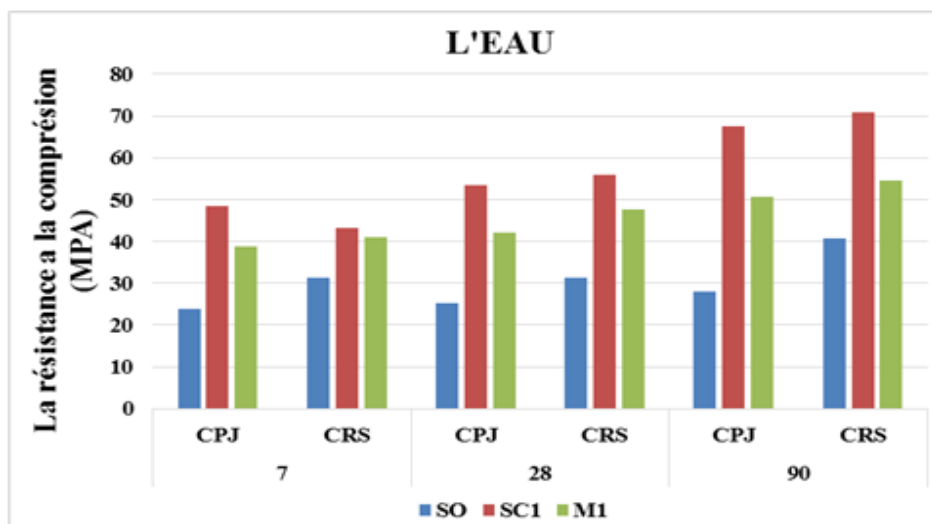


Figure (V.2) : Variation de résistance à la compression des différents mortiers avec un ciment CPJ et CRS conservés dans l'eau.

L'histogrammes d'évolution de la résistance à la compression après 7, 28 et 90 jours d'âge montrées sur les deux figures (IV.01) et (IV.02) ont une forme ordinaire, histogramme croissante pour l'ensemble des éprouvettes de mortier avec les deux types de ciment et dans les deux milieux de conservation.

La comparaison des résultats de la figure (IV.01) montre que les plus grandes valeurs de résistance sont obtenues avec le sable concassé (SC1) ou on note à 7 jours une augmentation

de 20,44 % par rapport au (M1) et de 54,57 % par rapport au (SO), pour R_c à 28 jours on note aussi une augmentation de 27,47 % par rapport au (M1) et de 49,43 % par rapport au (SO) et pour la résistance R_c à 90 jours l'augmentation est de 23,42 % par rapport au (M1) et de 49,58 % par rapport au (SO),

La comparaison des résultats de la figure (IV.02) montre aussi que les plus grandes valeurs de résistance sont obtenues avec le sable concassé (SC1) ou on note à 7 jours une augmentation de 20,15 % par rapport au (M1) et de 50,64 % par rapport au (SO), pour La résistance à 28 jours on note aussi une augmentation de 20,92 % par rapport au (M1) et de 52,54 % par rapport au (SO) et pour la résistance à 90 jours l'augmentation est de 25,17 % par rapport au (M1) et de 58,66 % par rapport au (SO)

Ces résultats expriment les mortiers à base de ciment CPJ, alors que c'est légèrement mieux pour le béton à base de ciment CRS.

2.1.1.2. Résistance à la traction par flexion (R_t) : Les graphes suivants présentent, les résultats de la résistance à la traction par flexion d'éprouvettes en fonction le temps pour les différents sables et les deux types de ciment et pour les deux milieux de conservation.

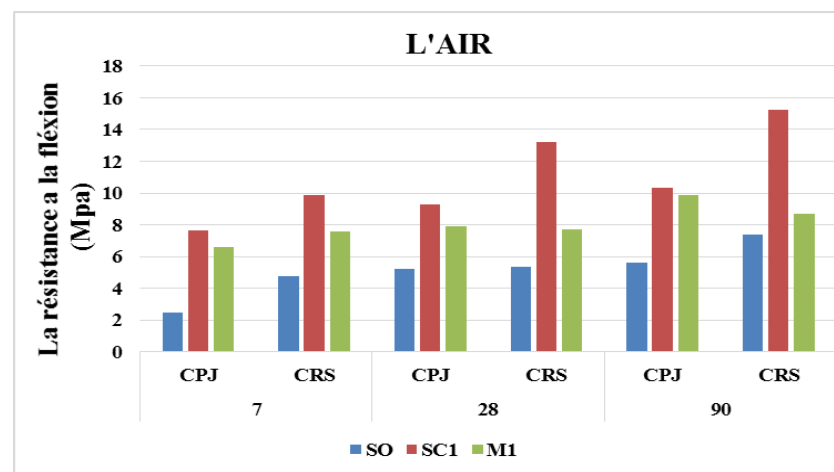


Figure (V.3): Résultats des résistances de la traction par flexion des différents mortiers avec ciment CPJ et CRS conservaient à l'air.

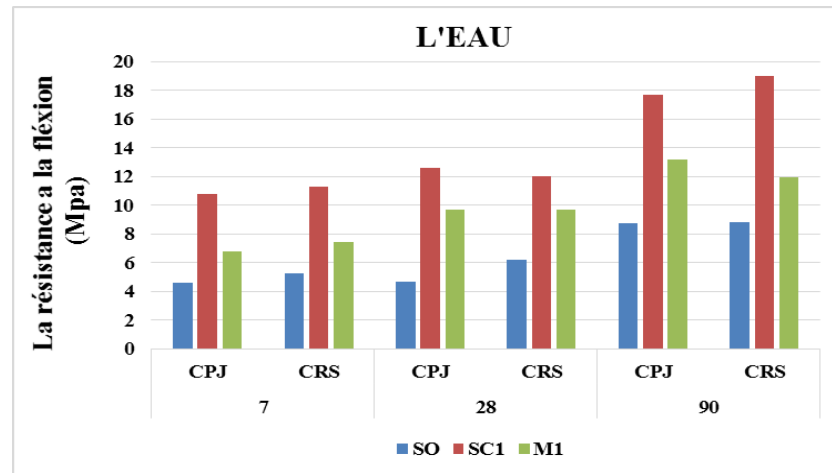


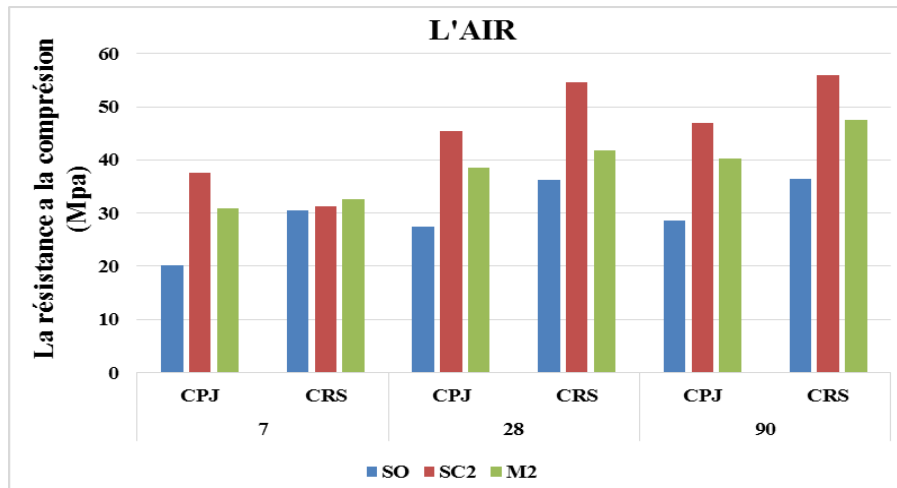
Figure (V.4): résultats des résistances de la traction par flexion des différents mortiers avec un ciment CPJ et CRS conservés dans l'eau.

Les figures (V.03) et (V.04) montrent que les courbes d'évolution de la résistance de traction ont une forme ordinaire, courbe croissante pour l'ensemble des éprouvettes de mortier à base de ciment CPJ ou CRS exposés à l'air libre ou immergés dans l'eau.

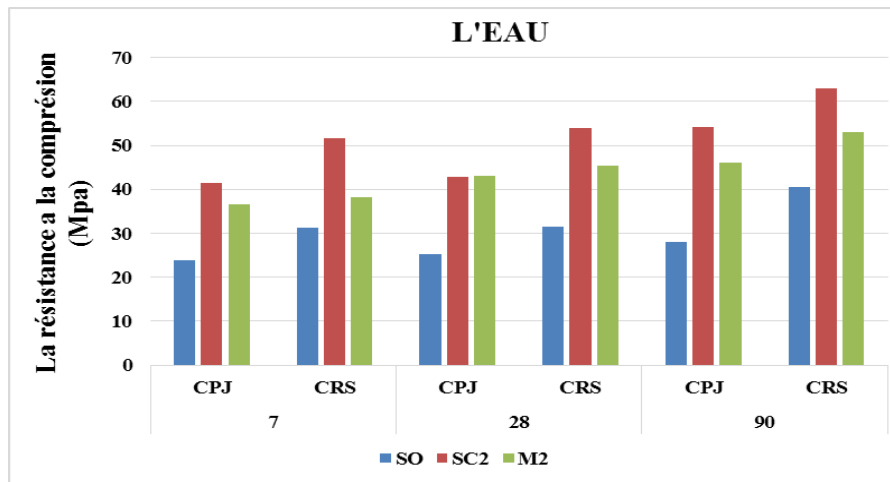
La comparaison des résultats de la figure (IV.03) montre que les plus grandes valeurs de résistance sont obtenues avec le sable concassé (SC1) ou on note une augmentation de résistance à 7j de (68.06%,13.74%) , à 28j de (43.52%,14.78%)et à 90j de (45.35%,4.27%) par rapport aux (M1) et (SO) respectivement pour les mélanges à base de ciment (CPJ). Comme on note une augmentation à 7j (51.47%, 23.25%) , à 28j de (59.59%,41.54%), et à 90j de (51.15%,42.78%) par rapport aux (M1) et (SO) respectivement pour les mélanges à base de ciment (CRS).

V.2.1.2. Résultats des mortiers confectionnés avec le sable concassé :

2.1.2.1 Résistance à la compression (Rc): Les graphes suivants présentent, les résultats de la résistance à la compression d'éprouvettes en fonction le temps pour les différents sables et les deux types de ciment et pour les deux milieux de conservation



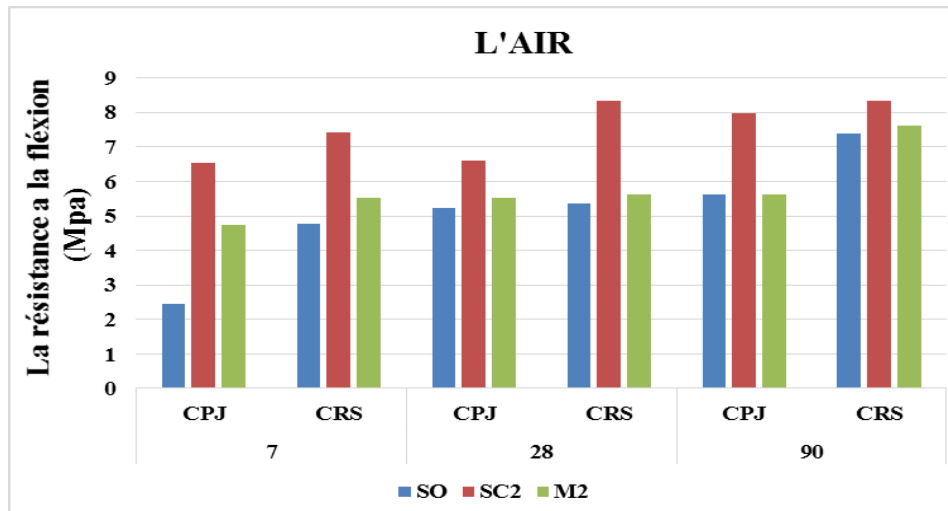
Figure(V.5): Variation de la résistance à la compression des différents mortiers avec ciment CPJ et CRS conservaient à l'air



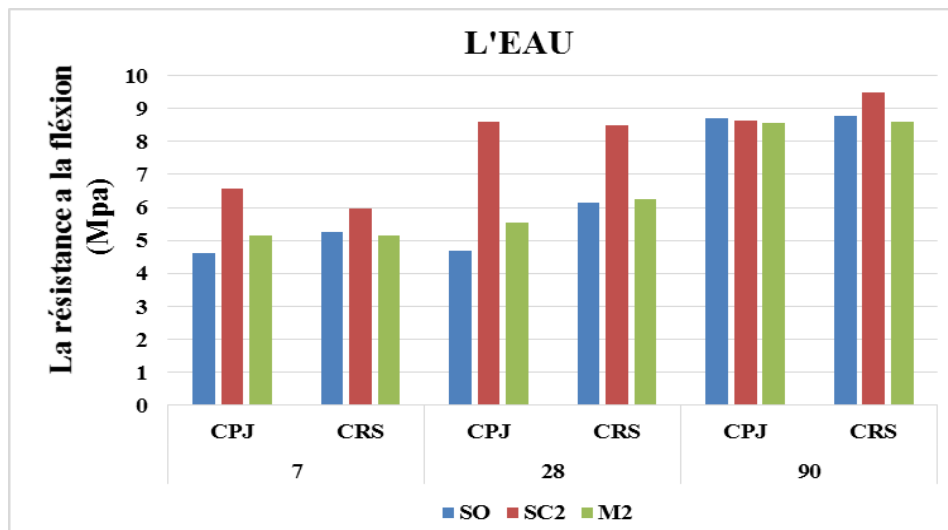
Figure(V.6): Variation de la résistance à la compression des différents mortiers avec un ciment CPJ et CRS conservaient dans l'eau.

L'histogrammes d'évolution de la résistance à la compression après 7, 28 et 90 jours d'âge montrées sur les deux figures (IV.05) et (IV.06) ont une forme ordinaire, histogramme croissante pour l'ensemble des éprouvettes de mortier avec les deux types de ciment et dans les deux milieux de conservation.

2.1.2.2. Résistance à la traction par flexion (Rt) : Les graphes suivants présentent, les résultats de la résistance à la traction par flexion d'éprouvettes en fonction le temps pour les différents sables et les deux types de ciment et pour les deux milieux de conservation



Figure(V.7): Variation de la résistance de la traction par flexion des différents mortiers avec ciment CPJ et CRS conservaient à l’air



Figure(V.8): Variation de la résistance de la traction par flexion des différents mortiers avec ciment CPJ et CRS conservaient dans l’eau

Les figures (V.07) et (V.08) montrent que les courbes d’évolution de la résistance de traction ont une forme ordinaire, courbe croissante pour l’ensemble des éprouvettes de mortier à base de ciment CPJ ou CRS exposés à l’air libre ou immergés dans l’eau.

V.2.1.3. Interprétation :

Le mortier confectionné avec le sable alluvionnaire (SO), présente une baisse résistance mécanique comparativement au mortier confectionné avec le sable mixte (M1) et le sable

concassé (SC1). Cela est dû à la différence de propreté (ES) des trois sables, ainsi que la forme des grains de sable alluvionnaire (SO), qui présente une forme arrondis (sphérique) qui provoque une augmentation de la porosité et une chute des résistances mécaniques.

Tandis que le mortier confectionné avec le sable concassé (SC1) présente la meilleur résistance qui peu expliqué par l'effet des fines présentes dans le sable concassé qui permette de remplir les vides inter-granulaires ce qui augmente la résistance à la compression, cela confirme les résultats de littératures [76.77]

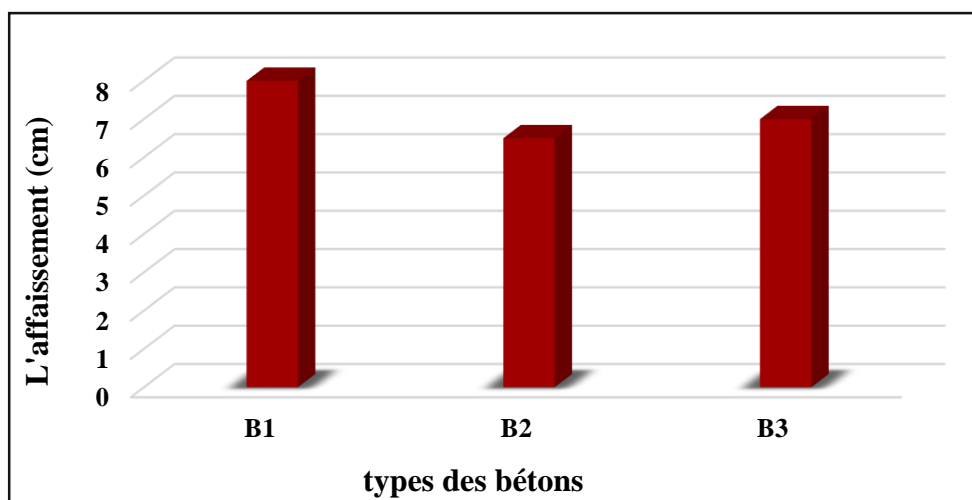
V.2.2. Les bétons:

V.2.2.1 Résultats des essais utilisés sur les bétons à l'état frais :

2.2.1.1 L'affaissement au cône d'Abrams: [NF P 18 -451]

Sur le béton frais nous avons déterminé l'affaissement de chaque type de béton L'affaissement l'aide du cône d'Abrams.

Les valeurs d'affaissement mesurées des bétons sont présentées dans la figure suivante :



Figure(V.9) : Evolution de l'affaissement des bétons étudiés

D'après les résultats obtenus on peut conclure que:

Il est à noter que nous avons cherché à confection un béton plastique (Aff = 5 à 9 cm).

On remarque que le béton (B1) à base de sable alluvionnaire donné l'affaissement la plus élevée (8 cm), et le résultat de béton à base de sable mixte (B3) il est plus approche de valeur avant (7cm), et le béton à base de sable concassé à donner la valeur la plus faible (6.5 cm).

La présence des fins sur le sable et le taux d'absorption d'eau des sables influé sur les affaissements des bétons.

2.2.1.2 La masse volumique du béton à l'état frais : [EN 12350-6]

Les masses volumiques à l'état frais des différents bétons sont déterminées, la figure (V.10), présente les résultats obtenus des différents bétons étudiés :

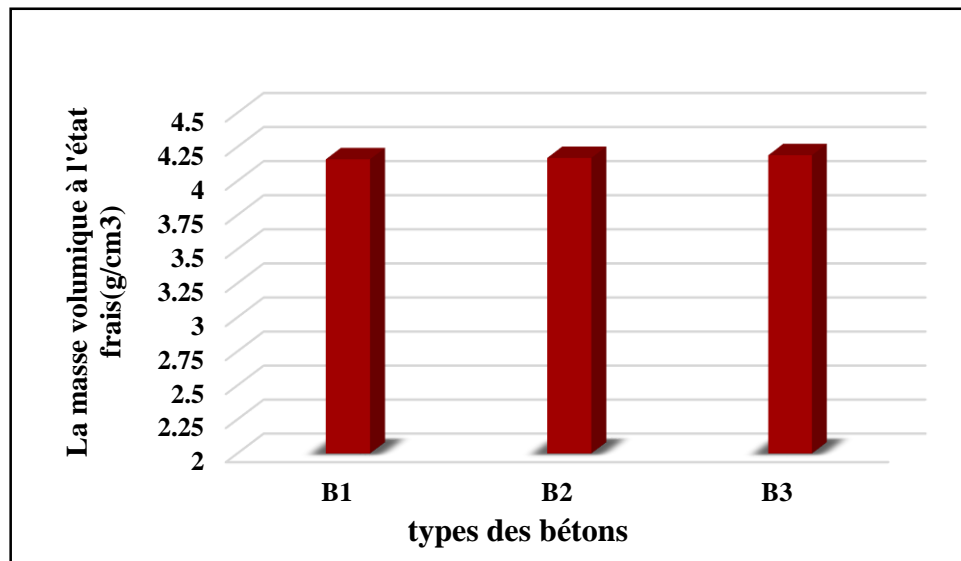


Figure (V.10) : Evolution de la masse volumique des bétons à l'état frais.

D'après les résultats obtenus on remarque que :

Tous les bétons étudiés présentent presque la même valeur de masse volumique à l'état frais. Le béton à base de sable mixte donne la meilleure valeur de masse volumique à l'état frais qui dépasse 4.5 g/cm³, cela est expliqué par l'arrangement des fines (apporter par le sable concassé) et des grains de ciment dans les pores entre les grains de sable mixte, ce qui conduit à une meilleure compacité du béton. .

Le béton à base de sable alluvionnaire donné la valeur la plus faible.

2.2.1.3 La teneur en air : [EN 12350-7]

La teneur en air des différents bétons déterminé. La figure (V.11), présente les résultats obtenus de la teneur en air des différents bétons étudiés :

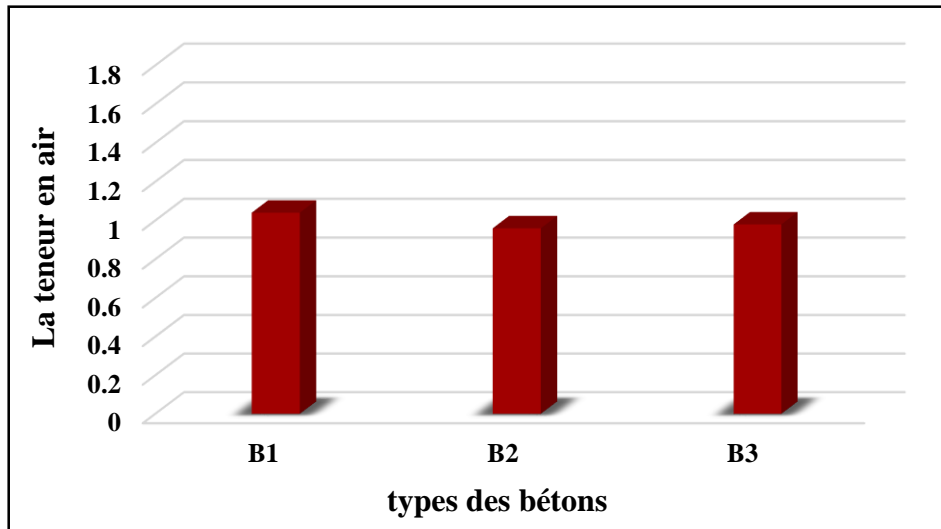


Figure (V.11) : Evolution de teneur en air.

D'après les résultats obtenus on remarque que :

Le béton à base de sable alluvionnaire (B1) présente un mauvais résultat, cela s'explique par la nature morphologique et la forme des sables.

Le béton à base de sable concassé (B2) et le béton à base de sable mixte (B3) ont un faible volume d'air occlus à cause de remplissage donc les pores et libèrent l'eau emprisonnée.

V.2.2.2 Résultats des essais utilisés sur les bétons à l'état durci :

2.2.2.1. La Masse volumique du béton à l'état durci : [EN 12390-7]

Les masses volumiques à l'état durci des différents bétons sont déterminées. La figure(V.12) présente les résultats obtenus :

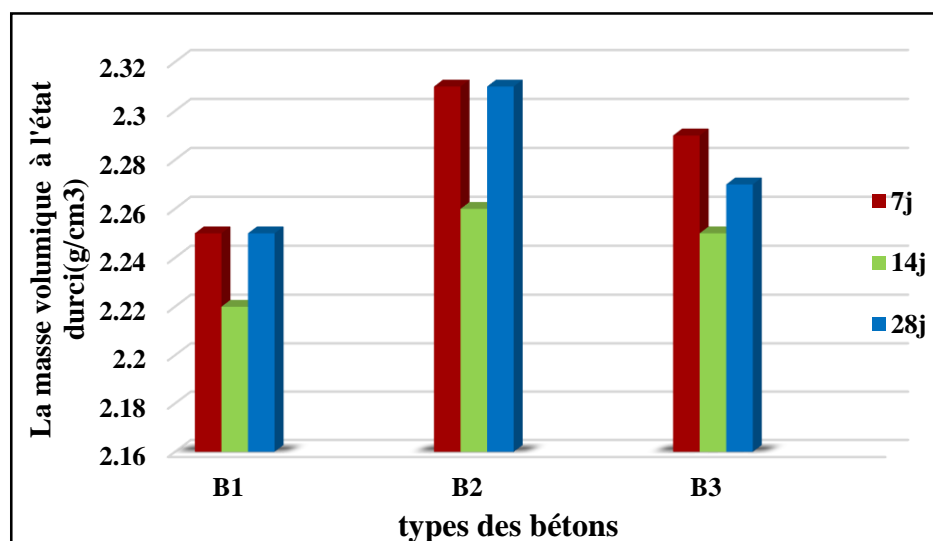


Figure (V.12) : Evolution de la masse volumique des bétons à l'état durci.

D'après les résultats obtenus on remarque que :

Les bétons (B1 et B2 étudiés dans le 7 et le 28 jours) présentent presque la même valeur de masse volumique à l'état durci, par contre dans les 14 jours le B2 elle donne une grande valeur

On observe une légère augmentation uniquement pour le béton à base de sable mixte (B3).

2.2.2.2 La résistance à la compression : [EN 12390-3]

Les résultats de la résistance à la compression des bétons à différents types de sables sont présentés dans la figure (V.13) ci-dessous :

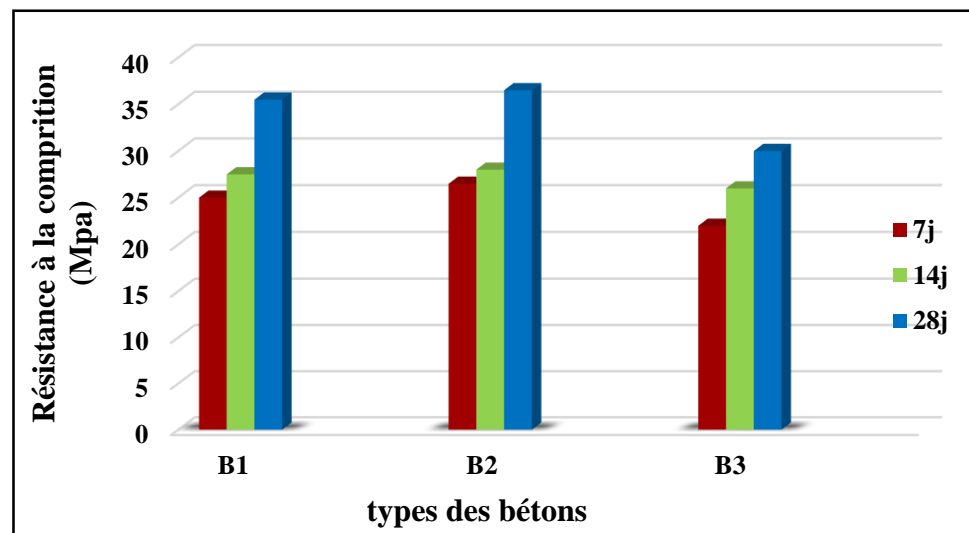


Figure (V.13) : Evolution de la résistance mécanique à la compression en fonction de temps.

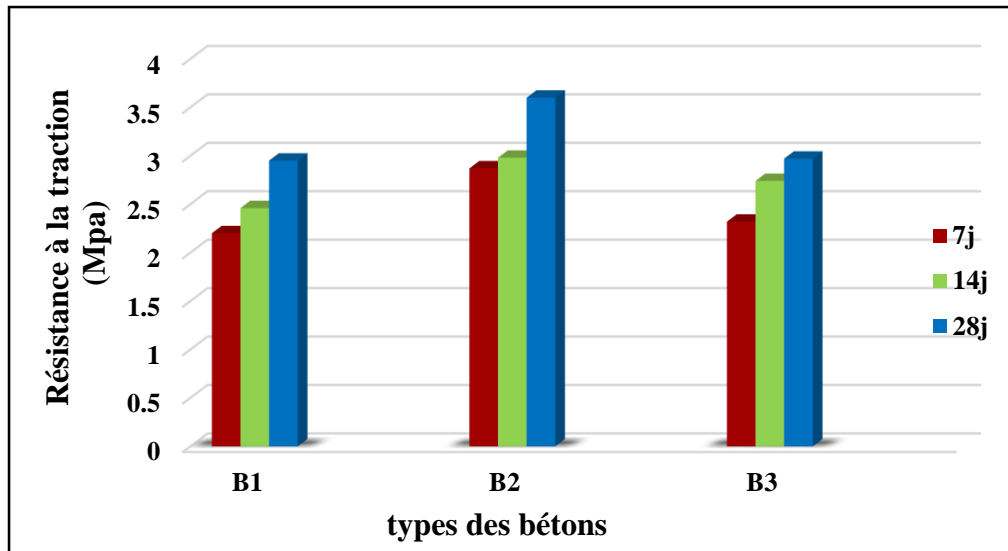
L'analyse des résultats présentée montre que la nature des sables influence considérablement les résistances en compression des bétons d'étude. Les meilleures résistances sont obtenues avec le béton à base de sable concassé (B2), on peut expliquer cela par la composition minéralogique du sable concassé, car il est riche en CaCO_3 qui réagit avec les particules du ciment favorisant ainsi l'augmentation des hydrates qui à leur tour augmentent la résistance à la compression du béton.

Le béton à base de sable alluvionnaire (B1) présente presque les mêmes résistances à une diminution entre 1.5 à 3 % de béton précédent, on peut expliquer ces résultats par la bonne granulométrie du grain solide qui améliore la compacité des bétons.

La résistance la plus faible est celle de béton à base de sable mixte (B3), cela s'explique par la nature morphologique des sables.

2.2.2.3 La résistance à la traction par fendage : [EN 12390-6]

La figure (V.14) présente Les résultats de la résistance de traction par fendage pour les bétons des différents types des sables aux différents âges 7 ; 14 et 28 jours.



Figure(V.14) : Evolution de la résistance à la traction par fendage des différents bétons en fonction du temps.

L'analyse des résultats présentés sur la figure montre que la nature des sables influence considérablement les résistances en traction par fendage.

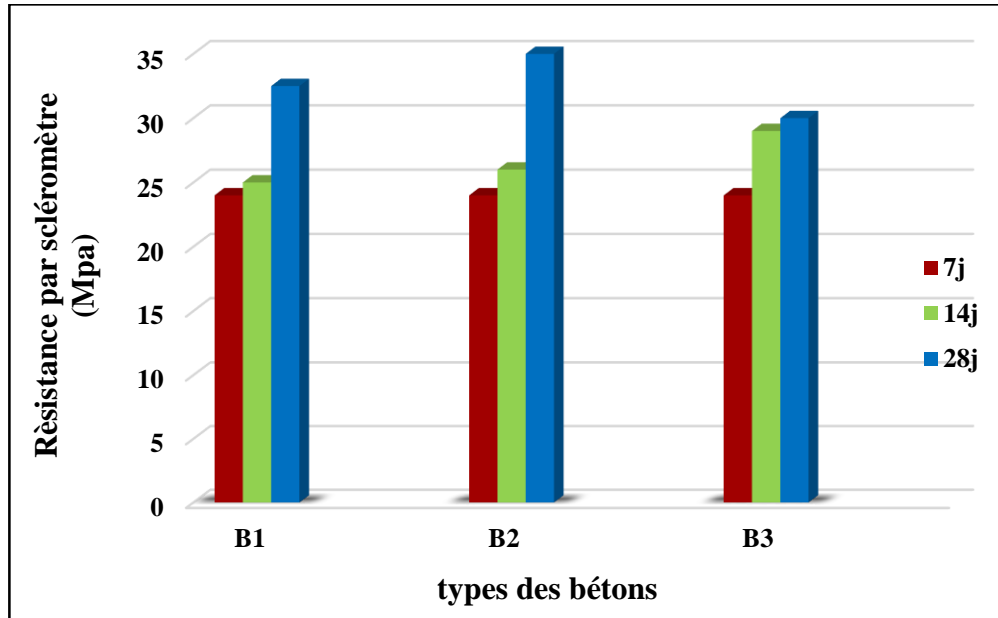
Les meilleures résistances sont obtenues avec le béton à base de sable concassé (B2), Cela s'explique par la granulométrie de sable de concassé (sable moyenne avec un module de finesse de 2.18) il donne une bonne résistance mécanique.

Ensuite le béton avec sable mixte (B3) du principalement à la géométrie et l'état de surface des grains qui engendre une cohésion entre les grains et la présence de fines dans le sable mixte.

Et le béton avec sable alluvionnaire (B1) qui présente presque les mêmes résistances à 28 jours, cela est dû essentiellement à la présence de fines et à la force de cohésion des grains (géométrie et état de surface des grains) et la nature morphologique des sables.

2.2.2.4 La résistance par scléromètre : [EN 12504-2]

La figure (V.15) présente Les résultats d'essai de scléromètre des bétons à différents types de sables :



Figure(V.15) : Evolution de la résistance de scléromètre des bétons.

D'après les résultats obtenus on remarque que :

Le béton à base de sable concassé (B2) donne une grande valeur presque 35 Mpa. En suite le béton à base de sable alluvionnaire (B1) il est presque la même valeur de béton à base de sable concassé (B2) avec une différence entre 1 et 3 %, par contre le béton à base de sable mixte (B3) montre une petite diminution de résistance.

L'indice sclérométrique augmente avec l'âge du béton, à 28 jours c'est le béton à base de sable concassé qui donne la plus grande valeur de l'indice sclérométrique.



Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Dans le cadre de la valorisation de sable concassé (0/3) de la région de Metlili dans la formulation de béton et mortier et à travers l'étude expérimentale ou nous avons confectionné plusieurs échantillons de mortier et formulé divers compositions du béton à base de différentes natures de sables afin de caractériser le comportement physico-mécanique de ces mortiers et bétons.

Après cette étude expérimentale nous pouvons présenter les conclusions suivantes :

- 1- La composition de référence de tous les mortiers est par définition la composition massique d'un mortier normal (01 part de ciment, 03 parts de sable et une demi-part d'eau, ($E/Liant=0.5$ et $S /liant=3$)). Cette composition a été maintenue durant tous les essais de caractérisation et le rapport ($E/Liant$) a été pris constant et égal à 0,5 afin de neutraliser (écarter) l'effet de l'eau sur toutes les caractéristiques étudiées notamment la résistance mécaniques.
- 2- Les résultats obtenus à l'état frais ont montré que le pourcentage d'air occlus est légèrement supérieur pour le béton (B1) comparativement aux deux autres bétons à savoir (B2) et (B3). Corrélativement, l'affaissement de béton (B1) augmente et diminue pour les deux autres bétons.
- 3- La confection d'un mortier ou un béton en utilisant un sable avec un taux élevé de particules fines peuvent avoir de meilleurs performances que le mortier ou le béton témoin si le sable de alluvionnaire est utilisé comme un remplacement pour reduire leur pourcentage de fines.
- 4- Les fines calcaires ont donc une influence positive, selon la quantité présente dans les mélanges. D'autre part, les fines confèrent au béton frais une certaine cohésion et un pouvoir de rétention d'eau qui permet le maintien de l'homogénéité.
- 5- Les résultats des essais mécaniques montrent que le sable concassé est un matériau fort prometteur puisqu'il permet d'obtenir à la fois une très bonne maniabilité et aussi des meilleures résistances mécaniques lorsqu'il est associé au sable alluvionnaire ou l'utilisé seul.
- 6- A l'issue de ce travail, nous avons démontré qu'il était parfaitement possible de réaliser des Béton et mortier en utilisant du sable concassé. Les résultats ont démontré l'intérêt de la substitution du sable alluvionnaire par le sable concassé

(50/50) et confirmé les intérêts de la présence des fines calcaires pour obtenir des performances élevées.

Les références bibliographiques

- [1] **LUCIEN, PLISKIN** Propriétés des béton (partie le béton 2000 . page.58)
- [2] **DR. P.BOERAEVE** : " Composition du béton", Cours de béton armé, 2008.
- [3] **DREUX, G** « nouveau guide du béton », Eyrolles, 1979.
- [4] **LA NORME** nbn b 12-001 (1993).
- [5] **CHAUVIN J.J.** Les sables, guide pratique d'utilisation routière, I.S.T.E.D, (1987) Paris, France, P.74
- [6] **DUPAIN.R, LANCHON.R ET SAINT-ARROMAIN.J.C,** granulats, sols, ciments et bétons, 1995.
- [7] **DINGER D. R, FUNK J.E, PARTICLE PACKING-II-** Review of paking of poly disperse parti les systeme, Interceram 41, 1992, P. 95-97.
- [8] **THONIER HENRY,** le béton précontraint aux états limites, 1985.
- [9] **ANDRA, LERM,** choix des formulations de bétons de référence, document interne Andra n° c rp 0 ler 01-004/a, 2001.
- [10] **GEORGES DREUX, JEAN FESTA** « nouveau guide de béton et de ses constituants » 8ème.
- [11] **R.DUPAIN,R.LANCHON,J-C.SAINT-RROMAN** « granulats, sols, ciment et bétons ».
- [12] **PIERRE. CORMON** « bétons légers d'aujourd'hui ».
- [13] **JEAN. FESTA** « nouveau guide du béton et ses constituants »
- [14] **HTTP://thesis.univ-biskra.dz/** béton auto placent. in revue bibliographie. p.28
- [15] **AITCIN .P.C ET BARON .J** : « bétons haute performance », Ed. Eyrolles, 1996
- [16] **DJELOUACHI HAYET** « influence des fibres végétales sur les propriétés physico-mécaniques d'un béton »,mémoire de fin d'études.
- [17] **BRESSON .J** : « prévision des résistances », paris, Tech Batim1980,Trav. public, 387 p
- [18] **AYAICHI** « étude de l'influence de la granularité sur la résistance mécanique du béton (à la compression) ». Université D'Adrar, 2017
- [19] **BIGA MOULOUDA,** «influence des dimensions des granulats sur le retrait du béton» mémoire de master, université Ahmed Draia Adrar, 2015.
- [20] **A.DAHMANI,** «influence de dosage du ciment dans le béton d'usage courants sur ces propriétés a l'état durci » mémoire de master, université Mohamed Boudiaf M'sila, 2015.
- [21] **KACIMI.**La qualité du ciment par l'optimisation des laboratoires des cimenteries. Séminaire concernant la fonction laboratoires, son amélioration, son organisation et son optimisation. Université des sciences et de la technolo, le 18 ,19 et 20 février 2001.

- [22] **DJAMILA BOUKHELKHAL, SAID KENAI**, détermination non destructive de la résistance du béton sur site (scléromètre, ultrason), rencontres universitaires de génie civil, Bayonne, France (hal-01167739), may 2015.
- [23] **FERHAH. H** « étude de retrait plastique empêché du mortier due au climat chaud ‘approche par plan d’expérience » mémoire de ingénieur, université de Bechar, 2009.
- [24] **HOLCIM GUIDE PRATIQUE DU BETON** « Concevoir et mettre en œuvre des bétons durables » Editeur: (Suisse) SA 6ème édition 2015.
- [25] **KATTAB.R.**, valorisation de sable de dune, thèse doctorat, Alger : Enp, 2007.
- [26] **GEORGES DREUX ET JEAN FESTA**, nouveau guide du béton : 7ème Edition, 1995)
- [27] **WWW.la.refer.org/materiaux/chapitre_six_sept.html**: « matériaux de construction ». 01/05/2015.
- [28] **VIMANE PHOMMAVONG, M.** cours en béton armé – essais de laboratoire, page 1 à 146)
- [29] **MENOU. A.**, thèse de doctorat, «étude de comportement thermomécanique des bétons à haute température», université de Pau et des pays de L’Adour, France, 2004.
- [30] **B.A ET M.O.**, étude physique et mécanique du béton à base des granulats locaux (ciment d’aoulef) Mémoire de master en génie civil, université Adrar 2018/2019.
- [31] **PIGEON**, (Composition et hydratation du ciment Portland, Séminaire progrès dans le domaine du béton, Québec, p. 36-72; 1981.
- [32] **ABDELBAKI MOHAMED MADANI.** « Propriétés des micros bétons » mémoire de fin d’études, Université M sila, 2015/2016.
- [33] **DREUX. G** « nouveau guide du béton et ses constituants »Edition, Eyrolles .paris -1998.
- [34] **SALMI SARA**, «Etude de l’influence du laitier granulé sur le comportement des mortiers à haute température», mémoire de master en génie civil, université de M’sila.
- [35] **MICHEL VENUAT**, " La pratique des ciments mortiers et bétons ", Tome 1, Caractéristiques des liants et des bétons, Mise en oeuvre des coulis et mortiers, Editions du Moniteur.
- [36] **MOUNIR BELLEM** « valorisation des déchets plastiques pour l’amélioration des performances mécaniques des mortiers »mémoire de master, université de M’sila, juin 2013.
- [37] **COURS MDC**, licence université de M’sila
- [38] **CIM BETON**, les bétons : formulation, fabrication et mise en œuvre, tome2, 137p
- [39] **BOUALI KHALED** «élaboration et caractérisation thermomécanique des mortiers à base d’ajouts de déchets de briques réfractaires» mémoire de magister Bouali Khaled université du Boumerdes 2013/201.

- [40] **P. SYLVER**, science des matériaux, université pierre et marie curie 2005, 2006
- [41] WWW.memoireonline.com › Sciences
- [42] **MAZA MEKKI** amélioration des caractéristiques d'un mortier à base de sable mixte avec adjuvant m'sila 1997.
- [43] **KOMAR**. Matériaux et éléments de construction, Moscow, 1978
- [44] **KOSHAL R. S.** «Application of the method of maximum likelihood to the improvement of curves fitted by the method of moments» Journal of Royal Statistic SocA96 303-313. (1933)
- [45] **AL - BAGHDADI, H.M., AL - AMEERI, A.S.** Using Different Types of Fine Aggregate To Produce High Strength Concrète, Université de Babylone Magazine des Sciences Appliqués 2010, vol. 2, no 18, p. 713-724
- [46] **CABRERA, O. A., TRAVERSA, L. P., ORTEGA, N. F.** Fluidez de morteros cementiceos con arenas machacadas. Materiales de construcción, 2010, vol. 60, no 300, p. 115-130
- [47] **MENADI, B., KENAI, S., KHATIB, J.,** and al. strength and durability of concrete incorporating crushed limestone sand. Construction and building materials, 2009, vol. 23, no 2, p. 625-633
- [48] **CARDON, D., EVRARD, H., & GARNIER, J.** prévision de la teneur en fines des sables de concassage. bulletin of the international association of engineering géology - bulletin de l'association internationale de geologie de l'ingénieur, 1984, vol. 29. no 1, p. 343-348
- [49] **WESTERHOLM. M,** gram, h. e, & lagerblad, b. crushed rock as sand in concrete: the swedish experience. In: 16th annual icar symposium. Austin, USA, may 12-14, 2008 2008.
- [50] **BAUM. II. & KATZ, A.** influence of fines on concrete mixes ' national building research institute, technic israel institute of technology, 2006.
- [51] **NANDA RADHIKESH P.,** das, amiya k, moharana, n. c. stone crusher dust as a fine aggregate in concrete for paving blocks. International journal of civil & structural engineering, 2010, vol. 1, no 3, p. 613-620.
- [52] **BEDERINA , M. , MAKHLOUFI , Z. , BOUNOUA , A. ,** and al . Effect of partial and total replacement of siliceous river sand with limestone crushed sand on the durability of mortars exposed to chemical solutions. Construction and building materials, 2013, vol. 47 p. 146-158.
- [53] **VILLALOBOS , SALVADOR , LANGE , D. A. , & ROESLER , J. R.** evaluation , testing and comparison between crushed manufactured , technical note , 2005 , vol . 15, p. 1-6.
- [54] **CABRERA, O, A. TRAVERSA, L. P., & ORTEGA, N. E.** estado fresco de morteros y hormigones con arenas de machaqueo, materiales de construcción, 2011, vol 61, no 303. p. 401-416.

- [55] **MANASSEH, J. O. E. L.** use of crushed granite fine as replacement to river sand in concrete production. Leonardo electronic journal of practices and technologies, 2010, no 17. p .85.96 .
- [56] **KOU, S. C., & POON, C. S.** Properties of concrete prepared with crushed fine stone, furnace bottom ash and fine recycled aggregate as fine aggregates. Construction and Building Materials, 2009 vol 23, no 8. p. 2877-2886
- [57] **AKROUT, K., MOUNANGA, P, LTIFI, M, & JAMAA, N. B.** rheological, mechanical and structural performances of crushed limestone sand concrete. International journal of concrete structures and materials, 2010, vol. 4, no 2, p. 97 104.
- [58] **MELAIS, F. Z, & ACHOURA, D. DJAMEL.** Formulation et propriétés des bétons de sable renforcé de fibres de polypropylène. 2011.
- [59] **AHMAD, S., & MAHMOOD, S. SHAHID.** Effects of crushed and natural sand on the properties of fresh and hardened concrete. In: 33rd conference on our world in concrete & structures Singapore 2008. p 25-27.
- [60] **RMILI , A. , BEN QUEZDOU , M. , ADDED , M. , & GHORBEL , e.** incorporation of crushed sands and Tunisian desert sands in the composition of self-compacting concretes part ii : sec fresh and hardened states characteristics . International journal of concrete structures and materials, 2009, vol. 3 no 1 p11 14.
- [61] **BENABED, B., KADRI, E. H., AZZOUZ, L. & KENAI, S.** Properties of self-compacting mortar made with various types of sand. Cement and Concrete Composites, 2012 vol 34. No 10. P1167-1173.
- [62] **WESTERHOLM, M, LAGERBLAD. B, SILFWERBRAND, J., & FORSSBERG. E.** influence of line aggregate characteristics on the theological properties of mortars, cement and concrete composites, 2008, vol. 30, no 4. p. 274 282
- [63] **BALAPGOL, B, KULKARNI, S.A, & BAJORIA, K.M.** strength and durability of concrete with crushed sand. In: 27th conference on our world in concrete & structures. 2002. p. 179-189
- [64] **LTIFI , M. , BEN JAMAA , N. , BEL HADJ ALI , N. , akROUT , k** etude comparative des bétons hydrauliques a base de sable siliceux et sable calcaire de concassage , colloque médiamat , 2005 , p.1-9 .
- [65] **GONÇALVES, J. P., TAVARES, L. M, TOLEDO FILHO, R. D, AND AL.** comparison of natural and manufactured fine aggregates in cement mortars. Cement and concrete research, 2007, vol 37, no 6, p. 924-932.
- [66] **IMEN , J. , ANDRE , L. , & MONGI , B. O.** Influence des sables de concassage à différents taux de filler sur les performances mécaniques des bétons , INVACO2 : Séminaire International , innovation & valorisation en génie civil & matériaux de construction , N ° : 10-311,2012 , p.1-7 .

[67] **COQUILLAT G, LESAGE (R.)** Laboratoire central des ponts et chaussées « cebtp » centre d'études du bâtiment et des travaux publics.

[68] **SADHOUARI, F, GOUFI, N, & GUEZZOULI, A.** Valorisation de l'utilisation des sables concassés par analyse des propriétés des mortiers et des bétons. SBEIDCO - 1st In : International conférence on sustainable built environment infrastructures in developing countries ENSET Oran (Algeria). 2009. p247-54

[69] **HACHAICHI SAMAH** « substitution du sable roulé par les sables concassés et le laitier granulats de hauts fourneaux » magister, université d'Annaba ,2008.

[70] **BEDERINA, M, MAKHLOUFI, Z, BOUNOUA, A, AND AL.** Effect of partial and total replacement of siliceous river sand with limestone crushed sand on the durability of mortars exposed to chemical solutions. Construction and Building Materials, 2013, vol. 47, p. 146-158.

[71] **Alshahwany,** « L'influence des fillers calcaires comme remplace partielle au sable sur les propriétés du béton à base agrégats de rivière ».

[72] **Kherbache et al** « les granulats produits par deux carrières de la wilaya de Bejaia »

[73] **LTIFI, M., BEN JAMAA, N., BEL HADJ ALI, N., AKROUT, K.** Etude comparative des bétons hydrauliques à base de sable siliceux et sable calcaire de concassage, Colloque CMEDIMAT, 2005. p.1-9

[74] **Ahmed E.Ahmed et Ahmed A.El-Kourid,** « l'influence des particules fines (fillers) de deux sables sur la performance du béton frais et durci ». L'Arabie-Saoudite

[75] **KUMAR, D. S, HUDSON, W. R.** Use of quarry fines for engineering and environmental applications. Spécial Report, Nat. Stone Association. Centre for Transportation Research, Univ. Of Texas, Austin, 1992 9.

[76] **MANASSEH, J. O. E. L.** Use of crushed granite fine as replacement to river sand in concrete production. Leonardo electronic journal of practices and technologies, 2010, no 17.p. 85.96,

[77] **AHMAD, S & MAHMOOD S. SHAHID,** Effects of crushed and natural sand on the properties of fresh and hardened concrete. In : 33rd Conférence on Our World in Concrete & Structures, Singapore 2008. p 25,27.

Introduction :

[78] barkat mohamed.2012 « effets des additions minérales et adjuvants fluidifiants sur le comportement rhéologique des mortiers et des bétons frais et durcis à base de sables des carrières ».

Les normes :

[EN 196-3, EN 196-7] : Détermination du temps de prise et de la stabilité.

[NF EN 196-2] : Analyse chimique des ciments.

[NF EN 933-1] : Analyse granulométrique.

[NF EN 12620] : Module de fines.

[NF EN 933-8] : L'équivalent de sable.

[NF EN 1097-7] : Masse volumique absolue.

[NF EN 1097-6] : Masse volumique apparente.

[NF P 18-555] : La teneur en l'eau.

[EN P 15 – 461] : La composition chimique du sable.

[NF EN 1097-6] : L'absorption d'eau.

[NF P18-591] : Propreté superficielle.

[NF EN 12350-2] : L'aplatissement.

[NF EN1097-2] : Los Angeles.

[NF EN 1097-1] : Micro-Deval.

[NF EN 934-2] : Adjuvants pour bétons.

[NF EN196-1] : Préparation de mortier.

[NF P15-471] : Résistance à la traction par flexion mortier.

[NF P 15-471] : Résistance à la compression mortier.

[NF EN 480-1] : Procédure de malaxage.

[NF P 18-451] : Essai d'affaissement au cône d'Abrams.

[NF EN 12350-7] : Essai La teneur en air.

[NF EN 12350-6] : La masse volumique du béton à l'état frais.

[NF P 12390-01] : Confection des éprouvettes.

[NF EN 12390-7] : La Masse volumique du béton à l'état durci.

[NF EN 12390-3] : La résistance à la compression.

[NF EN 12390-6] : La résistance à la traction par fendage.

[NF EN 12504-2] : La résistance avec scléromètre.

Tableau 1 : Classement de sable.

Quantité de sable	Module de finesse
Sable gros	$M_f > 2.5$
Sable moyenne	$2 < M_f < 2.5$
Sable fin	$1.5 < M_f < 2$
Sable très fin	$1 < M_f < 1.5$

Tableau 2 : Valeurs préconisées pour l'équivalent de sable par G. DREUX

PS	Nature et qualité du sable
< 60	Sable argileux risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité.
$60 \leq PS < 70$	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour béton de qualité quand on ne craint pas particulièrement de retrait.
$70 \leq PS < 80$	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.
$PS > 80$	Sable très propre l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

Tableau 3 : la qualité des granulats

Qualité des granulats	Dimension D des granulats		
	Fins ($D \leq 16$ mm)	Moyens ($25 \leq D \leq 40$ mm)	Gros ($D \geq 63$ mm)
Excellente	0.55	0.60	0.65
Bonne, courante	0.45	0.50	0.55
Passable	0.35	0.40	0.45

Tableau 4 : Abaque pour l'estimation de la quantité de ciment

Plasticité	Serrage	Affaissement A en cm	Nombre de choc test C.E.S
Béton très ferme	Vibration puissante	0 à 2	>60
Béton ferme	Bonne vibration	3 à 5	30 à 50
Béton plastique	Vibration courante	6 à 9	15 à 25
Béton mou	Piquage	10 à 13	10 à 15
Béton liquide	Léger piquage	≥ 14	< 10

Tableau 5 : Valeur du terme correcteur K

Vibration		Faible		Normale		Puissante	
Format des granulants		Roulé	Concassé	Roulé	Concassé	Roulé	Concassé
Dosage en ciment	400+f	-2	0	-4	-2	-6	-4
	400	0	2	-2	0	-4	-2
	350	2	4	0	2	-2	0
	300	4	6	2	4	0	2
	250	6	8	4	6	2	4
	200	8	10	6	8	4	6

Tableau 6 : coefficient de compacité γ

consistance	serrage	coefficient de compacité γ						
		Damx=5	Damx10	Damx12.5	Damx=20	Damx=31.5	Damx=50	Damx=80
Molle	Piquage	0.750	0.780	0.795	0.805	0.810	0.815	0.820
	Vibration faible	0.755	0.785	0.800	0.810	0.815	0.820	0.825
	vibration normale	0.760	0.790	0.805	0.815	0.820	0.825	0.830
plastique	Piquage		0.790	0.805	0.815	0.820	0.825	0.830
	Vibration faible	0.760	0.795	0.810	0.820	0.825	0.830	0.835
	vibration normale	0.770	0.800	0.815	0.825	0.830	0.835	0.840
	Vibration puissante	0.775	0.805	0.820	0.830	0.835	0.840	0.845
Ferme	Vibration faible	0.775	0.805	0.820	0.830	0.835	0.840	0.845
	vibration normale	0.780	0.810	0.825	0.835	0.840	0.845	0.850
	Vibration puissante	0.780	0.815	0.830	0.840	0.845	0.850	0.855



Photo 1 : Appareil micro-deval



Photo 2 : Appareil pour Essai Los Angeles



Photo 3 : les Tamis



Photo 4 : Moules d'éprouvettes de béton



Photo 5 : Appareil Vicat



Photo 6 : Appareil d'affaissement





50kg

Mokaouem
مقاوم بلوس Plus

ALGÉRIE



Ciment Portland

NA 442 - CEM I 42,5 N-SR3

Mokaouem est un ciment gris résistant aux sulfates, résultat de la mouture d'un clinker contenant un faible taux d'aluminate de calcium avec une proportion de gypse inférieure à celle d'un ciment portland composé.

Mokaouem
NA 442 - CEM I 42,5 N-SR3

Mokaouem NA 442 - CEM I 42,5 N-SR3 selon la NA 442 v 2013 et la EN 197-1) est conforme à la norme nationale NA 442 v 2013 et à la norme Européenne EN 197-1 avec un taux en C3A < 3%.

AVANTAGES PRODUIT



- Tout en étant un ciment de haute performance, **Mokaouem** protège la structure contre les agressions chimiques de l'environnement externe.
- Une meilleure durabilité pour les structures en béton.
- Une faible chaleur d'hydratation.

APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Les fondations et les structures à réaliser dans un milieu agressif
- Les travaux maritimes
- Les stations de dessalement et d'épuration
- Les travaux hydrauliques
- Les barrages et les digues de soutènement collinaires



FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment	Sable (sec)	Gravillons (sec)	Eau (litres)
Dosage pour béton	X 1	X7	X5 + X4	25 L

Remarque: un bidon = 10 Litres

Formulation de béton à suivre dans le cas de l'absence d'une étude délivrée par un laboratoire*

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

• Analyses chimiques

	Valeur
Perte au feu (%) (NA5042)	0,5 à 3 %
Teneur en sulfates (SO3) (%)	1,8 à 3
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1,2 à 3
Teneur en Chlorures (NA5042) (%)	0,01 à 0,05

• Temps de prise à 20° (NA 230)

	Valeur
Début de prise (min)	> 60
Fin de prise (min)	240 à 400

• Composition minéralogique

	Valeur
Taux d'aluminates C3A	<3,0%

• Résistance à la compression

	Valeur
2 jours (MPa)	≥10
28 jours (MPa)	≥42,5

• Propriétés physiques

	Valeur
Consistance Normale (%)	25 à 28
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231)	3200 à 3800
Retrait à 28 jours (µm/m)	< 1000
Expansion (mm)	<2,0
Chaleur d'hydratation	<270J/g

Ces valeurs sont données à titre indicatif et ne peuvent être considérées comme absolues

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

1- **PROTÉGEZ VOTRE PEAU** : Portez les équipements adaptés dans vos chantiers: casques, lunettes, gants, genouillères, chaussures et vêtements de sécurité.

2- **MANUTENTION** : levez le sac en pliant les genoux et en gardant le dos droit.



A member of
LafargeHolcim

Conditionnement:  / 

LAFARGE ALBÈRE

Centre commercial Bab Ezzouar, Tour n°02,
Etages 05 & 06, Bab Ezzouar Alger, Algérie
Tél: + 213 (0) 21 98 54 54
Fax: + 213 (0) 23 92 42 94
www.lafargealgerie.com
de.satisfaction-clients@lafargeholcim.com
Tél: 021 98 55 55

LAFARGE
لافارج



AMOUDA
CIMENT



أوتاد

إسمنت ذو كفاءة عالية
الخرسانة الجاهزة و مسبقة التصنيع،
التبليط و أشغال الطرقات.

تقديم

أوتاد إسمنت رمادي موافق للمعيار الجزائري NA 442 و المعيار الأوروبي EN 197-1.
أوتاد ملائم تماما للأشغال في الأجواء الحارة و نقل الخرسانة الجاهزة للإستعمال.
الصيغة المعيارية : NA 442-CEM III/ A-L 42.5 N
أوتاد منتج 100 % جزائري ينتج حصريا في مصنع أمودا للإسمنت بمنطقة "البيضاء".

التطبيقات / الإستعمالات

أوتاد موجه للإستعمال في الخرسانات الإنشائية حسب المعيار NA 16002 الموافق
للمعيار الأوروبي EN 206-1 في الأوساط غير العدوانية:

- منشآت بالإسمنت المسلح أو غير المسلح
- خرسانة ذاتية التسوية
- تبليط، أرضيات صناعية، أرضيات إسمنتية
- أساسات أو منشآت تحت أرضية
- أشغال الطرقات و الطرق الإسمنتية



Direction Generale et commerciale

Lotissement 202, Section 4, Zone d'activité
Amara, Chéraga, Alger.
Tél. : 023 30 55 15
Mob. : 0670 451 451
Fax : 023 30 55 14
E-mail : service.clients@amoudaciment.com





CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Propriétés chimiques :

- Bogue : C3A \leq 5 %
- NA 5042 [EN 196-2] : SO₃ \leq 3 %
- NA 5042 [EN 196-2] : Chlorure \leq 0.1 %

Propriétés physico-mécaniques :

- NA 230 [EN 196-3] : Temps de début de prise (DP) $>$ 40 mn
- NA 230 [EN 196-3] : Temps de fin de prise (FP) $>$ 240 mn
- NA 231 [EN 196-4] : Surface spécifique (SSB) : 3500 cm²/g
- NA 234 [EN 196-1] : Résistance à la compression (2 Jours) $>$ 10 MPa
- NA 234 [EN 196-1] : Résistance à la compression (28 Jours) $>$ 42.5 MPa

Ces données sont communiquées à titre indicatif et peuvent faire l'objet d'un changement en fonction des paramètres de production dans les limites des normes en vigueur.

CONSEILS AMOUDA CIMENT

Pour la réalisation des travaux en milieux non agressifs, béton armé ou non (Bâtiment, Ouvrages d'art, Voirie et chaussée en béton ...) préférez le ciment **AWTED**.
 Pour la réalisation des travaux de finitions (briquetage, crépissage ...) favoriser le ciment **AL IMRAN**.



Coordonnées usine
 28 km de Guelma (Sud Algérie)
 El-Bachra, village de L'Empireur
 Tél. : 020 274 302
 Fax : 020 27 30 88



MEDAFLOW 30

Conforme à la norme EN 934-2: TAB 1, TAB 3.1
ET TAB 3.2 NA 774.

**Super plastifiant
Haut réducteur d'eau**

DESCRIPTION

Le **MEDAFLOW 30** est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la troisième génération. Il est conçu à base de polycarboxylates d'Éther 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 superplastifiant, il permet de diminuer la teneur en eau du béton d'une façon remarquable.

Le **MEDAFLOW 30** ne présente pas d'effet retardateur.

DOMAINES D'APPLICATION

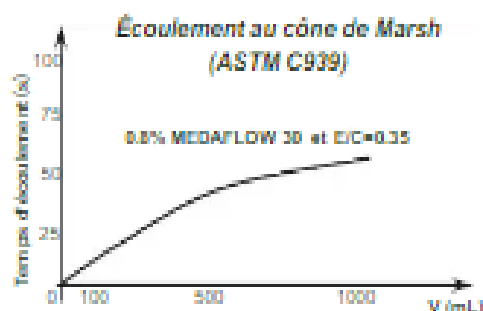
- Bétons à hautes performances
- Bétons auto - plaçant
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons architecturaux.

PROPRIÉTÉS

Grâce à ses propriétés le **MEDAFLOW 30** permet :

Sur béton frais :

- Obtention d'un rapport E/C très faible
- 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 (voir tableau).
- Diminuer la porosité
- Augmenter la durabilité
- Diminuer le retrait et le risque de fissuration

Désignation	Rc (MPa)		
	3J	7J	28J
MEDAFLOW 30 (1.4%)	39.2	54.7	62.2

CARACTÉRISTIQUES

- Aspect Liquide
- Couleur Brun clair
- pH 6 - 6,5
- Densité $1,07 \pm 0,01$
- Teneur en chlore $< 0,1$ g/l
- Extrait sec 30%

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.

DOSAGE

Plage de dosage recommandée :

0,5 à 2,0 % du poids de ciment soit 0.48 à 1.85 litre pour 100 Kg de ciment.

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

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Les renseignements donnés dans cette notice sont basés sur notre connaissance et notre expérience à ce jour. Il est recommandé de procéder à des essais de convenance pour déterminer la fourchette d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier.

