

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GENIE CIVIL



DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE
SFILIERE : GENIE CIVIL
OPTION: MATERIAUX

N°

Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique

Par:
Laïb Manal
Ouadah Houda

Intitulé :

**Confection d'un béton à base d'un pourcentage de
sciure de bois en vue de son utilisation dans
l'isolation thermique et phonique**

Encadreur Dr. ZITOUNI Salim

Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Soutenu devant le jury composé de :

.....

Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Président

.....

Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Examineur

Année universitaire : 2024/2025

Remerciement

Tout d'abord nous tenons à remercier Dieu de nous avoir donné la force, la volonté et la santé pour réaliser ce mémoire.

Ce travail a été effectué sous l'encadrement du docteur **SALIM ZITOUNI**. On le remercie vivement pour son encadrement brillant, pour ses conseils et sa disponibilité tout le long de ce travail. C'est grâce à dieu et à notre encadreur que ce travail a pris le bon chemin.

Nous le remercions chaleureusement. Nous remercions d'une façon particulière nos familles pour leur soutien et leur encouragement ainsi que nos amis. Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de prêt et de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

الحمد لله حبا وامتناناً على البدء والختام

لم تكن الطرق سهلة ولم أكن بذات الصبر كل مرة، ولم تقف الظروف معي في طريقي لكنني أكملت المسير و صبرت و مشيت الطرق رغم وصعوبتها... لأنني كنت أثق بالله ثم بقدرتي على ذلك

إلى جنتي أُمي أهديك نجاحي و تخرجي فما كان ليتحقق لولا توفيق الله ثم رفعة كفيك بعد كل صلاة

إلى الذي علمني أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة، إلى من أحمل اسمه بكل افتخار إلى أعظم أعز رجل في الكون إلى

. أبي الغالي

لكل من كان عوناً وسنداً في هذا الطريق... للأصدقاء الأوفياء ورفقاء السنين الأصحاب الشدائد والأزمات الى من أفاضني بمشاعره ونصائحه المخلصة اليكم عائلتي الموقرة أخواتي إخوتي

لكل من كان عوناً وسنداً في هذا الطريق... للأصدقاء الأوفياء ورفقاء السنين الأصحاب الشدائد والأزمات الى من أفاضني بمشاعره ونصائحه المخلصة

اليكم عائلتي .

Dédicace

بكل الحب والامتنان

أهدي هذا العمل المتواضع إلى:

أبي الحبيب،

رمز الصبر والتضحية، وسندي الأول في الحياة، من علّمني أن الطريق إلى النجاح يبدأ بخطوة وثقة بالله.

أمي الغالية،

نبع الحنان، وعطر الحياة، من كانت دعواتها سر راحتي وتوفيقي.

إخوتي وأخواتي الأعزاء،

الذين كانوا دائماً العون والدافع، وسنداً لا يُعوّض.

أساتذتي الكرام،

الذين لم يخلوا علينا بعلمهم وتوجيهاتهم، وكانوا نبراساً ينير طريقنا.

زملائي وأصدقائي،

رفقاء الدرب، من تقاسموا معي التعب، والسهر، والفرح، والنجاح.

إلى كل من آمن بي، ودعمني، وشجعني،

أهديكم هذا العمل، راجية من الله أن يكون عند حسن ظنكم، وبداية لمشوار مليء بالعطاء والنجاح.

Résumé

Au fil des siècles, l'homme a œuvré pour développer une nouvelle génération de béton, en intégrant des matériaux naturels souvent considérés comme des déchets, tels que la sciure de bois, dans sa composition. La mise au point de ce type de béton requiert une évolution constante de sa formulation, un contrôle rigoureux de ses propriétés rhéologiques ainsi qu'une connaissance approfondie des caractéristiques des matériaux utilisés.

Trois dimensions fondamentales doivent être prises en compte dans l'élaboration de cette nouvelle formule : l'aspect économique, l'aspect environnemental et l'aspect technologique, afin d'aboutir à un produit innovant et performant.

Dans la première partie de notre étude expérimentale, nous avons examiné les propriétés physiques, chimiques et mécaniques des matériaux locaux employés, dans le but de concevoir un mélange cohérent, aux performances reconnues sur le plan international.

Notre objectif principal est de produire un béton ayant une résistance mécanique satisfaisante tout en assurant une isolation thermique et acoustique efficace, grâce à l'incorporation de la sciure de bois en proportions étudiées.

Par ailleurs, notre recherche vise à développer cette formulation de béton à base de sciure de bois pour des applications potentielles au-delà du seul domaine du bâtiment.

La seconde partie de notre travail est consacrée à une recherche documentaire approfondie sur le sujet, afin de consolider notre approche expérimentale et enrichir notre compréhension globale du thème traité.

Abstract

Over the centuries, man has worked to develop a new generation of concrete, incorporating natural materials often considered waste, such as sawdust, into its composition. The development of this type of concrete requires constant evolution of its formulation, rigorous control of its rheological properties and in-depth knowledge of the characteristics of the materials used.

Three fundamental dimensions must be taken into account in the development of this new formula: the economic aspect, the environmental aspect and the technological aspect, in order to achieve an innovative, high-performance product.

In the first part of our experimental study, we examined the physical, chemical and mechanical properties of the local materials used, with the aim of designing a consistent mix with internationally recognized performance.

Our main objective is to produce a concrete with satisfactory mechanical strength while ensuring effective thermal and acoustic insulation, thanks to the incorporation of sawdust in studied proportions.

In addition, our research aims to develop this sawdust-based concrete formulation for potential applications beyond the building industry.

The second part of our work is devoted to an in-depth literature search on the subject, in order to consolidate our experimental approach and enrich our overall understanding of the topic.

ملخص

لقد عمل الإنسان على مر القرون على تطوير جيل جديد من الخرسانة التي تدمج في تركيبها مواد طبيعية غالبًا ما تعتبر من النفايات، مثل نشارة الخشب. ويتطلب تطوير هذا النوع من الخرسانة تطويرًا مستمرًا لصياغته، ومراقبة صارمة لخصائصه الانسيابية ومعرفة متعمقة بخصائص المواد المستخدمة.

يجب مراعاة ثلاثة جوانب أساسية في تطوير هذه التركيبة الجديدة: الجانب الاقتصادي، والجانب البيئي والجانب التكنولوجي، من أجل إنتاج منتج مبتكر عالي الأداء.

في الجزء الأول من دراستنا التجريبية، قمنا بفحص الخواص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية للمواد المحلية المستخدمة، بهدف تصميم مزيج متماسك بأداء معترف به دوليًا.

ويتمثل هدفنا الرئيسي في إنتاج خرسانة ذات قوة ميكانيكية مرضية مع توفير عزل حراري وصوتي فعال، وذلك بفضل دمج نشارة الخشب بنسب مدروسة.

وبالإضافة إلى ذلك، يهدف بحثنا إلى تطوير هذه التركيبة الخرسانية القائمة على نشارة الخشب للتطبيقات المحتملة خارج نطاق صناعة البناء والتشييد.

أما الجزء الثاني من عملنا فهو مخصص للبحث التوثيقي المتعمق في هذا الموضوع، من أجل تعزيز نهجنا التجريبي وإثراء فهمنا العام للموضوع.

Table des matières

Remerciement	I
Dédicace	II
Dédicace	III
Résumé	IV
Abstract	V
ملخص	VI
Table des matières	VII
Liste des tableaux	VII
Liste des figures	VII
Introduction générale	2
CHAPITRE I : REVUE DOCUMENTATION	
I.1. Introduction	5
I.1.1.HISTORIQUE	5
I.1.2.Définition	5
I.2.Les Constituants Du Béton	6
I.2.1. Les granulats	6
I.2.2. Le sable	11
I.2.3 Le ciment	14
I.2.4 L'eau de gâchage	19
I.3. Rôle des différents éléments constituant le béton	19

I.4. Propriétés des bétons	19
I.4.1. Propriétés des bétons frais	19
I.4.1. 1. Affaissement au cône d'Abrams	20
I.4.2. Propriétés du béton durci	20
I.4.2.1. Résistance à la compression	21
I.5. La formulation de béton	21
I.5.1. Méthodes semi-empiriques	22
I.5.2. Méthodes graphiques	22
I.5.2.1. Méthode de Dreux-Gorisse	23
I.6. Quelques matériaux naturels	23
I.6.1. Le bois	26
I.6.1.1. Les propriétés du bois	27
I.6.2. Le bois de construction: un puits de carbone ?	28
I.6.3. Le bois matériau composite naturel	28
I.6.3.1. La fibre	29
I.6.3.2. Les fines	29
I.7. Isolation thermique et phonique	29
I.7.1. Isolation thermique	29
I.7.2. Isolation phonique	30
Conclusion	30
Chapitre II : Caractéristiques des Matériaux	
II.1. Introduction	33
II.2. Matériaux utilisés	33

II.3. Caractéristiques principales des matériaux utilisés	33
II. 3.1. Sable	33
II.3.1.1. Type de sable utilise	33
II.3.1.1.1. Sable de Djamaâ (oued Souf)	33
II.3.1.1.1.1. Masse volumique absolue	35
II.3.1.1.1.2. Masse Volumique Apparente	35
II.3.1.1.1.3. Porosité	36
II.3.1.1.1.4. Compacité	36
II.3.1.1.1.5. L'indice des vides	36
II.3.1.1.1.6. Equivalent de sable	37
II.3.1.1.1.7. Analyse granulométrique	39
II.3.1.1.1.8. Le module de finesse	42
II.3.1.1.2. Sable Concassé	43
II.3.1.1.2.1. Masse volumique absolue	43
II.3.1.1.2.2. Masse volumique apparente	44
II.3.1.1.2.3. Porosité	45
II.3.1.1.2.4. Compacité	45

II.3.1.1.2.5. L'indice des vides	45
II.3.1.1.2.6. Analyse granulométrique : [NF P 18-304].	46
II.3.1.1.2.7. Module de finesse	48
II.3.1.1.2.8. Equivalent de sable (la norme NF P 18 -598)	48
II. 3.2. Gravier	50
II.3.2.1. Type de gravier utilise	50
II.3.2.1.1. Gravier concassé	50
II.3.2.1.1.1: Origine de gravier	50
II.3.2.1.1.2. Classes granulaires	50
II.3.2.1.1.3. Résistance à la compression de la roche d'origine	50
II.3.2.2. Caractéristiques physiques du gravier utilisé	50
II.3.2.2.1 Masses volumiques absolues	50
II.3.2.2.2. Masse volumique apparent	51
II.3.2.2.3. Porosité, compacité et indice des vides : NF P 18-554	52
II.3.2.2.4. Analyse granulométrique	53
II.3.2.2.5. Les caractéristiques mécaniques des graviers utilisés	55

II.3.2.2.6. Essai de résistance au choc (Essai Los Angeles) : NF P18-573.	55
II.3.2.2.6.1. Principe de l'essai	55
II.3.2.2.6.2. Formulation	56
II.3.2.2.6.3. Classification	56
II.3.2.2.7. Caractéristiques chimiques des graviers concassés	57
II. 3.3. Ciment	57
II.3.3.1. Type de ciment utilise	57
II.3.3.1.1. Ciment Matine 42.5	57
II. 3.4. Sciure de bois	58
II. 3.4.1. Capacité d'absorption	58
II.3.4.2. L'adjuvant : super plastifiant Le MEDAFLOW 30/30	59
II.3.4.2.1. DESCRIPTION	59
II. 3.4.2.2. Propriétés	59
II.3.4.2.3. Mode D'emploi	60
II.3.4.2.4. Dosage	60
II. 3.5. L'eau de gâchage	61

II. 3.5.1 Caractéristique chimiques de l'eau utilise	61
II.4. Calcul de la proportion des constituants	62
II.4.1 Formulation du béton Méthodes de Dreux Gorisse	62
II.5. Performances des bétons à l'état frais et à l'état durci	72
II.5.1 Affaissement au cône d'Abrams	72
II.5.2 Résistance à la compression	73
II.6. Conclusion	75
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS	
III.1 Introduction	77
III.2. Objectif de la recherché	77
III.2.2Affaissement	77
III.3. Béton a l'état durci	78
III.3.1. La masse volumique à l'état durci des mélanges de béton	78
III.3.2: Résistance à la compression des différents mélanges	80
III.3.3 Mesure de la résistance à la traction (7, 14, 28) j	82
III.4. Conclusion	83
Conclusion générale	

Liste des Tableaux

CHAPITRE I : REVUE DOCUMENTATION

Tableau I.1: Classification des sable suivant les valeurs de module de finesse.	13
Tableau I.2: Valeur préconisée pour l'équivalent de sable.	14
Tableau I.3: Les différents ciment et les proportion en masse de leur constituants.	16
Tableau I.4: Classes en fonction de la résistance normale à 28 jours.	17
Tableau I.5: Spécification des classe de consistance.	18
Tableau I.6: Valeur de coefficient du A.	20
Tableau I.7: Valeur de G coefficient granulaire.	21
Tableau I.8: Valeur du terme correcteur K.	23
Tableau I.9: Coefficient de compacité.	24
Tableau I.10: Exemple de densité et porosité du bois.	24
Tableau I. 11: Conductivité thermique des différents types de béton légers.	27

CHPITRE II : CARACTEISTIQUES DES MATRIAUX

Tableau II 1: Masse volumique absolue du sable de Djamaâ.	32
Tableau II 2: Masse volumique apparente du sable de Djamaâ.	33
Tableau II 3: Porosité compacité et indice des vides.	34
Tableau II 4: Equivalente du sable de Djamaâ.	35
Tableau II 5: Comparaison des résultats.	35
Tableau II 6: Analyse granulométrique du sable.	37

Tableau II 7: Masse volumiques absolue du sable concassé.	40
Tableau II.8: Masse volumiques apparente du sable concassé.	41
Tableau II 9: Porosité; compacité et indice des vides (sable concassé).	42
Tableau II 10: Analyse granulométrique du sable concassé.	42
Tableau II 11: Résultats de l'équivalent du sable (sable concassé).	44
Tableau II.12: Masse volumiques absolue des fraction 3/8 et 8/16 de gravier.	46
Tableau II.13: Masse volumique apparent des fraction 3/8 et 8/16 de gravier.	47
Tableau II.14: Porosité; Compacité et Indice des vides.	47
Tableau II.15: Analyse granulométrique du gravier concassé 3/8.	48
Tableau II.16: Analyse granulométrique du gravier concassé 8/16.	49
Tableau II.17: Caractéristiques mécanique du gravier utilisé.	50
Tableau II.18: Classification des roches en fonction du coefficient LA.	51
Tableau II.19: Analyse chimique de la pierre concassé.	51
Tableau II.20: Les caractérisation de ciment Matine 42.5.	52
Tableau II.21: Les teneurs des éléments de composition le ciment Matine 42.5.	52
Tableau II.22: L'adjuvant: super plastifiant MEDAFLOW 30/30.	55
Tableau II.23: Caractéristique Chimique d'eau.	56
Tableau II 24: Valeurs de G coefficient granulaire.	57
Tableau II.25: Formulation des différentes mélanges testés : Pour préparer $1m^3$	60

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau III. 1: Variation de l'affaissement en fonction du type de béton.	68
--	----

Tableau III. 2:La masse volumique à l'état durci des mélanges de béton.	69
Tableau III. 3: Résistance à la compression à l'état durci des différents bétons étudiés.	71
Tableau III. 4: résistance à la traction par flexion (7j, 14j, 28j).	73

Liste des figures

CHAPITRE I : REVUE DOCUMENTATION

Figure I.1:Différents type de granulats selon leur diamètre.	8
Figure I.2: Forme d'un granulat.	9
Figure I.3:Modèle de la morphologie de l'auréole de transition d'un béton ordinaire.	11
Figure I.4: Équivalent de sable.	13
Figure I.5:Essai d'affaissement eau cône d'Abram.	18
Figure I.6: Dosage en Ciment.	22
Figure I.8: Bois naturel.	24

CHPITRE II : CARACTEISTIQUES DES MATRIAUX

Figure II. 1: Le sable deDjamaâ.	31
Figure II. 2: L'essai de Masse volumique absolu.	31
Figure II. 3:L'essai de Masse volumique apparent.	32
Figure II. 4: L'essai l'équivalent de sable.	36
Figure II. 5: Appareil de l'analyse granulométrique.	36
Figure II.6: La courbe granulométrique du sable de Djamaâ.	38

Figure II. 7: Le sable concassé.	39
Figure II. 8: Appareil de l'analyse granulométrique.....	42
Figure II. 9: Courbe granulométrique du sable concassé.	43
Figure II. 10: La courbe granulométrique du sable concassé 3/8.....	48
Figure II. 11:La courbe granulométrique du sable concassé 8/16.....	49
Figure II. 12: Appareil de l'essai Los Angeles.	50
Figure II. 13: Ciment Matine 42,5.....	52
Figure II. 14: Scuire de bois.	53
Figure II. 15: L'adjuvant: super plastifiant MEDAFLOW 30/30.....	53
Figure II. 16: Taux de saturation par MEDAFLOW 40.....	55
Figure II. 17: L'adjuvant super plastifiant MEDAFLOW 30/30.....	56
Figure II.18: Machine d'essai de compression et Les moules 10*10*10 cm.....	65

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Figure III.1: Variation de l'affaissement du béton.	68
Figure III. 2: masse volumique des mélanges de béton à 7 jours.....	69
Figure III. 3: masse volumique des mélanges de béton à 14 jours.....	70
Figure III.4: masse volumique des mélanges de béton à 28 jours.....	70
Figure III.5: Résistance à la compression à l'état durci des déferents bétons étudiés.	71
Figure III.6: Résistance à la compression à l'état durci des déferents bétons étudiés.	72
Figure III.7: Résistance à la compression à l'état durci des déferents bétons étudiés.	72
Figure III.8: résistance à la traction par flexion (7j, 14j, 28j).	73

Introduction générale :

Introduction Générale :

Le béton est l'un des matériaux les plus couramment utilisés dans les travaux de voirie et de construction, en raison de ses nombreuses qualités telles que sa facilité de mise en œuvre, sa rigidité, sa résistance à la compression ainsi que sa bonne tenue au feu.

On distingue plusieurs types de béton, parmi lesquels le béton hydraulique, le béton fibré, et le béton précontraint. Matériau hétérogène par nature, le béton présente des propriétés physico-chimiques et mécaniques relativement complexes. Il est essentiellement composé de granulats, de ciment et d'eau de gâchage, chaque composant jouant un rôle bien déterminé dans la formulation du mélange. Plusieurs types de bétons sont apparus ces dernières années ; Les bétons ordinaire (BO), les bétons à haute performance (BHP), les bétons à très haute performance (BTHP), les bétons de fibre métalliques (BFM) et les bétons autoplaçants (BAP).

Le béton est un matériau de construction composé principalement de ciment, de cendres, de gravier, de calcaire et de granit. Certaines variantes peuvent également contenir du sable, des adjuvants chimiques et de l'eau.

Le béton à base de sciure de bois est, quant à lui, constitué de ciment, de sable et de sciure de bois de différentes qualités. Ce type de béton se distingue par sa légèreté, due à la faible densité de la sciure, qui agit comme matériau de remplissage. Son utilisation est particulièrement avantageuse lorsque le coût est un facteur important. Ce béton est généralement employé comme matériau isolant, ainsi que dans la fabrication de blocs de construction ou de murs porteurs et non porteurs. L'intégration de la sciure de bois, issue des déchets végétaux, dans l'industrie du béton représente une alternative écologique et économique.

Le premier chapitre introduit une synthèse bibliographique a été réalisée dans le premier chapitre de ce mémoire pour introduire cette étude et donner un aperçu ou une introduction à ce travail pratique en mettant en évidence un aperçu du béton, de ses usages et de ses différents types, l'historique de son utilisation dans l'ensemble de monde, et les moyens les plus importants de le développer. Comme notre travail, dans lequel nous étudions l'effet de l'incorporation de sciure de bois avec deux types de sable (sable de Djamaa , sable concassé) et de ciment, et de gravier concassé ceci pour obtenir des résultats positifs en obtenant un béton plus léger et plus résistant au feu que de nombreux autres matériaux de construction et pratique dans son utilisation.

Le deuxième chapitre présente la partie expérimentale de ce travail, consacré à la présentation et à la caractérisation des matériaux d'étude ainsi qu'à la procédure expérimentale d'élaboration de nos composites sciure de bois mettant en évidence les différentes techniques utilisées pour la caractérisation de notre composite.

Dans le troisième chapitre de notre mémoire, nous présentons les essais expérimentaux réalisés sur le béton, ainsi que les résultats obtenus à partir de six formulations différentes. Chaque formulation contient un pourcentage variable de sciure de bois (**0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % et 50 %,60%,70%,80%**), incorporée dans le but d'atteindre une composition

homogène entre le ciment, le sable, le gravier et la sciure. Ces essais ont été menés sur des éprouvettes à différents âges (**7 jours, 14 jours et 28 jours**) afin d'évaluer l'évolution des propriétés mécaniques du béton dans le temps. Les résultats expérimentaux concernant la résistance à la compression et à la traction ont été analysés et comparés, dans le but de concevoir un béton allégé présentant de meilleures performances mécaniques.

Chapitre I

Revue Documentation

CHAPITRE I : REVUE DOCUMENTATION

I.1. Introduction

I.1.1. Historique

Le mélange de chaux, d'argile, de sable et d'eau est très ancien. Les Égyptiens l'utilisaient déjà aux alentours de -2600: un des mortiers les plus anciens est celui de la pyramide d'Abou Rawash, qui fut probablement érigée sous la IV^e dynastie. [1]

Joseph Aspdin, un inventeur britannique[2] a mis au point un ciment portland en 1824, qui est désormais la technique la plus fréquemment utilisée pour produire du béton.

Au cours de la seconde moitié du 19^{ème} siècle, l'utilisation initiale de l'acier dans le béton pour la structure des édifices par Joseph Monier (1849), jardinier à l'Orangerie de Versailles, marque l'avènement du béton armé. Cette technique va s'épanouir dans le domaine de la construction au 20^{ème} siècle, en particulier grâce aux recherches sur les systèmes de construction en béton armé menées par François Hennebique.[3]

Selon la définition du béton, qui est un mélange de liant et de granulats, son utilisation remonte à la haute Antiquité (3000 à 700 avant J.-C.), comme en témoignent les mélanges d'argile en Mésopotamie. Cependant, ce matériau se décomposant rapidement, rares sont les traces qui témoignent de son utilisation. Le béton « véritable », tel que nous le comprenons actuellement, à savoir un mélange de ciment et de granulats, était déjà utilisé du temps des Romains : les nombreux édifices de la Rome antique toujours visibles attestent de la solidité de leurs structures.[4]

I.1.2. Définition :

Le béton est un assemblage de matériaux de nature généralement minérale. Il met en présence des matières inertes, appelées granulats ou agrégats (graviers, gravillons, sables, etc.), et un liant (ciment, bitume, argile), c'est-à-dire une matière susceptible d'en agglomérer d'autres ainsi que des adjuvants qui modifient les propriétés physiques et chimiques du mélange. Mêlé à de l'eau, on obtient une pâte, à l'homogénéité variable, qui peut, selon le matériau, être moulée en atelier (pierre artificielle), ou coulée sur chantier. Le béton de ciment fait prise, c'est-à-dire qu'il se solidifie (phénomène improprement dénommé séchage»: l'eau ne s'évacue pas, elle réagit avec les autres composants du ciment pour former une roche solide).[5]

Après la mise au point du bloc de bauge mécanisée, testé thermiquement dans le cadre d'une architecture climatique [6] et actuellement commercialisé, le développement de procédés d'allégement des pâtes argile-ciment a permis les premières avancées dans la fabrication des bétons argileux légers[7] Leur utilisation pour l'isolation et la climatisation est actuellement à

l'étude. Quant au béton de bois, il s'agit d'un matériau issu de la combinaison du ciment et de granulats de bois (fibres, copeaux, baguettes, etc.), offrant des propriétés remarquables en termes de légèreté, d'isolation thermique, d'absorption acoustique et de régulation hygrométrique. Ces qualités en font un matériau de choix pour la construction de logements et de bâtiments industriels.[8]

I.2-Les Constituants Du Béton :

I.2-1-Les granulats:

La majeure partie des définitions concernant les granulats est tirée de la norme XP P 18-540[9] Un granulat se définit comme un groupe de particules allant de 0 à 125 mm, utilisé entre autres pour la fabrication de mortiers, de bétons, des couches de fondation et de base, ainsi que pour le liant et le roulement des routes, les couches et ballast des voies ferrées, sans oublier les remblais.[10]

Les granulats, comme le sable, les gravillons et la pierre concassée, sont des matériaux inertes constituant l'ossature du béton. Dans la formulation des bétons, il est préférable, pour des raisons économiques et techniques, d'utiliser des matériaux locaux. En général, les sables et gravillons naturels alluvionnaires, obtenus par criblage et parfois par concassage, offrent des performances satisfaisantes, tout comme les roches éruptives ou sédimentaires concassées. L'utilisation de granulats artificiels légers, tels que l'argile expansée, les schistes expansés ou les laitiers concassés, permet d'obtenir des bétons à densité réduite. Par ailleurs, les granulats ne sont pas totalement inertes ; leurs propriétés physiques, thermiques et, dans certains cas, chimiques influencent les performances du béton. Un bon choix des granulats garantit une meilleure stabilité volumique et une durabilité accrue du béton. [11]

2-Les différents types de granulats :

2-1-Les granulats naturels:

Les granulats naturels proviennent de deux sources principales : les carrières de roches massives et les gisements alluvionnaires. D'un point de vue géologique, ils se répartissent en trois types de roches :

Roches éruptives: granites, basaltes, porphyres.

Roches sédimentaires : calcaires, grès, quartzites.

Roches métamorphiques : gneiss, amphibolites.

Leur composition minéralogique permet de distinguer trois grandes familles : les roches calcaires, les roches siliceuses et les roches silico-calcaires. [12]

2-2-Les granulats artificiels :

Les granulats d'origine artificielle sont obtenus par expansion thermique de matériaux tels que l'argile, les schistes, les laitiers, les cendres volantes et le verre. En raison de leur forte porosité, ils présentent une absorption d'eau importante (entre 10 et 15 %), un facteur à prendre en compte lors de leur utilisation [13] Ces granulats possèdent des propriétés intéressantes en termes de résistance, d'isolation et de légèreté. Les plus couramment utilisés sont le laitier, l'argile et le schiste expansé, avec des masses volumiques variant de 400 à 800 kg/m³ selon leur nature et leur granulométrie. Ils sont adaptés aussi bien à la production de bétons de structure qu'à celle de bétons offrant une bonne isolation thermique.[14]

2-3 Les granulats recyclés:

Le granulat recyclé est un matériau obtenu à partir de la transformation de déchets inorganiques issus de la construction. Cette catégorie inclut notamment le béton concassé et le fraisât d'enrobés bitumineux. [15]

Les déchets pouvant être recyclés en granulats comprennent le béton, les pierres, les tuiles, les céramiques, les briques, les carreaux, ainsi que les enrobés bitumineux exempts de goudron. Bien que l'amiante soit considérée comme un déchet inerte, son utilisation est interdite pour des raisons de santé.[16] [15]

3- Caractéristiques des granulats:

a) Granulométrie:

La granulométrie sert à mesurer la variation des dimensions des particules dans un gravier. Selon cette procédure, les granulats sont triés à l'aide de différents tamis au maillage carré, dont la taille des ouvertures diminue progressivement. Par la suite, le résidu est pesé sur chaque tamis. Les tamis possèdent des perforations carrées normalisées allant de 0,08 mm à 80 mm. La courbe granulométrique illustre les proportions globales, en termes de poids, des particules qui traversent les divers tamis. Il est possible d'évaluer les courbes de granulométrie des différents agrégats en recourant à l'analyse granulométrique (NF P 18-560). [17]

Classes granulaires :

Les granulats sont classés en fonction de leur dimension à l'aide de tamis à mailles carrées et de passoirs à trous circulaires. Chaque classe de granulats est identifiée par un ou deux chiffres : si un seul chiffre est indiqué, il correspond au diamètre maximal D en millimètres ; si deux chiffres sont donnés, le premier représente le diamètre minimal d des grains et le second le diamètre maximal D. D'un point de vue granulaire, un granulat est défini par sa classe d/D. Lorsque d est inférieur à 2 mm, le granulat est désigné par 0/D. Selon la norme NFP18-101, on distingue cinq catégories principales de granulats en fonction de leurs dimensions extrêmes d et D.[17]

- Les finés 0/D avec $D \leq 0,08$ mm
- Les sables 0/D avec $D \leq 6,3$ mm

- Les gravillons d/D avec $d \geq 2$ mm et $D \leq 31,5$ mm

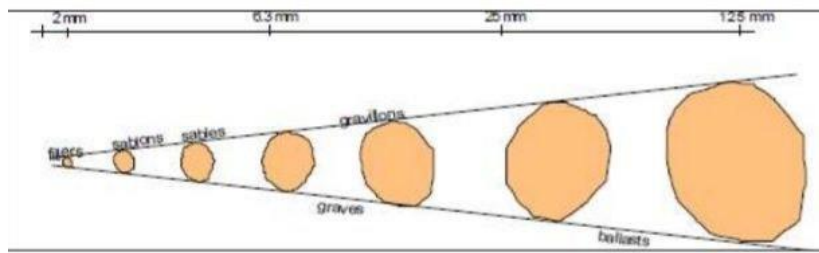


Figure I.1: Différents type de granulats selon leur diamètre.

c) Les ca Forme des granulats :

1) Coefficient volumétrique:

Pour un grain, c'est le rapport entre son volume v et la sphère qui lui est circonscrite de diamètre d , où d représente la dimension maximale du grain. Pour une donnée :

$$C = \frac{v}{\pi \frac{d^3}{6}}$$

Pour un granulat constitué d'un ensemble de grains :

$$C = \frac{\sum v}{\sum \pi \frac{d^3}{6}} = \frac{v}{\frac{\pi}{6} \sum d^3}$$

Un coefficient faible correspond à un granulat présentant un certain nombre d'éclats et d'aiguilles. Un coefficient élevé correspond à un granulat dit : "cubique" ou "arrondi".

2) La forme:

Une bonne forme des granulats est essentielle pour éviter une diminution de la résistance des bétons, due au risque d'apparition de plans de glissement potentiels. La forme d'un granulat est définie par ses trois principales dimensions : l'épaisseur (E), la grosseur (G) et la longueur (L).

Pour différents usages, il est recommandé d'utiliser des granulats aussi isotropes que possible. Une forme compacte des granulats est particulièrement préconisée pour une utilisation dans le béton. [12]

3) Le coefficient d'aplatissement "A" :

Le coefficient d'aplatissement caractérise la forme des granulats dont la dimension est comprise entre 4 et 80 mm, en fonction des paramètres G et E . Il est défini comme le pourcentage d'éléments vérifiant la condition $G/E > 1,58$ [18], où :

G: représente la petite arête, **E** : correspond à l'épaisseur.

La détermination du coefficient d'aplatissement s'effectue conformément à la norme NF EN 933-3 [19] Un gravillon ayant une forme défavorable (plate ou allongée) présente un coefficient d'aplatissement élevé, généralement compris entre 20 et 40 %. En revanche, un gravillon de forme favorable (sphérique, cubique ou nodulaire) affiche un coefficient d'aplatissement généralement situé entre 5 et 20 %.

4) Angularité:

L'angularité des granulats est traditionnellement évaluée à l'aide des indices et du rapport de concassage. Toutefois, elle peut également être mesurée par le temps d'écoulement d'un certain volume de granulats à travers un orifice donné, permettant ainsi de déterminer un coefficient d'écoulement des gravillons. Cette approche s'applique également aux sables, avec une méthodologie identique, la seule différence résidant dans les dimensions de l'appareillage de mesure[12]

d) Les masses volumiques :

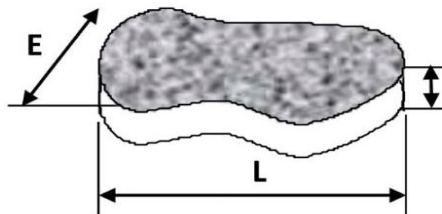


Figure I.2: Forme d'un granulats.

Les masses volumiques des granulats sont définies et déterminées suivant les normes: NF P 18-554, 18-555, 18-558, EN 1097-3, EN 1097-6. [20]

La masse volumique apparente:

est le rapport entre la masse sèche de l'échantillon et le volume de la matière solide qui le compose, en incluant les pores intergranulaires. La masse du granulats sec occupant une unité de volume dépend du tassement des grains. Elle varie entre 1400 kg/m^3 et 1600 kg/m^3 pour les granulats roulés silico-calcaires. En revanche, la masse volumique réelle du granulats, excluant les vides entre les grains, est nettement plus élevée, allant de 2500 à 2600 kg/m^3 . [21]

La masse volumique absolue:

est le rapport entre la masse sèche de l'échantillon et le volume de la matière solide qui le compose, en excluant les pores.

Il existe trois méthodes généralement utilisées pour déterminer ces masses volumiques, en fonction de la précision recherchée et de la nature du granulats :

-Méthode de l'éprouvette graduée.

-Méthode de mesure au pycnomètre : La masse des particules solides est déterminée par pesée, tandis que le volume est mesuré à l'aide d'un pycnomètre.

-Méthode de pesée hydrostatique : Cette méthode permet également de déterminer les volumes apparents après paraffinage du matériau ou par graissage.

e) Influence de la porosité (P) :

La porosité correspond au rapport entre le volume des vides susceptibles d'être remplis d'eau et le volume total d'un échantillon de granulats. Sa mesure est réalisée conformément aux normes "NF P18 554, EN 1097-3" [22][23]. La présence de pores internes dans les granulats est directement liée à leur densité. Certains pores sont entièrement enfermés à l'intérieur des granulats, tandis que d'autres sont ouverts à la surface.

$$P\% = \left(1 - \frac{\rho_{app}}{\rho_{abs}}\right) * 100$$

f) Résistance à la fragmentation des gravillons :

La résistance à la fragmentation est évaluée à l'aide du coefficient Los Angeles. Cet essai permet de mesurer la résistance des granulats aux chocs et à l'usure par frottement réciproque. Il consiste à faire tourner les granulats dans un tambour fermé contenant des boulets métalliques. Le coefficient Los Angeles exprime la proportion de particules fines générées au cours de l'essai. Plus cette valeur est faible, plus la résistance des gravillons est élevée.

g) Coefficient d'absorption d'eau :

Le coefficient d'absorption d'eau (Ab) caractérise la capacité d'un granulat à absorber l'eau. Plus sa valeur est élevée, plus le matériau est poreux et absorbant.

h) Teneur en eau (W %) :

La teneur en eau correspond au rapport entre la masse d'eau contenue dans l'échantillon et la masse sèche de celui-ci.[12]

i) Réactivités aux alcalis (caractéristique chimique) :

Sous des conditions peu propices (granulats comportant une fraction importante de silice réactive à l'alcalin dans un milieu riche en alcalins) et en présence d'humidité, les réactions avec l'alcali peuvent entraîner une dilatation du béton. On classe les granulats en trois catégories : non réactifs (NR), potentiellement réactifs (PR), ou potentiellement réactifs avec un effet de pessimum (PRP).

j) L'interface pâte de ciment/granulat :

Selon Maso (1980), lors de l'hydratation du ciment, un lien se forme entre la pâte de ciment et les granulats, donnant naissance à une zone spécifique appelée "auréole de transition" ou interface pâte/granulats. Cette zone est décrite par plusieurs modèles [24] La Figure I.3 illustre notamment le modèle proposé par [25] pour un béton classique.

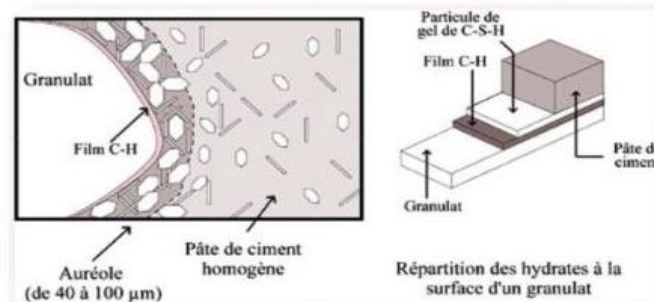


Figure I.3:Modèle de la morphologie de l'auréole de transition d'un béton ordinaire.

La qualité de la zone de transition est influencée par la nature des granulats. Les liaisons les plus solides entre les granulats calcaires (réactifs) et la pâte de ciment résultent des réactions chimiques qui se développent avec le temps, renforçant ainsi l'adhésion. La réaction entre le CaCO_3 des granulats calcaires et les aluminates tricalciques ainsi que les aluminoferrites tétracalciques conduit à la formation de monocarbo-aluminates de calcium. Selon Gaweska Hager (2004), la zone de transition entre les granulats calcaires et la pâte de ciment présente une résistance accrue et une perméabilité réduite. L'utilisation de ces granulats permet d'améliorer la résistance du béton, contrairement aux granulats siliceux (comme le quartz), qui sont chimiquement inertes vis-à-vis de la pâte de ciment (Malier, 1992).[26]

Grâce à la formation de ces C-S-H, la porosité diminue également, ce qui est amplifié par l'effet de remplissage (effet filler) de cette fine, ce qui améliore les performances mécaniques du matériau .

I.2-2-Le sable :

a) Origine des sables :

Les sables résultent de la décomposition chimique ou de la désintégration mécanique des roches, suivies d'un transport influençant leurs caractéristiques physico-chimiques. Ce processus complexe d'érosion et de sédimentation implique une altération des roches, puis un transport fluvial ou éolien. Seuls les minéraux les plus résistants subsistent, notamment le quartz, qui devient dominant à mesure que la taille des grains diminue. Ainsi, la fraction des sables comprise entre 0,2 mm et 0,5 mm est constituée à plus de 75 % de quartz.

b) Définition :

Les sables se caractérisent comme étant la portion de granulats rocheux dont les particules ont une dimension allant de 80µm à 05µm ; c'est une définition générale dont les limites peuvent fluctuer d'une classification à l'autre. C'est un matériau dont le diamètre maximal ne dépasse pas 6,3 mm et où le passage au tamis de 80µm ne surpasse pas 30%. Dans l'usage général, le terme « sable » désigne les particules ayant une taille de 0 à 5 mm, soit les fines. [27]

c) Classification des sables :

1) Sable grossier:

Plus de 20% des éléments sont supérieurs à 2mm et plus de 50% des éléments supérieurs à 80µm sont compris entre 0,5 et 5mm. Ces sables ont des propriétés qui se rapprochent des graves.

2) Sable moyen :

Moins de 20% des éléments sont supérieurs à 2mm et plus de 50% des éléments supérieurs à 80µm sont compris entre 0,2 et 2mm.

3) Sable fin :

Plus de 75% des éléments supérieurs à 80 µm, sont inférieurs à 0,5mm. Ces sables doivent être notablement corrigés pour acquérir des propriétés comparables à celles des graves.

4) Module de finesse (M_f) :

Le module de finesse (M_f) est un paramètre clé, notamment pour les sables. Pour qu'un sable destiné au béton soit de bonne qualité, son module de finesse doit se situer entre 2,2 et 2,8. En dessous de cette plage, le sable contient une proportion importante de particules fines et très fines, ce qui augmente le besoin en eau. Au-delà, il manque de fines, ce qui réduit l'ouvrabilité du béton. [17]

Norme Française [NFP18-540]

Le module de finesse est égal au 1/100e de la somme des refus cumulés exprimée en Pourcentages sur les tamis de la série suivante : 0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5mm.

$$M_{Finesse} = \sum \frac{(Refus\ cumulés\ de\ tamis[(5,2; 5; 1,25; 0,63; 0,325; et\ 0,16)])}{100}$$

- Si la résistance est inférieure à **1,8** < **Mf** < **2,2**, il est recommandé d'utiliser du sable si l'on souhaite privilégier la facilité de mise en œuvre au détriment probable de la résistance.
- En cas de **2,2** < **Mf** < **2,8**, il est recommandé d'utiliser du sable si l'on souhaite obtenir une ouvrabilité satisfaisante et une résistance adéquate, tout en limitant les risques de ségrégation.

Si l'on souhaite obtenir des résistances élevées au détriment de l'ouvrabilité et avec des risques de ségrégation, il est recommandé d'utiliser du sable avec une valeur de **2,8 <Mf < 3,2**.

- Pour **Mf > 3,2** le sable est à rejeter.

Sable	Module de finesse MF	Refus cumul sur les tamis 0,63 en %
Gros	3,4 à 2,4	50 à 75
Moyen	2,5 à 1,9	35 à 50
Fin	2,0 à 1,5	20 à 35

Tableau I.1: Classification des sable suivant les valeurs de module de finesse.

d) Equivalent de sable "ES" :

L'équivalent de sable correspond à un rapport volumétrique conventionnel, multiplié par 100, entre les particules sableuses et les éléments plus fins. Il existe deux méthodes de mesure : l'essai visuel et l'essai au **piston**.**[28]**

Actuellement, trois textes réglementaires décrivent cet essai:

- d'équivalent de sable (NFP 18-598).**[29]**
- d'équivalent de sable à 10% de fines (NFP 18-597),
- évaluation des fines - équivalent de sable (EN 933-8)

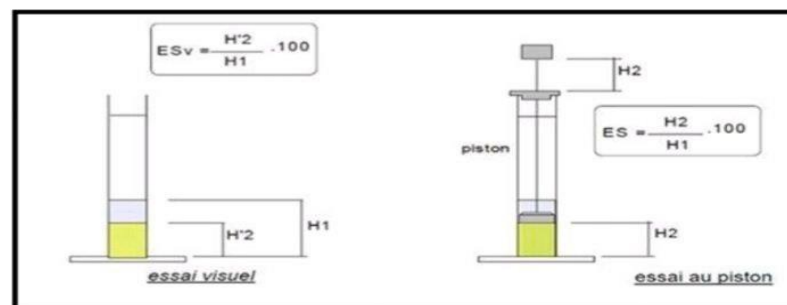


Figure I.4: Équivalent de sable.

Les essais d'équivalent de sable permettent de déterminer le pourcentage des particules très fines présentes dans le sable (aspect quantitatif), sans distinction de leur nature (argile, limon, vase ou matières solubles) (aspect qualitatif). Afin d'évaluer plus précisément la propreté des sables, il est recommandé de compléter cet essai par l'essai au bleu de méthylène.**[28]**

E.S.V	E.S.P	Nature Et Qualité Du Sable
Esv < 65	Esp < 60	Sable argileux ; à rejeter pour des bétons de Qualité
65 ≤ Esv < 75	60 ≤ Esp < 70	Sable légèrement argileux ; admissible pour des bétons de qualité courante
75 ≤ Esv < 85	70 ≤ Esp < 80	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses ; convenant parfaitement pour des bétons de qualité.
Esv ≥ 85	Esp ≥ 80	Sable très propre : absence presque totale de fines argileuses

Tableau I.2: Valeur préconisée pour l'équivalent de sable.

I.2-3- Le CIMENT :

C'est un liant hydraulique qui durcit rapidement et atteint sa résistance maximale en quelques jours. Suite à un processus de durcissement, cette pâte peut maintenir sa robustesse et sa stabilité même lorsqu'elle est submergée. On l'emploie généralement sous forme de poudre, combinée à de l'eau, pour agglomérer du sable fin et des graviers, pour fabriquer du mortier et même du béton.

Le ciment est une substance obtenue par le broyage du clinker refroidi. Le clinker se compose d'un mélange de silicate et d'aluminate de calcium, ayant une température de fusion située entre 1450 et 1550 °C. On appelle également le ciment ordinaire liant hydraulique, en raison de ses propriétés d'hydratation et de durcissement lorsqu'il est en contact avec l'eau. Ce durcissement est provoqué par l'hydratation de certains minéraux, en particulier le silicate et l'aluminate de calcium.[30]

2-3-1-Fabrication du ciment :

Le ciment est produit en combinant du calcaire et de l'argile, dans une proportion de 80 % pour le premier et de 20 % pour la seconde. La production de ciment (par méthode sèche) se déroule comme suit :

- Extraction de ressources minérales de la mine.

Broyeur primaire de la matière première.

- Secondairement, la matière première est broyée en particules de plus petite taille. - Écrasement de la matière broyée.

- Le mélange est broyé : clinker + gypse (environ 5%) + adjonctions possibles.

- Le produit final (ciment) est donc prêt à être envoyé, que ce soit en sacs ou en vrac. [31]

2-3-2-Catégories de ciment :

Le ciment, selon les exigences variées, peut avoir une composition distincte, ce qui le segmente en plusieurs types :

- Le CEM I (ciment Portland) est un ciment adapté pour la conception de béton armé ou précontraint car il offre un niveau de résistance élevé.

- Les CEM II A ou B (ciment Portland composé) ont pour particularité d'être très maniabiles. Ils sont donc utilisés dans les travaux d'usage courant tels que pour les chapes traditionnelles ou bien pour les enduits simples.

- Les CEM III A, B ou C (ciment de haut-fourneau) sont adaptés à des environnements difficiles, ils sont réputés pour être durables.

- Les CEM IV A ou B (ciment de type pouzzolane que) sont également adaptés à un milieu agressif, idéals pour des structures hydrauliques. Absents en France.

- Les CEM V A ou B (ciment composé) ont les mêmes propriétés physiques que les CEM III mais pas les mêmes constituants.

2-3-3-Classification des ciments:

1) Classification en fonction de leur composition : norme NFP15-301

	Ciment portland	Ciment portland Composé	Ciment de haut Fourneau	Ciment pouzzolanique	Ciment au laitier et aux cendres
	CPA- CEMI	CPJ- CPJ- CEM CEM II/A II/B	CHF- CHF- CLK- CEM CEM CEM III/A III/B III/C	CPZ- CPZ- CEM CEM IV/A IV/B	CLC- CLC- CEM CEM V/A V/B
Clinker (K)	≥ 95%	≥ 80% ≥ 65% ≤ 94% ≤ 79%	≥ 35% ≥ 20% ≥ 05% ≤ 64% ≤ 34% ≤ 19%	≥ 65% ≥ 45% ≤ 90% ≤ 64%	≥ 40% ≥ 20% ≤ 64% ≤ 39%
Laitier (S)	-	06% ≤ 21% ≤	≥ 36% ≥ 66% ≥ 81% ≤ 65% ≤ 80% ≤ 95%	- -	18% ≤ 31% ≤ total total
Pouzzolane (Z)	-	total total	- - -	10% ≤ 36% ≤ total total	≤ 30% ≤ 50%

Cendres siliceuses (V)	-	$\leq 20\% \leq 35\%$	- - -	$\leq 35\% \leq 55\%$	- -
Fumée de silice (D)	-	(Fumé de silice) (Fumé de silice)	- - -	Fumée $\leq 10\%$ (Fumée $\leq 10\%$)	- -
Cendres calcaïques (W)	-	$\leq 10\% \leq 10\%$	- - -	- -	- -
Schistes (T)	-		- - -	- -	- -
Calcaires (L)	-		- - -	- -	- -
Fillers (F)	-	- -	- - -	- -	- -

Tableau I.3: Les différents ciment et les proportion en masse de leur constituants.

2) Classification en fonction de leur résistance :

Trois catégories sont définies selon la résistance standard à 28 jours. Trois catégories principales sont associées à des sous-catégories pour identifier des ciments qui présentent une forte résistance dès leur jeune âge.

Les classes doivent respecter les caractéristiques énoncées dans le tableau 2.4 ci-dessous. Les valeurs entre parenthèses sont considérées comme des valeurs garanties lorsqu'elles peuvent être inférieures aux valeurs mentionnées. [17]

	Résistance à		Retrait à	Début	Stabilité
	La compression (MPa)		de prise		
	28 jours (1)				
	Norme EN 196-1		norme	norme	Norme
	Au jeune âge	A 28 jours	P 15-433	EN 196-3	EN 196-3
Classe	2 jours 7 jours	Ma Mini Xi	(µm/m)	(min)	(mm)
32,5	(17,5)	$\geq 32.5 \leq 52,5$ (30)	≤ 800	≥ 90	≤ 10
32,5R	≥ 13.5 (12)	$\geq 32.5 \leq 52,5$ (30)	≤ 1000	≥ 90	≤ 10
42,5	≥ 12.5	$\geq 42.5 \leq 62,5$ (40)	≤ 1000	≥ 60	≤ 10

42,5R	(10)				
	≥ 20 (18)	$\geq 42.5 \leq 62,5$ (40)	≤ 1000	≥ 60	≤ 10
52,5	≥ 20 (18)	≥ 52.5 (50)		≥ 60	≤ 10
52,5 R	≥ 30 (28)	≥ 52.5 (50)		≥ 60	≤ 10

Tableau I.4: Classes en fonction de la résistance normale à 28 jours.

I.2-4 L'EAU DE GACHAGE :

En général, l'eau provenant du réseau public est utilisée pour la fabrication des bétons. Puisque le dosage de l'eau a un impact significatif sur la viscosité et la performance du béton, il est crucial de mesurer précisément l'eau utilisée pour le mélange. Il est donc crucial de considérer l'humidité des granulats, en particulier celle du sable, tout en tenant également compte de la quantité d'eau contenue dans les adjuvants. [32]

L'eau a essentiellement deux fonctions:

- ✓ **Une fonction physique**, qui confère au béton frais les propriétés rhéologiques d'un liquide (permettant donc son écoulement et le moulage),
- ✓ **Et une fonction chimique** entant que liant de la poudre de ciment. Elle sert aussi à mouiller les agrégats, et donc à assurer un bon lien avec la pâte de ciment.

I.3-ROLE DES DIFFERENTS ELEMENTS CONSTITUANTS LE BETON :

Ciment : Ce composant est celui qui va établir une interaction chimique avec l'eau, renforcer sa solidité et unir tous les éléments.

L'eau : Elle joue un rôle clé dans l'hydratation du ciment et la souplesse de la combinaison.

Les granulats: Ils forment une structure plus ou moins structurée qui confère sa résistance au béton. Le ciment hydraté est à l'origine de la « liaison » des granulats..

Le sable : il permet de remplir les trous qui subsistent entre les gros granulats.

I.4-PROPRIETES DES BETONS :

I.4-1-Propriétés des bétons frais :

I.4-1-1-Affaissement au cône d'Abram :

Le test d'affaissement a été réalisé en accord avec la norme NF EN 12350-2 [33], dans le but de juger l'ouvrabilité des bétons. Initialement, le moule ainsi que la plaque de fond sont humidifiés. Par la suite, le cône est comblé de béton en trois strates. Le processus de durcissement du béton est réalisé par piquage, où chaque couche reçoit 25 piquages à l'aide d'une tige en métal. Il faut veiller à une répartition uniforme des coups sur la surface du béton, et tout surplus de béton doit être nivelé. Ensuite, le moule est retiré en 2 à 5 secondes et l'affaissement « h » est évalué en calculant la différence entre la hauteur du moule et le sommet maximal du béton affaissé (Figure 2.8). La classe de consistance du béton peut être définie à partir de la valeur d'affaissement obtenu, en se basant sur le tableau de la norme NF EN 206-1. [34]

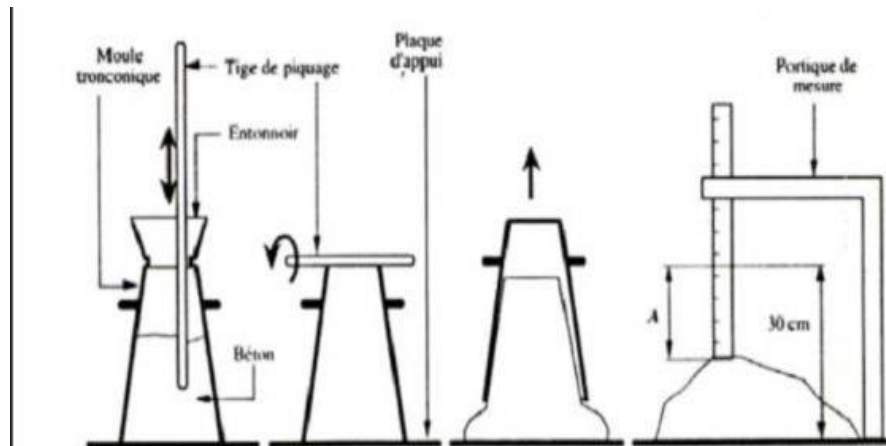


Figure I.5: Essai d'affaissement eau cône d'Abram. [35]

Classe de consistance	S1	S2	S3	S4	S5
Affaissement (mm)	10 – 40	50 - 90	100 -150	160 -210	>210

Tableau I.5: Spécification des classe de consistance. [34]

I.4.2. PROPRIETES DU BETON DURCI :

Une fois que le béton s'est durci, sa forme ne peut plus être altérée, cependant ses propriétés continuent de se développer sur une période prolongée de plusieurs mois, voire des années.

La compacité du béton (ou sa porosité réduite) est un atout majeur pour sa longévité.

- Pour le béton durci, on privilégie généralement une performance associée à une bonne résistance à la compression.
- Dans le développement du béton, les phénomènes de retrait sont une caractéristique attendue.
- On connaît et il est possible de mesurer les caractéristiques de déformation du béton lorsqu'il est soumis à une charge.

I.4.2.1. Résistance à la compression :

La résistance du béton en compression uni-axiale est celle qui a été le plus étudiée parmi toutes les sollicitations mécaniques, probablement parce qu'elle reflète généralement la qualité d'un béton, étant directement associée à la structure de la pâte de ciment hydraté. En outre, la résistance à la compression du béton est presque toujours l'élément crucial lors de l'élaboration des structures en béton et de la définition des normes de conformité.

La caractéristique d'un béton est déterminée par sa résistance à la compression à 28 jours, notée f_{c28} . La mesure de la résistance à la compression du béton se fait par le biais de la charge provoquant l'écrasement axial d'un échantillon cylindrique ayant un diamètre de 16 cm et une hauteur de 32 cm. Des éprouvettes sont soumises à une tension jusqu'à leur rupture dans un dispositif d'essai de compression. La charge maximale qu'elles supportent est notée et leur résistance à la compression est déterminée. **(EN-12390-3 : résistance à la compression des éprouvettes.)**

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

$$f_c = \frac{F}{AC}$$

- f_c : résistance en compression, exprimée en mégapascal (Newton par millimètres carrés) .
- F : charge maximale, exprimée en Newtons ;
- Ac : l'aire de la section de l'éprouvette sur laquelle la force de compression est appliquée, calculée à partir de la dimension nominale de l'éprouvette.

La résistance à la compression doit être exprimée à 0,5 MPA (N/mm) près.

I.5. LA FORMULATION DE BETON :

L'analyse de la composition du béton cherche à identifier l'association parfaite des divers composants du béton (granulat, eau, ciment) afin d'obtenir un béton présentant les propriétés désirées (résistance, consistance). Dans ce contexte, diverses techniques sont employées pour établir les proportions des différents éléments, parmi lesquelles on peut citer :

- Les approches semi-empiriques (Fauy, Bolomey, Vallette).

Les techniques de représentation graphique (Joisel, Dreux-gorisse).

I.5.1. Méthodes semi-empiriques :

a-Méthode de Bolomey :

En appliquant une méthode adéquate, on établit une courbe granulométrique de référence et on tente d'obtenir avec les granulats dont on dispose une composition granulaire

globale (incluant le ciment) qui se rapproche au maximum de la courbe de référence théorique.

La formule de base est la suivante : $P = A + (100 - A)\sqrt{d}/D$

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

d: Le diamètre du plus petit granulat.

D: est le diamètre du plus gros granulat.

A: coefficient varie entre 8 et 16 en fonction du dosage en ciment, sa valeur étant d'autant plus élevée que le dosage en ciment est plus fort. La valeur de cette constante dépend de la consistance souhaitée pour le béton et de la provenance des granulats.

Consistance du béton	Granulats roulés	Granulats Concassés
Béton dame	6-8	8-10
Béton armé	10	12-14
Béton coulé	12	14-16

Tableau I.6: Valeur de coefficient du A.

b- Méthode de Faury :

Faury proposa une nouvelle loi de granulation de type continu, il s'est inspiré 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 résulte est une fonction de $\sqrt[5]{d}$. La courbe granulométrique idéale conduisant à une compacité maximale est 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. Pour l'ensemble du mélange, y compris le ciment, on trace une courbe granulométrique de référence composée de deux droites lorsque l'on travaille sur un graphique où l'axe des abscisses est gradué en $\sqrt[5]{d}$. L'abscisse du point d'intersection de ces deux droites est fixée à $D/2$, et son ordonnée Y est déterminée par une formule prenant en compte la grosseur D du granulat ainsi que certains paramètres tabulés en fonction du type de granulat (roulé ou concassé) et du degré de serrage (simple piquage ou vibration plus ou moins intense). Y se calcule selon la formule suivante :

$$Y = 17\sqrt[5]{D} + \frac{B}{\left(\frac{R}{D}\right)^{-0,75}}$$

B : Varie de 1 à 2 selon que le béton ferme ou mou.

D : Exprimé en dimension de passoire.

R : Le rayon moyen du moule.

I.5.2. Méthodes graphiques :

I.5.2.1. Méthode de Dreux-Gorisse 28 :

Présentée dans le Nouveau guide du béton, [35], elle comprend les parties suivantes :

- Détermination du dosage en ciment :

Nous commençons par calculer le rapport E/C en fonction de la résistance souhaitée, en utilisant la formule suivante :

$$R_b = GR_c \left(\frac{C}{E} - 0,5 \right)$$

R_b : résistance à la compression du béton prévue à 28 jours, en bars ;

R_c : classe vraie du ciment à 28 jours, en bars ;

E et C : dosage en eau et en ciment, en litre et kg.

G : Coefficient granulaire donné par le tableau 1.6 en fonction de la qualité et de la dimension maximale (D max) du gravier.

Étant donné le rapport C/E et la fluidité requise, qui sont des éléments fournis dans le cadre du problème, il est possible de déterminer la quantité de ciment à partir de l'Abaque.

Qualité des granulats	Dimension des granulats D (mm)		
	Fins	Moyens	Gros
	$D \leq 12.5$	$20 \leq D \leq 31.5$	$D \leq 40$
Excellent	0,55	0,60	0,65
Bonne courante	0,45	0,50	0,55
Passable	0,35	0,40	0,45

Tableau I.7: Valeur de G coefficient granulaire.

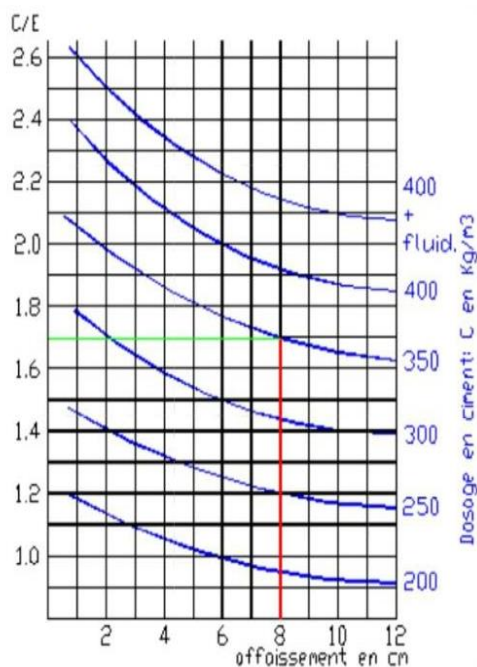


Figure I.6: Dosage en Ciment. [36]

-Détermination du dosage en eau :

En connaissant la proportion de ciment (C/E) et le dosage en ciment, on peut calculer le volume total d'eau à prévoir en utilisant la formule suivante :

$$E = \frac{C}{E/C}$$

-Détermination du dosage en granulat:

Dans un graphique d'analyse granulométrique (**figure I.7**), on représente la courbe granulaire de référence OAB. Le point B, représentant la taille maximale du gravier (D max), correspond à l'ordonnée 100%. Le point (O) se situe à l'origine des coordonnées. Quant au point de rupture (A), ses coordonnées sont déterminées comme suit :

• En abscisse : (à partir de D max)

Si $D_{max} \leq 20\text{mm}$, l'abscisse est $D_{max} / 2$;

Si $D_{max} \geq 20\text{mm}$, l'abscisse est située au milieu du « segment gravier » limité par le module 38 (5mm) et le module correspondant à (D max).

• En ordonnée:

Y est donnée par la formule suivante :

$$Y = 50 - \sqrt{D} - K$$

K : est un terme correcteur qui dépend du dosage en ciment, de l'efficacité du serrage, de la forme des granulats roulés ou concassés (surtout le sable dont l'influence est ici prépondérante), ce coefficient dépend également du module de finesse du sable.

Vibration	Faible		Normale		puissante	
Forme des granulats (du sable en particulier)	Roulé	Concassé	Roulé	Concassé	Roulé	Concassé
400+fluidifiants	-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 I.8: Valeur du terme correcteur K.[36]

Agrégat en reliant le point correspondant à 95% de la courbe granulaire du sable, au point représentant 5% de la courbe granulaire du gravier (si l'on utilise le gravier à grain unique) ou du premier fractionnement (si l'on opte pour le gravier multi-fractions), et on continue ainsi. On consulte la courbe de référence pour déterminer, au point d'intersection avec les lignes de division, les pourcentages en volume total de chaque type de granulat (sable, première fraction et seconde fraction du gravier).

Si (C) est le dosage pondéral en ciment, le volume absolu des grains de ciment est :

$$c = \frac{C}{\rho_c}$$

ρ_c : C'est la masse spécifique pour les grains du ciment.

Le volume absolu de l'ensemble des granulats est : **$1000K - Vc$**

Où **K** : coefficient de compacité qui est donné par le (Tableau)

Consistance du béton frais	Mode de serrage	D 5mm	D 10mm	D 12,5mm	D 20mm	D 31,5mm
Molle	Piquage	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810
	Vibration faible	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815
	Vibration normal	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820
Plastique	Vibration puissante	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820
	Vibration faible	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825
	Vibration normal	0,770	0,800	0,815	0,825	0,830
	Vibration puissante	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835
Ferme	Vibration faible	0,775	0,805	0,820	0,830	0,840
	Vibration normal	0,780	0,810	0,825	0,835	0,845
	Vibration puissant	0,785	0,815	0,830	0,840	0,850

Tableau I.9: Coefficient de compacité. [36]

I.6- MATERIAUX NATURELS UTILISES DANS NOTRE ETUDE:

I.6-1- LE BOIS :

Le bois est un élément naturel de construction, généré par l'arbre au cours de son développement. Les fluctuations dans les propriétés mécaniques et physiques de ce matériau peuvent être considérables en raison des conditions très variées auxquelles un arbre peut être soumis tout au long de son existence (climat, agressions diverses...). Néanmoins, la qualité finale du bois produit peut être modifiée à une certaine mesure par l'homme, grâce à la gestion forestière et à la sélection des arbres.[37]



Figure I.8: Bois naturel. [38]

I.6.1.1. Les propriétés du bois :

- **La densité :**

Essence	Densité anhydre Moyenne	Porosité (%)
Hêtre	0,65	58
acacia exotique	1 ,30	17

Tableau I.10: Exemple de densité et porosité du bois.

- **Retrait-gonflement :**

Quand le bois absorbe de l'humidité, il se dilate, et lorsqu'il en perd, il se contracte. Toutefois, cela ne s'applique qu'entre l'état déshydraté ($w = 0\%$) et le point de saturation des fibres ($w \approx 30\%$). Au-delà de ce point, on observe pratiquement pas de variation dimensionnelle. Pour les essences locales, ces fluctuations dimensionnelles sont maximales dans le plan tangentiel. Elles sont nettement moins puissantes dans le plan radial et extrêmement faibles, généralement presque insignifiantes, dans le plan axial.[39]

- **Teneur en eau, résistances mécaniques et module d'élasticité :**

La teneur en eau se calcule par la formule suivante :

$$W (\%) = 100(PW - P_0) / P_0$$

Du point de vue de l'utilisation, on appelle :

- Bois **anhydre**: $W = 0$
- Bois **desséché**: $0 < W < 13\%$
- Bois **sec à l'air** : $13 < W < 18\%$
- Bois **commerciallement sec**: $18 < W < 23\%$
- Bois **mi-sec**: $23 < W < 30\%$
- Bois **vert**: $W > 30\%$

Habituellement, une hausse du taux d'humidité entraîne une baisse marquée de la résistance des fibres. Une fois que le taux d'humidité atteint 30%, la résistance et le module E restent pratiquement stables. L'influence du taux d'humidité sur le module E est nettement moins significative que sur la résistance. La résistance à l'air du bois humide et des éléments en bois trempé (cintres, échafaudages) est donc moins élevée que celle du bois sec. [39]

1.6-2-Le bois de construction : un puits de carbone ?

Un puits de carbone est une entité qui capte et stocke le carbone présent dans l'atmosphère, à l'image des océans et des forêts où les arbres absorbent le CO₂ pendant leur croissance. Le bois peut emmagasiner une portion du carbone émis par les anciennes activités industrielles, tout en contribuant à la diminution des émissions de gaz à effet de serre en servant d'alternative aux matériaux non renouvelables (plastiques, métaux, béton). Peu importe le contexte de fin de vie, le bois possède un effet de retardement (lorsque le carbone absorbé par la photosynthèse sera libéré suite à sa décomposition ou combustion). Ainsi, le bois de construction est un matériau biosourcé de premier choix pour faire face aux défis du changement climatique. [40]

I.6-3 Le bois matériau composite naturel :

C'est la structure du bois qui en fait un véritable produit « high-tech », un composite naturel dont le modèle d'optimisation est utilisé comme référence pour de nombreux composites synthétiques. Ces composites naturels ou synthétiques partagent en effet les caractéristiques communes suivantes :

-Structure dotée d'une périodicité prononcée,

-Fibres présentant des caractéristiques mécaniques robustes, intégrées dans une matrice généralement thermdurcissable. (Cela se réfère au mélange de cellulose, hémicellulose et lignine dans le bois massif composite). [41]

I.6-3-1- La fibre :

La fibre de chanvre est présente sur plusieurs marchés et se retrouve dans divers produits. Elle fait face à la concurrence de divers matériaux tels que le lin, la ramie et le jute. [42]

I.6-3-2- Les fines :

Il est généralement admis que les particules fines contenues dans les granulats de chanvre ont une dimension qui ne dépasse pas 0,5mm. Il n'y a eu aucune autre caractérisation géométrique effectuée sur les couches minces. [43]

I. 7- ISOLATION THERMIQUE ET PHONIQUE :

I.7-1- ISOLATION THERMIQUE :

La réduction de la consommation d'énergie est l'un des défis principaux dans le domaine de la construction, afin de combattre le réchauffement climatique et l'épuisement des ressources énergétiques fossiles. Ainsi, l'isolation des édifices s'est transformée en une nécessité et constitue une solution efficace et rentable. L'isolation thermique fait référence à toutes les méthodes employées pour réduire les échanges de chaleur entre une zone chaude et une zone froide. [44] L'isolation est aussi favorable à l'environnement en diminuant la consommation, elle contribue à la sauvegarde des ressources énergétiques et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. De ce fait, l'isolation thermique présente un intérêt pour la protection de l'environnement, le confort et les économies financières. La qualité de l'isolation à prévoir dépend essentiellement du climat, de l'exposition des murs et surtout des matériaux utilisés. Le choix d'un matériau comme isolant dépend naturellement de sa disponibilité, de son aptitude au respect de l'environnement et de son coût. [45]

La conductivité thermique des bétons de bois fluctue entre 0.10 et 0.30 W.m-1.K-1[46][47], ce qui la rend comparable à celle des bétons caverneux ou semi-caverneux. Il est important de

souligner que cette conductivité est susceptible de changer en fonction du taux d'humidité du matériau, et peut être approximée par la formule empirique suivante :

$$\lambda_{humide} = \lambda_{sec}(1 + 0,25 \omega m)$$

Où ωm est le taux d'humidité exprimé en masse pour les bétons de bois[48] Les bétons de bois sont parmi les matériaux reconnus par leurs performances thermiques liées à une conductivité thermique faible. Le **tableau** donne à titre indicatif les valeurs des conductivités thermiques et les masses volumiques de quelques matériaux.

Matériaux	Masse volumique (kg /m ³)	Conductivité thermique (w. m ⁻¹ . k ⁻¹)
Béton de bois	700	0,15
Plâtre	1060	0,36
Béton cellulaire autoclave	500	0,18
Béton de Perlite	600 à 650	0,24 à 0,29
Béton au Polystyrène	400 à 1000	0,15 à 0,45
Béton de Mouse	400 à 1000	0,15 à 0,30
Béton de Vermiculite	400 à 450	0,21 à 0,24

Tableau I. 11: Conductivité thermique des différents types de béton légers. [49] [50] [51]

I.7-2- ISOLATION PHONIQUE:[52]

Quand un son est produit, une onde sonore voyage à travers l'air jusqu'à rencontrer un obstacle. Quand cette onde incidente entre en contact avec un matériau, deux types d'ondes sont générés : une onde réfléchie qui se déplace dans le même milieu que l'onde incidente, et une onde transmise qui traverse intégralement le matériau. L'acoustique d'une pièce peut être améliorée en influençant soit l'onde transmise, soit l'onde réfléchie grâce à un traitement acoustique.

L'objectif de l'isolation acoustique est de réduire la propagation des sons d'un côté à l'autre d'un matériau. Cette isolation est couramment effectuée avec des matériaux à haute densité, car leur inertie les rend plus résistants au déplacement par les ondes sonores. Ils produisent donc une quantité réduite d'ondes transmises par le biais de vibrations. Comme leur nom l'indique, les bétons légers ne fonctionnent pas sur le principe de la masse.

Il est aussi possible de réduire la propagation du son en rendant la surface du matériau étanche. Les ondes sont donc réfléchies et retournées à l'endroit d'où elles proviennent. Les matériaux qui ont une faible perméabilité agissent donc comme de bons isolants, en ce sens qu'ils bloquent la propagation du son entre deux éléments adjacents. Néanmoins, les ondes réverbérées altèrent la clarté du discours dans la pièce, en produisant des interférences

La troisième méthode de manipulation des ondes acoustiques est l'absorption. Les matériaux atténuent les bruits par une dissipation visqueuse. Toutefois, ce processus de dissipation d'énergie nécessite que les ondes puissent traverser le matériau et aient suffisamment d'espace pour être atténuées. Il est donc nécessaire d'avoir une certaine perméabilité et une porosité ouverte significative.

I.8. CONCLUSION

Le béton de sciure représente une nouvelle catégorie de béton qui a émergé dans les pays développés. Ce béton est le résultat d'une combinaison entre les ingrédients traditionnels tels que le sable, le ciment et le gravier... et des matières naturelles (sciure de bois), qui sont également perçues comme des résidus, tout en offrant un produit final homogène.

Le principal défi de la conception d'un mortier de ce type réside dans la volonté du chercheur de concilier des caractéristiques jusque-là contradictoires, en matière de cohésion et de stabilité, afin d'obtenir un béton extrêmement fonctionnel. Pour respecter ces critères théologiques, il est nécessaire de connaître la quantité adéquate de sciure à incorporer dans le mélange.

Cela nous donne la possibilité de produire un béton hautement résistant et ayant une bonne résistance à la traction, tout en étant pratique, rentable et respectueux de l'environnement.

Dans ce chapitre, nous avons abordé les aspects fondamentaux qui nous concernent dans cette recherche, notamment les composants de base nécessaires à la fabrication du béton.

Chapitre II

Caractéristiques des

Matériaux

CHAPITRE II: CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

II.1. INTRODUCTION:

Dans ce chapitre, nous exposons les propriétés des matériaux employés dans ce projet, ainsi que les diverses expériences expérimentales. IL convient de souligner que cette étude a été réalisée conformément aux normes européennes en vigueur, à l'exception des essais d'étalement et de temps d'écoulement des MAP frais, qui ne sont pas standardisés. Au sein du laboratoire du département de Génie Civil de l'**Universitaire Mohamed Boudiaf de M'sila**, des tests physiques et mécaniques ont été réalisés.

II.2. MATÉRIAUX UTILISÉS:

- Sable de Djamaâ (oued Souf).SD
- Sable concassé.SC
- Le gravier concassé de carrière COSIDER située à 25Km de M'sila, en allant vers B.B.A.
- Ciment CPJ-CEM II /A 42.5 Matine
- Sciure de bois
- Eau de gâchage (Eau potable prise au niveau des laboratoires de génie civil de l'université de M'SILA).
- Les adjuvants (MEDAFLOW 30 /30)

II.3. CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES MATÉRIAUX UTILISÉS

II. 3.1. SABLE:

II.3.1.1. Type de sable utilisé:

II.3.1.1.1. Sable de Djamâa (oued Souf):

Le sable extrait de la région de Djamâa dans la wilaya de EL OUED ,en Algérie ,est connu pour ses caractéristiques uniques qui le rendent précieux dans plusieurs domaines .Ce sable est principalement prélevé des dunes sahariennes entourant la région ,caractérisées par un sable fin et très pur .

Ce sable provient de l'énergie éolienne, il s'agit d'un sable de dune, du moins avec ses grains fins. Le sable siliceux de la dune de Djamâa, avec ses grains roulés arrondis et des surfaces lisses, se distingue par sa finesse, sa granulométrie et son diamètre maximal inférieur à 3,0 mm.

II.3.1.1.1. Masse Volumique Absolue:

Ils'agit de la masse de la substance par unité de volume, c'est-à-dire le rapport entre la masse et son volume absolu.



Figure II. 1: Le sable deDjamaâ.

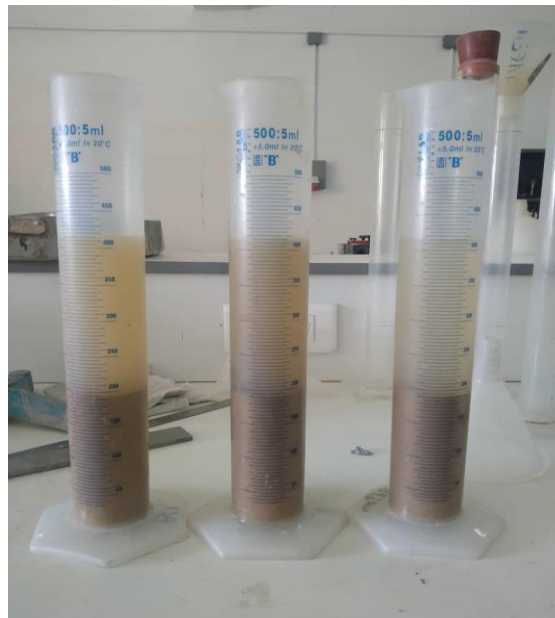


Figure II. 2: L'essai de Masse volumique absolu.

*** Mode opératoire:**

La masse volumique totale du sable est calculée en utilisant un récipient de 1000 ml. Trois échantillons de 300g sont prélevés.

L'échantillon est placé dans un récipient de 1000 ml et on y verse 300 ml d'eau préalablement préparée dans un deuxième récipient gradué. Ensuite , on agit avec soin sur le

contenu afin de retirer l'air présent. Une fois cette opération terminée, le volume final du mélange sable-eau est mesuré. Soit (V) ce volume.

Étant donné que le volume d'eau versé est de 300 ml, il serait simple de calculer la quantité de sable seulement.

Volume de sable:= $V - 300$ (ml).

La masse de sable: $M = 300$ g.

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

$$\rho_{abs} = \frac{M}{V}$$

N° d'Essai	M (g)	Ve (Cm³)	V ₁ (cm³)	ρ_{abs} (g /cm³)	ρ_{abs} moye (g /cm³)
1	300	300	415	2.6	2.6
2	300	300	415	2.6	
3	300	300	415	2.6	

Tableau II 1: Masse volumique absolue du sable de Djamaâ.

II.3.1.1.1.2. Masse Volumique Apparente:

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



Figure II. 3: L'essai de Masse volumique apparent.

$$\rho_{appL} = \frac{M_2 - M_1}{V_r}$$

N° d'Essai	M ₁ (g)	M ₂ (g)	ρ_{app} (g /cm ³)	$\rho_{app \text{ moyenne}}$ (g /cm ³)
1	218	1846.2	1.628	1.628
2	218	1842.1	1.6241	
3	218	1851	1.633	

Tableau II 2: Masse volumique apparente du sable de Djamaâ.

II.3.1.1.1.3. Porosité:

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

$$P(\%) = \left[1 - \frac{\rho_{app}}{\rho_{abs}} \right]$$

P (%) = 100 - (Masse volumique apparente / masse volumique absolue) * 100

Pour le sable de Djamaâ:

$$P = 37.38 \%$$

II.3.1.1.1.4. Compacité:

La taille d'un matériau correspond à la proportion de son volume réel occupé par la matière solide qui le compose, c'est-à-dire le rapport entre le volume absolu des grains et le volume apparent du matériau.

La compacité donnée par la formule :

$$C = \frac{\rho_{app}}{\rho_{abs}} \times 100$$

Pour le sable de Djamaâ:

$$C = 62.61 \%$$

II.3.1.1.1.5. L'indice Des Vides:

Le rapport entre le volume du vide et le volume du solide est connu sous le nom d'indice des vides.

L'indice des vides donnée par la formule :

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{P}{(100 - P)}$$

Avec P en pourcent (%).

- Pour le sable de Djamaâ:

$$e = 0.59 \%$$

La Porosité P %	La Compacité C %	Indice des vides e %
37.38	62.61	0.59

Tableau II 3: Porosité compacité et indice des vides.

II.3.1.1.1.6. Equivalent De Sable

A / Equivalent de sable visuel (ESV):

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

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

$$ESV = \frac{h_2}{h_1} \times 100(\%)$$

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

B / Equivalent de sable piston (ESP):

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

• Introduire le réglet dans l'encoche du piston jusqu'à ce que le zéro vienne buter contre la face intérieure de la tête du piston. Soit h_2 la hauteur lue et correspondant à la hauteur de la partie sédimentée.

$$ESP = \frac{h_2}{h_1} \times 100(\%)$$

<i>N° d'Essai</i>	<i>h₁</i>	<i>h₂</i>	<i>ESV (%)</i>	<i>Moy (%)</i>	<i>h'₂</i>	<i>ESP (%)</i>	<i>Moy (%)</i>
1	12	9.4	78.3	81.5	9.2	76.6	80.6
2	11	9.2	83.6		9	81.8	
3	11.5	9.5	82.6		9.6	83.4	

Tableau II 4: Equivalente du sable de Djamaâ.

(ESV) moy = 81.5%

(ESP) moy= 80.6%

Donc: E.S > 80

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

Tableau II 5: Comparaison des résultats.

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



Figure II. 4: L'essai l'équivalent de sable.

II.3.1.1.1.6. ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE:

L'analyse granulométrique par tamisage peut être définie comme un ensemble d'opérations qui permettent de séparer les éléments constituant l'échantillon en fonction de leur grosseur, en utilisant des tamis à maille carrée. Cela permet d'obtenir une représentation de la répartition de la masse des particules à l'état sec en fonction de leur dimension.



Figure II. 5: Appareil de l'analyse granulométrique.

*** Mode opératoire:**

* Prélever (1,5kg) de matériau (sable sec).

* Peser chaque tamis à vide à 1 g près, soit m_i la masse du tamis.

Constituer une colonne de tamis propres et secs dont l'ouverture des mailles est respectivement : De haut en bas: 5 - 2,5 - 1,25 - 0,63 - 0,315 - 0,125 et éventuellement 0,08mm. La colonne est coiffée par un fond pour recueillir les éléments passant au dernier tamis et un couvercle pour éviter la dispersion des poussières. On commence par peser les tamis ainsi que le fond.

* Verser le sable sec sur la colonne et la fixer sur la machine d'agitation mécanique, agité pendant 5 minutes. Arrêter l'agitateur, puis séparer avec soin les différents tamis.

* Peser chaque tamis séparément à 1 g près. Soit M_i la masse du tamis (I) + le sable. La différence entre M_i et m_i (tamis de plus grandes mailles) correspond au refus partiel R1 du tamis1.

* Reprendre l'opération pour le tamis immédiatement inférieur.

* Ajouter le refus obtenu sur le sixième tamis à R1, soit R2 la masse du refus cumuler du tamis 2($R_2 = R_1 + \text{Refus partiel sur tamis}$).

* Poursuivre l'opération avec le reste des tamis pour obtenir les masses des différents refus cumulés R3, R4....

Le tamisât cumuler est donné par la relation suivante: $T = 100 - R_c$

Ou: • T: Tamisâten % ,

• RC: Refus cumulés en %

Tamis (mm)	Poids des tamis vide(kg)	Poids des tamis+sable(kg)	Refus sable du	Refus cumulés	Refus cumulés %	Tamisât cumulés %
5	0.855	0.855	0	0	0	100
2.5	0.757	0.768	0.011	11	0.73	99.27
1.25	0.652	0.719	0.067	78	5.2	94.8
0.63	0.620	0.917	0.297	375	25	75
0.315	0.558	1.248	0.69	1065	71	29
0.16	0.516	0.883	0.367	1432	95.46	4.54
0.08	0.507	0.566	0.059	1491	90.4	0.6
Fond	0.564	0.572	0.008	1499	99.93	0.07

Tableau II 6: Analyse granulométrique du sable.

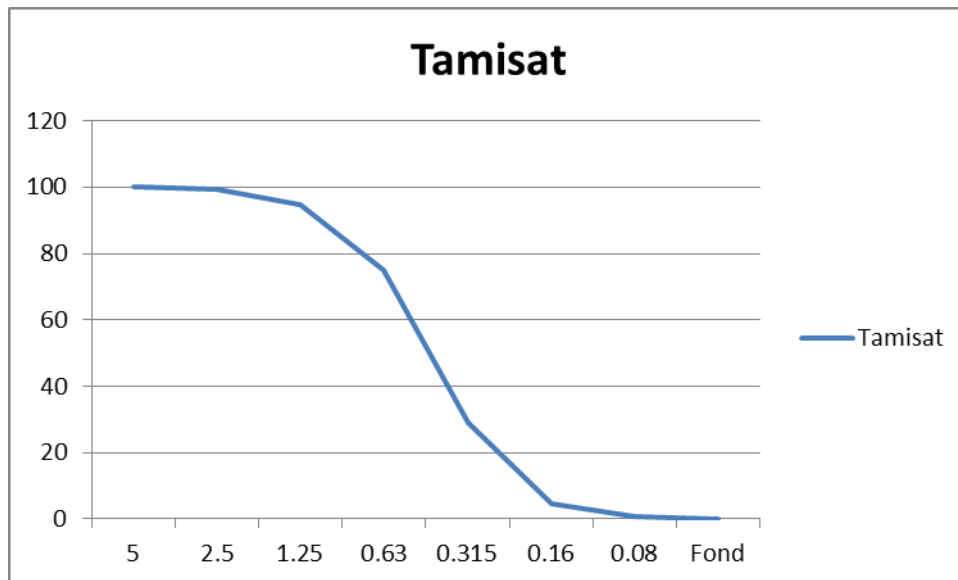


Figure II.6: La courbe granulométrique du sable de Djamaâ.

II.3.1.1.1.7. LE MODULE DE FINESSE:

Le module de finesse (**MF**) est une facture très importante qui nous permet de juger la qualité du sable, il est donné par la relation suivant:

$$M_{finesse} = \sum \frac{(Refus\ cumulés\ de\ tamis(5, 2.5, 1.25, 0.63, 0.315\ et\ 0.16))}{100}$$

$$M_f = 1.97$$

Les normes soviétiques spécifient le M_f des sables comme suit:

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

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

✓ Pour le sable de Djamaâ: $1.5 < M_f < 2$: C'est un **sable fin**.

II.3.1.1.2. SABLE CONCASSÉ:

Le sable de carrier, également connu sous le nom de sable concassé, est un résultat des procédés industriels contrôlés de concassage, de lavage et de criblage utilisés sur des roches massives, principalement calcaires.

Il est rare d'utiliser ce sable, qui se trouve principalement dans la classe granulaire 0/3 mm, pour fabriquer des bétons en raison de leur teneur élevée en fines, qui varie de 8 à 30 %, ce qui pose problème de stockage dans les carrières. Différentes études ont été réalisées afin de mettre en valeur le sable de carrière dans la fabrication de mortiers et de bétons. En effet, il a été constaté que la forme de ces grains angulaires convient mieux à un accrochage plus efficace à la pâte de ciment que celle des sables roulés, ce qui leur confère une plus grande résistance au béton.

La granulométrie du sable de carrière et ses propriétés physiques, mécaniques et chimiques déterminent son utilisation.

Dans la plupart des cas, il est employé pour les sous-fondations et les fondations, des applications liées au ciment, comme le béton, et pour la fabrication de mélanges bitumineux.



Figure II. 7: Le sable concassé.

II.3.1.1.2.1. MASSE VOLUMIQUE ABSOLUE:

Il s'agit de la masse de la substance par unité de volume, c'est-à-dire le rapport entre sa masse et son volume absolu.

*** Mode opératoire :**

La masse volumique totale du sable est calculée en utilisant un récipient de 1000 ml. Trois échantillons de 300g sont prélevés.

L'échantillon est placé dans un récipient de 1000 ml et on y verse 300 ml d'eau préalablement préparée dans un deuxième récipient gradué. Ensuite, on agit avec soin sur le contenu afin de retirer l'air présent. Une fois cette opération terminée, le volume final du mélange sable-eau est mesuré. Soit (**V**) cette quantité.

Étant donné que le volume d'eau versé est de **300 ml**, il serait simple de calculer la quantité de sable seulement.

Volume de sable : $V_s = V - 300 \text{ ml}$.

La masse de sable : $M = 300 \text{ g}$.

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

$$\rho_{abs} = \frac{M}{V}$$

N d'essai	Masse utilisée M (g)	Volume utilisée Ve (ml)	V2 (ml)	ρ (g/cm ³)	ρ_{moy} (g/cm ³)
1	300	300	405	2.85	2.78
2	300	300	407	2.8	
3	300	300	408	2.7	

Tableau II 7: Masse volumiques absolue du sable concassé.

II.3.1.1.2.2. MASSE VOLUMIQUE APPARENTE:

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

* Mode opératoire:

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

$$\rho_{app} = \frac{M_2 - M_1}{V_r}$$

<i>Essai</i>	<i>Vr(cm3)</i>	<i>M1(g)</i>	<i>M2(g)</i>	<i>γ (g/cm3)</i> <i>app</i>	<i>γ moy (g/cm3)</i>
1	900	116	1363	1.51	1.53
2		116	1392	1.54	
3		116	1391	1.151	

Tableau II.8: Masse volumiques apparente du sable concassé.

II.3.1.1.2.3. POROSITÉ:

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

$$P(\%) = \left[1 - \frac{\rho_{app}}{\rho_{abs}} \right]$$

P (%) = 100 - (Masse volumique apparente / masse volumique absolue) * 100

Pour le sable de Djamaâ:

$$P = 44.96 \%$$

II.3.1.1.2.4. COMPACITÉ:

La taille d'un matériau correspond à la proportion de son volume réel occupé par la matière solide qui le compose, c'est-à-dire le rapport entre le volume absolu des grains et le volume apparent du matériau.

La compacité donnée par la formule :

$$C = \frac{\rho_{app}}{\rho_{abs}} \times 100$$

Pour le sable de Djamaâ :

$$C = 55.03\%$$

II.3.1.1.2.5. L'INDICE DES VIDES:

Le rapport entre le volume du vide et le volume du solide est connu sous le nom d'indice des vides. L'indice des vides donné par la formule:

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{P}{(100-P)} \quad \text{Avec P en pourcent (\%) .}$$

• Pour le sable de Djamaâ: $e = 0.81 \%$

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

Porosité P %	Compacité C %	Indice des vides e %
44.96	55.03	0.81

Tableau II 9: Porosité; compacité et indice des vides (sable concassé).

II.3.1.1.2.6. ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE: [NF P 18-304].

On peut définir l'analyse granulométrique par tamisage c'est un ensemble des opérations aboutissant à la séparation selon leur grosseur des éléments constituant échantillon, en employant des tamis à maille carrée afin d'obtenir une représentation de la répartition de la masse des particules à l'état sec en fonction de leur dimension.



Figure II. 8: Appareil de l'analyse granulométrique.

Après avoir mené l'expérience, les résultats sont présentés dans le tableau:

Tamis (mm)	Poids des tamis	Poids des tamis	Refus du sable	Refus cumulés	Refus cumulés %	Tamisât cumulés %
	vide(kg)	+sable(kg)				
5	0.872	0.890	0.018	18	1.2	98.8
2.5	0.754	0.951	0.197	215	14.33	85.67
1.25	0.652	1.004	0.352	567	37.8	62.2
0.63	0.622	0.940	0.318	885	59	41
0.315	0.561	0.876	0.315	1200	80	20
0.16	0.516	0.714	0.198	1398	93.2	6.8
0.08	0.507	0.586	0.079	1477	98.46	1.54
Fond	0.564	0.586	0.022	1499	99.93	0.07

Tableau II 10: Analyse granulométrique du sable concassé.

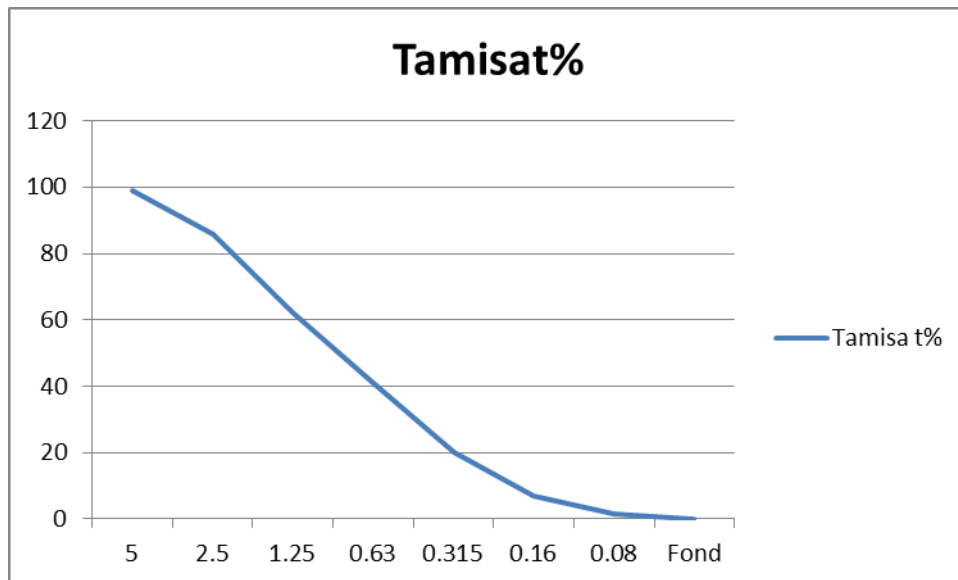


Figure II. 9: Courbe granulométrique du sable concassé.

II.3.1.1.2.7. MODULE DE FINESSE:

Le caractère plus ou moins d'un sable peut être quantifié par le calcul du module de finesse M_f celui-ci correspond à la somme des pourcentages des refus cumulés, ramenés à l'unité pour les tamis d'ouverture (0.16 / 0.315 / 0.63 / 1.25 / 2.5 / 5 mm) sur 100 ce paramètre est en particulier utilisé dans les calculs de compositions des bétons.

$$M_f = \sum R_c / 100$$

R_c : Refus cumulé.

M_f = 2.06

Les normes soviétiques spécifient le M_f des sables comme suit :

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

Pour le sable de Djamaâ: **$M_f = 2.06$** ; $2 < M_f < 2.5$

➤ C'est un sable gros.

II.3.1.1.2.8. EQUIVALENT DE SABLE (LA NORME NF P 18 -598):

Il est défini par la norme NFP 18-598; ce test d'équivalent sable, qui permet de mesurer la propreté du sable, est réalisé sur la portion de granulat qui passe au travers d'un tamis carré de 5 mm. Il rend compte de manière exhaustive de la quantité et de la qualité des éléments fins en exprimant le rapport volumique conventionnel entre les éléments sableux déposés et les éléments fins floculés.

A/ Equivalent de sable visuel: (E.S.V)

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

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

On: h_2 h_1

$$E.S. V = (h_2 / h_1) * 100 (\%)$$

h_2 : la hauteur du sable.

B/ Equivalent de sable piston: (E.S.P)

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

Introduire la règle dans l'encoche du piston jusqu'à ce que de zéro vienne buter contre la face intérieure de la tête du piston, soit h_2' la hauteur lue et correspondant à la hauteur de la partie sédimentée.

$$E.S. P = (h_2' / h_1) * 100 (\%)$$

On : h_1 : la hauteur du sable +floculat.

h_2' : la hauteur du sable ($h_2' < h_1$).

<i>N° d'Essai</i>	<i>h_1</i>	<i>h_2</i>	<i>ESV (%)</i>	<i>Moy ESV (%)</i>	<i>h_2'</i>	<i>ESP (%)</i>	<i>Moy ESP (%)</i>
1	9.6	8.4	87.05	95	8.6	89.58	93.2
2	11.1	11	99.09		10.5	94.59	
3	8.8	8.7	98.86		8.4	95.45	

Tableau II 11: Résultats de l'équivalent du sable (sable concassé).

Donc:

- E.S.V > 85
- E.S.P > 80

Sable très propre:

l'absence totale de fine argileux D'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il Faudra rattraper par augmentation du dosage en eau.

II. 3.2. GRAVIER:

II.3.2.1. TYPE DE GRAVIER UTILISÉ

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

II.3.2.1.1. Gravier Concassé:

II.3.2.1.1.1: Origine de gravier:

Le gravier de base utilisé dans la confection du béton est obtenu, par concassage de la roche d'une carrière située à 25Km de M'sila, en allant vers **B.B.A** (carrière **COSIDER**).

II.3.2.1.1.2. Classes granulaires:

- Fraction 3/8.
- Fraction 8/16.

II.3.2.1.1.3. Résistance à la compression de la roche d'origine:

La roche d'origine, est un calcaire compact de résistance à la compression, égale à **610 g /Cm2**.

II.3.2.2. Caractéristiques physiques du gravier utilisé:

II.3.2.2.1 Masses volumiques absolues:

La norme NFP 18-301 est appliquée à cet essai, qui définit la masse par unité de volume de la matière qui forme le granulat, sans prendre en compte les vides qui peuvent exister entre les grains.

➤But de l'Essai:

L'objectif de cet essai est de déterminer la masse d'une fraction granulaire lors de l'élaboration d'une composition de bétons, par exemple. Ce paramètre offre notamment la possibilité de calculer la masse ou le volume des différentes catégories granulaires mélangées afin d'obtenir un béton dont les caractéristiques sont requises. La méthode de l'éprouvette graduée a été employée dans cette étude, elle est facile, rapide et utilise un matériel courant du laboratoire.

➤ Mode opératoire:

- Remplir une éprouvette graduée avec un volume **V1** d'eau.

- Peser un échantillon sec **M** de Gravier (environ **300g**) et l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air.

- Lire le nouveau volume **V2**.

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

Fraction	N° d'Essai	M (g)	Ve (Cm³)	VI (Cm³)	ρ_{abs} (g /cm³)	ρ_{abs} moyenn (g /cm³)
3/8 (GC)	1	60.1	300	28	2.14	2.646
	2	70.6	300	24	2.94	
	3	80.3	300	28	2.86	
8/16 (GC)	1	60.2	300	20	3.01	2.451
	2	70.3	300	30	2.34	
	3	80.2	300	40	2.005	

Tableau II.12: Masse volumiques absolue des fraction 3/8 et 8/16 de gravier.

II.3.2.2.2. Masse Volumique Apparent:

➤ But de l'Essai:

L'objectif de cet essai est de déterminer la masse d'une fraction granulaire lors de l'élaboration d'une composition de bétons, par exemple. Ce paramètre permet notamment d'évaluer la masse ou le volume des graviers nécessaires pour produire un béton dont les caractéristiques sont requises.

➤ Mode opératoire de l'Essai:

Le principe de cet essai c'est de remplir un récipient gradué ((7l) pour le G 3/8 -(10l) pour le G 8/16) et déterminer la masse du contenu.

Dans cet essai on va faire les étapes suivantes: On met l'échantillon dans le récipient gradué, et on pèse le récipient à l'aide d'une balance. Puis on note les masses et les volumes pour calculer la masse volumique.

$$\rho_{app} = \frac{M_2 - M_1}{V}$$

Fraction	N° d'Essai	M ₁ (g)	M ₂ (g)	PappL (g /cm³)	PappL moyenne (g /cm³)
3/8 (GC) V=900	1	218	1612	1.394	1.4061
	2	218	1599.7	1.3817	
	3	218	1660.7	1.4427	
8/16 (GC) V=900	1	218	1644.7	1.4267	1.4413
	2	218	1670.7	1.4527	
	3	218	1662.7	1.4447	

Tableau II.13: Masse volumique apparent des fraction 3/8 et 8/16 de gravier.

II.3.2.2.3. Porosité, Compacité Et Indice Des Vides : NF P 18-554

Le mode opératoire est semblé celui effectuée pour le sable.

On calcule la porosité selon la formule:

$$P = \left(1 - \frac{\rho_{app}}{\rho_{abs}}\right) \times 100$$

La compacité donnée par la formule:

$$C = \frac{\rho_{app}}{\rho_{abs}}$$

L'indice des vides est donné par la formule suivante:

$$I = \frac{P}{C}$$

Fraction de gravie	Porosité (%)	Compacité (%)	L'indice de vide %
3/8 R	46.85	53.14	0.88
8/16 C	41.19	58.8	0.70

Tableau II.14: Porosité; Compacité et Indice des vides.

II.3.2.2.4. Analyse Granulométrique:

Les résultats obtenus pour chaque fraction du gravier, sont regroupés dans la table auxci-dessous.

a) Fraction 3/8 concassé (1500g)

Tamis (mm)	Poids des tamis vide (kg)	Refus partiel (kg)	Refus cumulés (kg)	Refus cumulés %	Tamisât cumulés %
10	0.586	0.014	0.014	0.93	99.06
8	0.638	0.121	0.135	9	91
6.3	0.638	0.4423	0.5773	38.49	61.51
5	0.656	0.3063	0.8836	58.91	41.09
4	0.603	0.4066	1.2903	86	14
3.15	0.607	0.1516	1.442	96.13	3.86
2.5	0.596	0.035	1.477	98.46	1.53
Fond	0.451	0.02366	1.5006	100.04	0.026

Tableau II.15: Analyse granulométrique du gravier concassé 3/8.

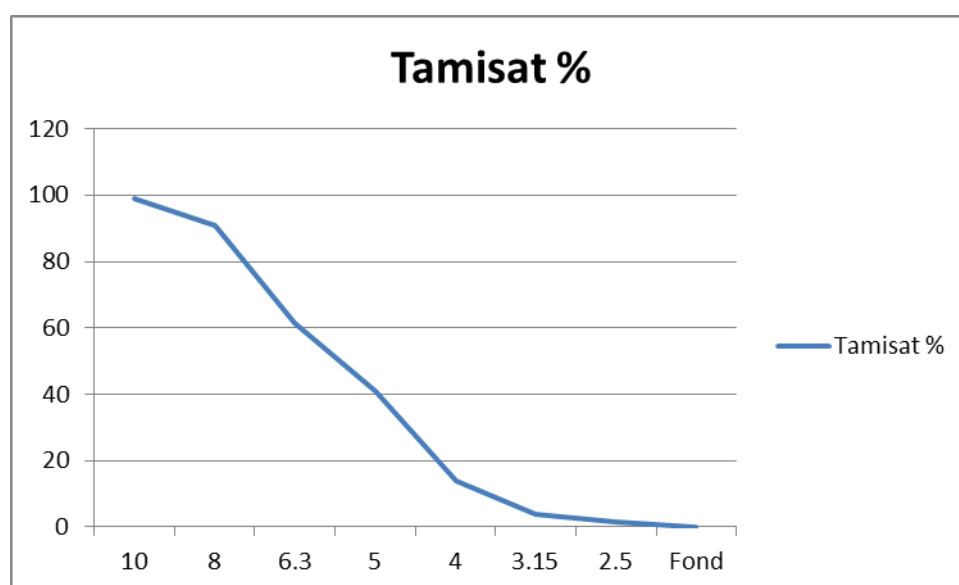


Figure II. 10: La courbe granulométrique du sable concassé 3/8.

$$M_F=4.88$$

b) Fraction 8/16 concassé (1500g):

Tamis (mm)	Poids des tamis vide(kg)	Refus partiel (kg)	Refus cumulés (kg)	Refus cumulés %	Tamisât cumulés %
20	0.675	0	0	0	100
16	0.567	0.002	0.002	0.13	99.87
12.5	0.577	0.118	0.120	8	92
10	0.586	0.395	0.515	34.33	65.67
8	0.652	0.714	1.229	81.93	18.07
6.3	0.637	0.242	1.471	98.06	1.94
Fond	0.531	0.026	1.497	99.8	0.2

Tableau II.16: Analyse granulométrique du gravier concassé 8/16.

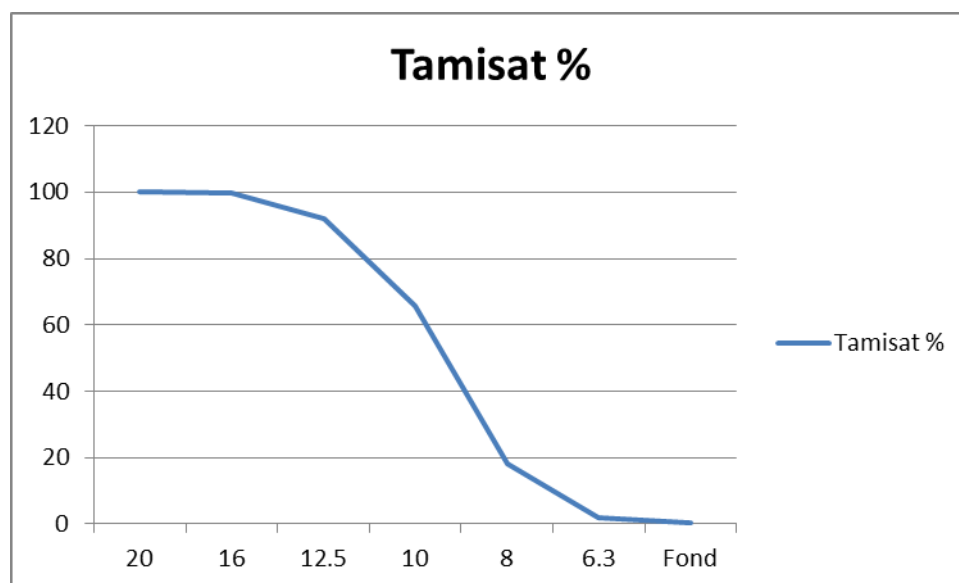


Figure II. 11:La courbe granulométrique du sable concassé 8/16.

$$MF=4.22$$

II.3.2.2.5. Les Caractéristiques Mécaniques Des Grapiers Utilisés:

II.3.2.2.5.1. Essai De Résistance Au Choc (Essai Los Angeles) : NF P18-573.

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



Figure II. 12: Appareil de l'essai Los Angeles.

II.3.2.2.6.1. Principe de l'essai:

L'objectif de l'essai est de mesurer la masse **m** d'éléments de moins de 1,6 mm, obtenus par la fragmentation du matériau testé (avec des diamètres allant de 4 à 50 mm), et soumis aux chocs de boulets normalisés dans le cylindre de la machine Los Angeles pendant 500 rotations.

II.3.2.2.6.2. Formulation:

Si **M** est la masse du matériau soumis à l'essai et **m** la masse des éléments inférieurs à **1.6 mm** produits au cours de l'essai, la résistance à la fragmentation aux chocs s'exprime par le coefficient Los Angeles (LA) $L_A = \left(\frac{m}{M}\right) * 100$

Les résultats obtenus sont présentés au tableau suivant:

Fraction de Gravier	Nombre de boules	M (Kg)	m (Kg)	Coef LA %
Gravier R 3/8	7	5	1.146	22.92
Gravier 8/16	11	5	0.984	19.68

Tableau II.17: Caractéristiques mécanique du gravier utilisé.

II.3.2.2.6.3. Classification:

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

Coefficient LA	Nature de la Roche
< 20	Très dure
20 à 25	Dure
25 à 30	Assez dure
30 à 40	Mis dure
40 à 50	Tendre
> 50	Trèstendre

Tableau II.18: Classification des roches en fonction du coefficient LA.

Commentaries:

- Le gravier (8/16): c'est un gravier très dur (LA=19.68 %) / (LA <20),
- Le gravier roulé (3/8): c'est un gravier dur (LA= 22.92%) / (20 <LA<25),

II.3.2.2.7. Caractéristiques Chimiques Des Graviers Concassés:

- La composition chimique du gravier de carrière COSIDER est établie en mars **2004**, à la cimenterie de ACC (M'sila)

ELEMENT	SIO2	AL2O3	CAO	FE2O3	MGO	SO3	K2O	NA2O
Teneur (%)	40.65	8.87	40.56	3.25	3.65	0.79	0.65	0.01

Tableau II.19: Analyse chimique de la pierre concassé.

II. 3.3. LE CIMENT:

II.3.3.1. Type De Ciment Utilisé:

II.3.3.1.1. Ciment Matine 42.5:

Nous avons utilisé un seul type de ciment au cours de cette expérimentation. Il s'agit d'un ciment portland composé CPJ-CEM II /A 42.5 NA 442 (MATINE). Provenant de la cimenterie de LAFARGE usine de M'sila. Il est obtenu par le mélange finement broyé de clinker et d'ajouts. Du sulfate de calcium est ajouté sous forme de gypse en tant que régulateur de prise. C'est un Ciment conforme de la norme NA 442 :2000.



Figure II. 13: Ciment Matine 42,5.

Caractérisation de ciment Matine 42.5		Résultats
Module de finesse	MF(cm ² /g)	3488
La masse volumique	γ (kg/l)	1.316
	ρ_{abs} (g/cm ³)	3

Tableau II.20: Les caractérisation de ciment Matine 42.5. [53]

Eléments	Teneur (%)
SiO ₂	17.35
Al ₂ O ₃	4.51
Fe ₂ O ₃	2.92
CaO	59.87
MgO	1.62
SO ₃	3.08
K ₂ O	0.617
Na ₂ O	-

Tableau II.21: Les teneurs des éléments de composition le ciment Matine 42.5.

II. 3.4. SCIURE DE BOIS:



Figure II. 14: Sciure de bois.

II. 3.4.1. Capacité D'absorption

La différence de masses $M_1 = 18\text{g}$, $M_2 = 38\text{g}$,

$M_2 - M_1 = 38 - 20 = -18\text{g}$ alors la différence est 18g

Avec M_2 : masse saturée en eau, M_1 : Masse sèche de la sciure de bois

La sciure de bois a une grande capacité d'absorption.

II.3.4.2. L'ADJUVANT: SUPER PLASTIFIANT MEDAFLOW 30 /30:



Figure II. 15: L'adjuvant: super plastifiant MEDAFLOW 30/30.

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

II.3.4.2.1. DESCRIPTION

Le MEDAFLOW 30 est un réducteur d'eau haut de gamme de plastifiant de la troisième génération. Il est fabriqué à partir de polycarboxylates d'Ether qui révèlent une amélioration significative des caractéristiques des bétons.

Le MEDAFLOW 30 offre la possibilité de fabriquer des bétons et des mortiers de grande qualité. Outre sa principale fonction de super plastifiant. Il aide à réduire considérablement la teneur en eau du béton. Le MEDAFLOW 30 n'a pas d'effet de retard.

II. 3.4.2.2. 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 segregation
- Faciliter la mise en oeuvre du béton

Sur béton durci:

- Augmenter les résistances mécaniques à jeune âge et à long terme
- Diminuer la porosité.

Augmenter la durabilité. Diminuer le retrait et le risque de fissuration

II.3.4.2.3. Mode D'emploi:

- On ajoute le **MEDAFLOW 30** à l'eau de gâchage. Il est conseillé d'incorporer l'adjuvant dans le béton après avoir déjà ajouté 50 à 70% de l'eau de gâchage

II.3.4.2.4. Dosage:

Plage de dosage recommandé:

0,5 à 2,0 % du poids de ciment. Des dosages supérieurs à 1,5% du poids de ciment permettent d'obtenir un retard de début de prise du ciment.

Le dosage optimal doit être déterminé sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés.[26]

II.3.4.10. ESSAIS DU TAUX DE SATURATION :

C=1736g E=868g E /C=0,5



Figure II. 16: Taux de saturation par MEDAFLOW 40.(au cône de March)

Sp (%) Medafluid 30	0.5	0.75	1	1.5	1.75	2
Temps d'écoulement (s)	20	18	15	11	11	11

Tableau II.22: Taux de saturation par L'adjuvant: super plastifiant MEDAFLOW 30/30.

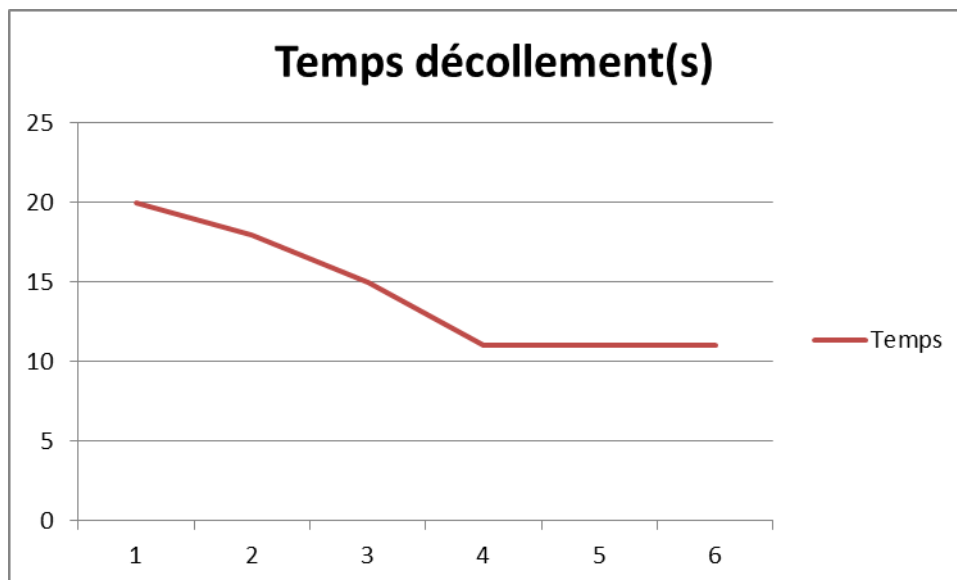


Figure II. 17: L'adjuvant super plastifiant MEDAFLOW 30/30.

Le taux de saturation en super plastifiant est estimé d'après le graphe de la figure à 1.5% de Medafluid30.

Ii.3.5. L'eau De Gâchage:

L'eau de gâchage utilisé est une eau potable prise aux laboratoires de génie civil de l'université de m'sila.

II. 3.5.1. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DE L'EAU UTILISEE:

Etablie au laboratoire de chimie (université de M'sila) . Elle est donnée par Tableau suivant:

La mesure	Teneur en (mg/l)
Degré de température	24.7
PH	7.78
Conductibilité	1799
Chlore Cl-	234.3
Sulfate So-4	351.6
Magnésium Mg2+	110.8
Sodium Na+	/
Calcium Ca2+	267.2
Sédiment sec	1412
Rééligibilité d'oxydation en eau	1024

Tableau II.23: Caractéristique Chimique d'eau.

II.4. CALCUL DE LA PROPORTION DES CONSTITUANTS :

II.4.1 Formulation du béton Méthodes de Dreux Gorisse

*Application numérique

1. Détermination du dosage en ciment par m^3 de béton :

$$R_b = G R_c (C/E - 0.5) (3.20)$$

G : Coefficient granulaire donné par le (Tableau III.25), en fonction de la qualité et de

La dimension maximale (D_{max}) du gravier.

Valeurs de G coefficient granulaire:

qualité des granulats	Dimension des granulats D(mm)		
	Fins	Moyens	Gros
	$D \leq 12.5$	$20 \leq D \leq 31.5$	$D \leq 40$
Excellent	0.55	0.60	0.65
bonne, courante	0.45	0.50	0.55
passable	0.35	0.40	0.45

Tableau II 24: Valeurs de G coefficient granulaire.

$$D = 16\text{mm} \rightarrow G = 0.45$$

R_c: Classe vraie du ciment à 28 jours (**46 MPA**)

$$\frac{C}{E} + \frac{R_b}{G \cdot R_c} + 0.5 = \frac{28.75}{0.45 \cdot 46} + 0.5$$

$$\frac{C}{E} = 1.89$$

En sachant le rapport C/E de la fluidité souhaitée, qui est une donnée du problème, il est possible de déterminer le dosage de ciment en se basant sur l'abaque. **Figure II .14: Dosage enciment.**

$$A_f = 7\text{cm}$$

→ l'abaque donne la valeur du dosage en ciment: **C = 450K g (voir figure II.10)**

$$\frac{C}{E} = 2.63$$

2. Détermination Du Dosage En Eau:

$$\frac{C}{E}=2.63$$

→ On en déduit la valeur de E qui est: **E = 171kg** Correction sur le dosage en eau.

$$\mathbf{E = 171kg}$$

$$\mathbf{C = 450Kg}$$

3. Tracé De La Courbe Granulaire De Référence:

Composition granulaire de référence **OAB** avec:

Le point **O** est repéré par ses coordonnées [0.08; 0]

Le point **B** est repéré par ses coordonnées [D; 100] (D: le diamètre du plus gros granula D = 16).

Le point de brisure **A** à les coordonnées suivantes :

$$D = 16 < 20\text{mm}: XA = D/2 = 8$$

$$Y_A = 50 - \sqrt{1,25D} + K + K_S + K_P$$

Les pourcentages des granulats suivants:

- **Sable 0/5: 50%**
- **Gravier 3/8 : 60%**
- **Gravier 8/16: 40%**

4. Coefficient de Compacité:

$$VM = V_S + 6 V_G + V_C \quad (3.21)$$

$$V = 1000\gamma - c \quad (3.22)$$

5. Dosage des granulats:

Volume absolu du ciment:

$$\mathbf{C = \frac{c}{\rho c}}$$

$$c = \frac{450}{3.1} = \mathbf{145,161L}$$

- Volume absolu du granulats (l'ensemble) :

$$V_G = 1000 \times 0.823 - 145.161 = 677.839L$$

- Volume absolu du Sable:

$$V_S = \frac{26}{100} \times V_G = \mathbf{176.238l}$$

- Volume absolu du Gravier 3/8:

$$V_{G3/8} = \frac{15.5}{100} \times V_G = \mathbf{105.065l}$$

- Volume absolu du Gravier 8/16:

$$V_{G8/16} = \frac{58.5}{100} \times V_G = \mathbf{396.535l}$$

Les dosages en masse des éléments secs (granulats, sable) pour $1m^3$ de béton sont donnés par:

- Volume absolu du Sable:

$$M_S = V_S \times \gamma_S = \mathbf{456,45l}$$

- Volume absolu du Gravier 3/8:

$$M_{g3/8} = V_{g3/8} \times \gamma_{g3/8} = \mathbf{278,001l}$$

- Volume absolu du Gravier 8/16:

$$M_{g8/16} = V_{g8/16} \times \gamma_{8/16} = \mathbf{971,907l}$$

Pour préparer $1m^3$ de béton, il faudra donc les masses suivantes:

Constituants	Masse (kg)
Sable de dune (50%)	300
Sable concassé (50%)	300
Gravier concassé (3/8) (60%)	720
Gravier concassé (8/16) (40%)	480
Ciment matine 42,5	450
Eau (E)	171

--	--

Tableau II.25: Formulation des différentes mélanges testés : Pour préparer 1m³.

Combinaison I:

Constituants	Masse (kg)
Sable de dune (50%)	300
Sable concassé (50%)	300
Sciure de Bois (0%)	0
Gravier concassé (3/8) (60%)	720
Gravier concassé (8/16)(40%)	480
Ciment matine42,5	450
Eau (E)	171

Tableau II.26: Formulation de Béton I.

Combinaison II:

Constituants	Masse(kg)
Sable de dune (50%)	300
Sable concassé (50%)	300
Sciure de Bois (10%)	1.93
Gravier concassé (3/8)(60%)	720
Gravier concassé(8/16)(40%)	480
Ciment matine42,5	450
Eau (E)	171

Tableau II.27: Formulation de Béton II.

Combinaison III:

Constituants	Masse (Kg)
Sable de dune (50%)	300
Sable concassé (50%)	300

Sciure de Bois (10%)	3.96
Gravier concassé (8/16) (40%)	480
Gravier concassé (3/8) (60%)	720
Ciment matine42, 5	450
Eau (E)	171

Tableau II.28 Formulation de Béton III.

Combinaison IV:

Constituants	Masse (Kg)
Sable de dune (50%)	300
Sable concassé (50%)	300
Sciure de Bois (10%)	5.94
Gravier concassé(3/8)(60%)	720
Gravier concassé (8/16)	480
Ciment matine42, 5	450
Eau (E)	171

Tableau II.29: Formulation de Béton IV.

CombinaisonV:

Constituants	Masse (kg)
Sable de dune (50%)	300
Sable concassé (50%)	300
Sciure de Bois (10%)	7,92
Gravier concassé (3/8) (60%)	720
Gravier concassé (8/16)	480
Ciment matine42, 5	450
Eau (E)	171

Tableau II.30: Formulation de Béton V.

CombinaisonVI:

Constituants	Masse (kg)
Sable de dune (50%)	300
Sable concassé (50%)	300
Sciure de Bois (10%)	9,9
Gravier concassé (3/8) (60%)	720
Gravier concassé (8/16)	480
Ciment matine42, 5	450
Eau (E)	171

Tableau II.31: Formulation de Béton VI.

Combinaison VII:

Constituants	Masse (kg)
Sable de dune (50%)	300
Sable concassé (50%)	300
Sciure de Bois (10%)	11,88
Gravier concassé (3/8) (60%)	720
Gravier concassé (8/16)	480
Ciment matine 42,5	450
Eau (E)	171

Tableau II.32: Formulation de BétonVII.

Combinaison VIII:

Constituants	Masse (kg)
Sable de dune (50%)	300

Sable concassé (50%)	300
Sciure de Bois (10%)	13,86
Gravier concassé (3/8)(60%)	720
Gravier concassé (8/16)	480
Ciment matine42, 5	450
Eau (E)	171

Tableau II.33: Formulation de Béton VIII.

Combinaison IX:

Constituants	Masse (kg)
Sable de dune (50%)	300
Sable concassé (50%)	300
Sciure de Bois (10%)	15,84
Gravier concassé (3/8)(60%)	720
Gravier concassé (8/16)	480
Ciment matine42, 5	450
Eau (E)	171

Tableau II.34: Formulation de Béton IX.

Pour coulage de 9 éprouvettes cubiques.et 3 éprouvettes prismatique.

$$V = [(0.1 \times 0.1 \times 0.1 \times 9) + 3 \times 0.07 \times 0.07 \times 0.28] = 0.01929 \text{ m}^3.$$

II.5. PERFORMANCES DES BETONS À L'ETAT FRAIS ET À L'ETAT DURCI:

II.5.1 Affaissement Au Cone d'Abrams:

a) Principe de l'essai:

L'objectif de cet essai est d'évaluer la profondeur d'affaissement d'un volume tronconique de béton tout frais. Il est comprimé dans un moule de forme de tronc de cône. Quand on soutient verticalement le cône, on peut mesurer la consistance du béton en l'affaisant.

b) Appareillage:

- Le modèle de l'éprouvette doit être fabriqué à partir d'un métal non directement attaqué par la pâte de ciment, avec une épaisseur minimale de 1,5 mm. Il est important que la paroi intérieure du moule soit lisse, sans aspérités. Il est essentiel que le moule présente la forme d'un tronc de cône creux avec les dimensions intérieures suivantes:

- diamètre de la base : (200 ± 2) mm ;

- diamètre du haut : (100 ± 2) mm ;

- hauteur : (300 ± 2) mm ;

c) Mode opératoire:

- Plonger le moule et le plateau de base dans de l'eau, puis déposer le moule sur le plateau.

- Pendant le remplissage, il est important de maintenir fermement le moule en place en le rapprochant par les deux pattes de fixation.

- Ajouter trois couches au moule, chacune correspondant approximativement, après avoir serré, au tiers de la hauteur du moule. Établir chaque couche à 25 reprises à l'aide de la tige de coupe. Distribuer les coups de manière homogène sur la partie de chaque couche. Il faut incliner légèrement la tige pour la couche inférieure et donner environ la moitié des piquages avec des coups en spirale jusqu'au centre. La deuxième couche et la couche supérieure doivent être piquées surtout leur épaisseur, de manière à ce que la tige pénètre légèrement dans la couche en dessous. Avant de commencer le piquage, il est recommandé de placer un excès de béton au-dessus du moule lors du remplissage et du compactage de la couche supérieure. En cas d'absence de béton au-dessous du bord supérieur du moule lors du piquage de la couche supérieure. En ajoutant du béton, on peut toujours obtenir un excès. Une fois que l'on a bien piqué la couche supérieure, il faut araser le béton en suivant le bord supérieur du moule en sciant et en roulant avec la tige de piquage.

- Éliminer le béton s'écoulant sur le plateau de base. Démouler le béton en levant avec précaution le moule verticalement.

- Dès que le moule est retiré, évaluer l'affaissement (h) en étudiant la distance entre la hauteur du moule et le point le plus élevé du corps d'épreuve affaissé.

II.5.2 Résistance À La Compression:

Nous effectuons l'essai de compression sur des échantillons de forme cubique normalisée et d'élancement 2 ($10 \times 10 \times 10$ cm; norme NFP18-406, NA427). La vitesse de charge reste inchangée. Une presse de force de classe « B » avec une capacité maximale de

1500 kN est utilisée pour l'essai, conformément à la norme NF P 18-412 (NA 2832). Les échantillons sont stockés sans être transportés pendant une durée de 24 heures. Une

fois démoulé, Les échantillons de 10x10x10 cm³ sont stockés dans de l'eau à une température de 20 à 23°C pendant une période de 28 jours. On a effectué des essais d'écrasement à différents âges (7, 14, 28) tous les jours. On calcule la résistance à l'aide de la formule:

$$f_c = \frac{F}{AC}(3.24)$$

f_c: résistance en compression, exprimée en mégapascal (Newton par millimètres carrés).

F: charge maximale, exprimée en Newtons.

AC: l'aire de la section de l'éprouvette sur laquelle la force de compression est appliquée, Calculée à partir de la dimension nominale de l'éprouvette.

La résistance à la compression doit être exprimée à MPa (N/mm²) près.



Figure II.18: Machine d'essai de compression et Les moules 10*10*10 cm.

II.5.3 RESISTANCE A LA TRACTION PAR FLEXION :NF P18_408

But de l'Essai :

cet essai a aussi pour but de déterminer la résistance à la traction du béton c'est un essai de traction par flexion qui consiste à écraser un prismatique (7*7*28) de béton placé horizontalement entre deux plateaux d'une presse.

Conduite de l'Essai :

Lors d'un de flexion trois points la poutre de béton est soumise dans sa partie supérieure à des contraintes de compression et dans sa partie inférieure à des contraintes de traction .compte tenu que le béton résiste beaucoup moins à la traction qu'à la compression (dans un rapport de 10)l'éprouvette va sa rompre dès que le béton aura atteint sa limite entraction .la contrainte limite qui d'école d'un calcul classique de résistance des matériaux en élasticité (contrainte de traction par flexion).le matériau béton n'ayant pas un comportement élastique au voisinage de la rupture, il convient d'apporter au calcul de la résistance en traction du béton un terme correctif de 0,6

II.6. CONCLUSION :

Au cours de ce chapitre. Nous avons déterminé les différentes propriétés physiques, chimiques et mécaniques des éléments. Toutes les catégories granulaires sont représentées par leurs courbes de granulométrie. Il était essentiel d'identifier la norme à laquelle les divers mélanges doivent se conformer. Nous avons mis au point la technique de formulation et nous avons déterminé la proportion des ingrédientsDes paramètres ont été définis, comme le ratio eau/ciment, le ratio granulat/sable et le ratio sciure de bois dans le ciment, les granulats, le sable et l'eau. L'évaluation de la texture des bétons analysés a été réalisée grâce à l'essai du cône d'Abrams. On décrit les essais de compression et de traction par flexion. Ils permettront d'obtenir la résistance à la compression et à traction de tous les mélanges.

Chapitre III

Résultats Et Discussions

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1 INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous présentons les résultats des essais effectués sur les bétons à base d'un mélange de béton ordinaire plus un pourcentage de sciure de bois avec différentes combinaisons.

III.2. OBJECTIF DE LA RECHERCHE :

L'objectif de ce mémoire est d'étudier les propriétés rhéologiques et mécanique du béton innovant au sciure de bois réalisés avec différents pourcentages de sciure de bois dans le but d'avoir un mortier avec une résistance acceptable avec une bonne isolation thermique et phonique .

III.2.2Affaissement:

Pour une consistance normale. Entre 7 ± 1 cm au cône d'Abrams, nous avons obtenus les résultats présentés ci-dessous :

Type de Béton	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉
Affaissement t (cm)	7	7	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6

Tableau III. 1: Variation de l'affaissement en fonction du type de béton.

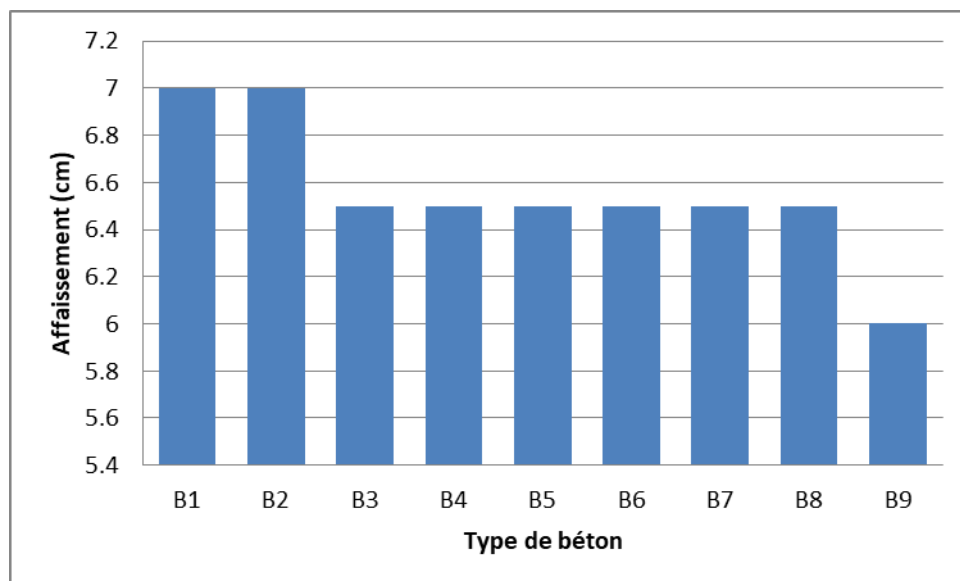


Figure III.1: Variation de l'affaissement du béton.

A la fin du malaxage, on mesure l'affaissement du béton à l'aide du cône d'Abrams, la **figure III.1** représente la variation de l'affaissement en fonction du pourcentage de sciure de bois de chaque béton. On remarque que l'affaissement est prise presque constante entre 6 et 7cm, mais la réduction d'eau est comptabilisée.

III.3. BETON A L'ETAT DURCI :

III.3.1. La Masse Volumique A L'état Durci Des Mélanges De Béton :

Type de Béton $\rho_v(\text{g/cm}^3)$	B ₁ 0%	B ₂ 10%	B ₃ 20%	B ₄ 30%	B ₅ 40%	B ₆ 50%	B ₇ 60%	B ₈ 70%	B ₉ 80%
7J	2.390	2.227	2.174	2.214	1.975	2.066	1.800	1.80	1.891
14J	2.432	2.245	2.169	2.192	2.003	2.0055	1.841	1.734	1.929
28J	2.433	2.236	2.195	2.240	1.980	2.085	1.580	1.756	1.927

Tableau III. 2:La masse volumique à l'état durci des mélanges de béton.

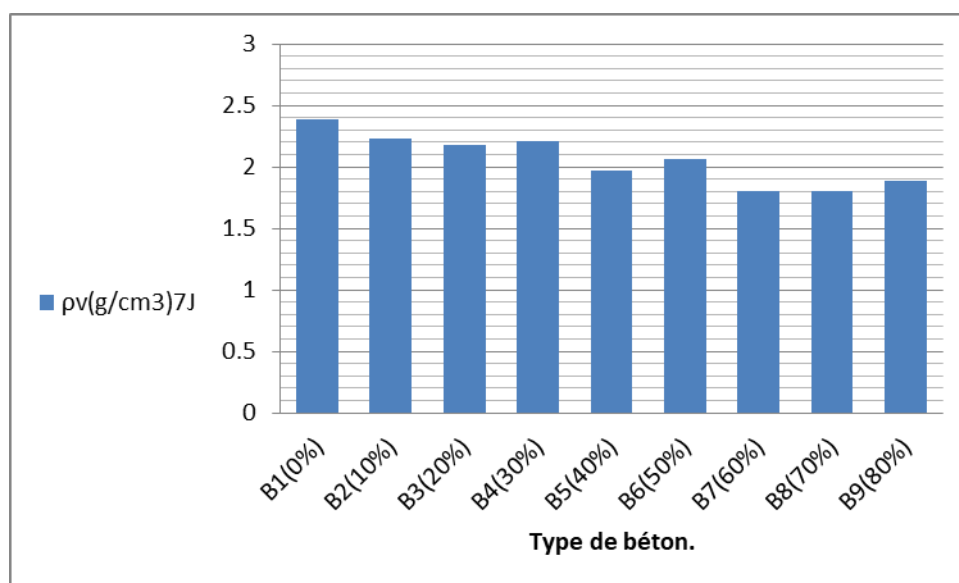


Figure III. 2: masse volumique des mélanges de béton à 7 jours.

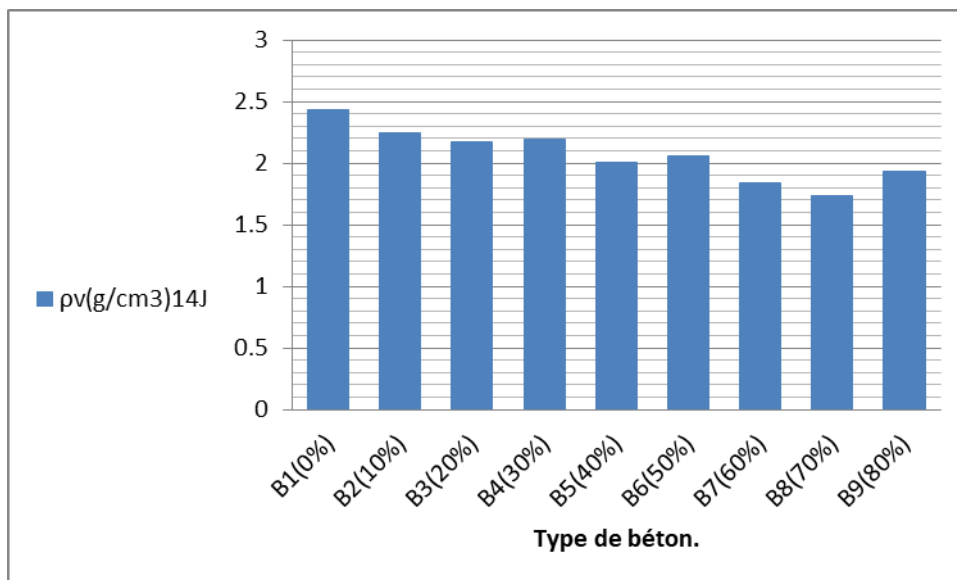


Figure III. 3: masse volumique des mélanges de béton à 14 jours.

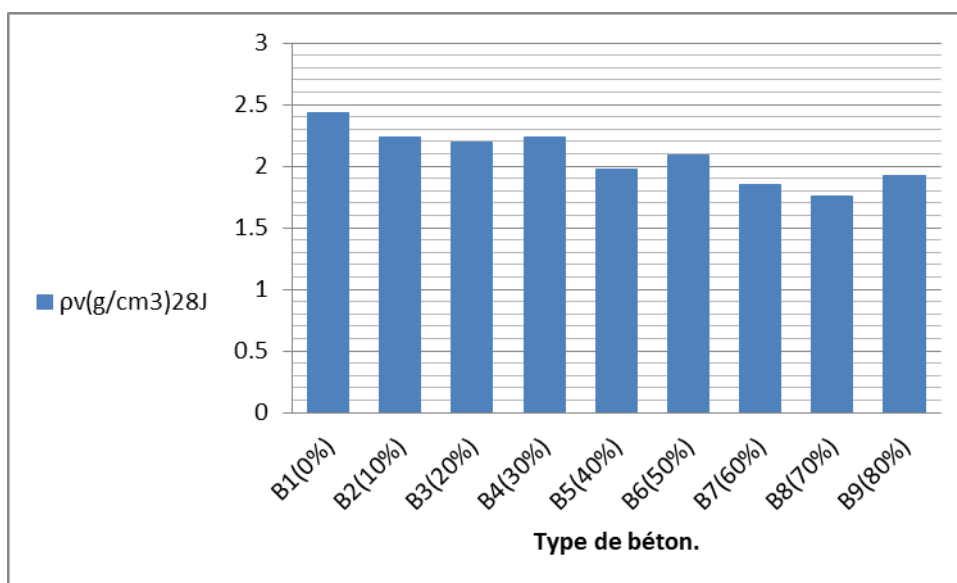


Figure III.4: masse volumique des mélanges de béton à 28 jours.

Remarque :

On constate une diminution de la masse volumique au fur et à mesure que la proportion de sciure bois dans le mélange augmente, et cela est dû au fait que la sciure de bois absorbe de l'eau en grande proportion et que la masse volumique de la sciure de bois est faible devant la masse volumique du béton.

III.3.2: RESISTANCE A LA COMPRESSION DES DIFFERENTS MELANGES :

Type de béton R_c	B ₁ 0%	B ₂ 10%	B ₃ 20%	B ₄ 30%	B ₅ 40%	B ₆ 50%	B ₇ 60%	B ₈ 70%	B ₉ 80%
7J	45.78	26.68	21.80	18.97	7.64	10.45	4.35	2.36	2.74
14J	48.03	32.17	23.22	23.82	9.99	13.97	4.75	2.74	3.46
28J	52.61	34.66	25.33	25.13	9.91	14.04	4.99	2.89	3.86

Tableau III. 3: Résistance à la compression à l'état durci des différents bétons étudiés.

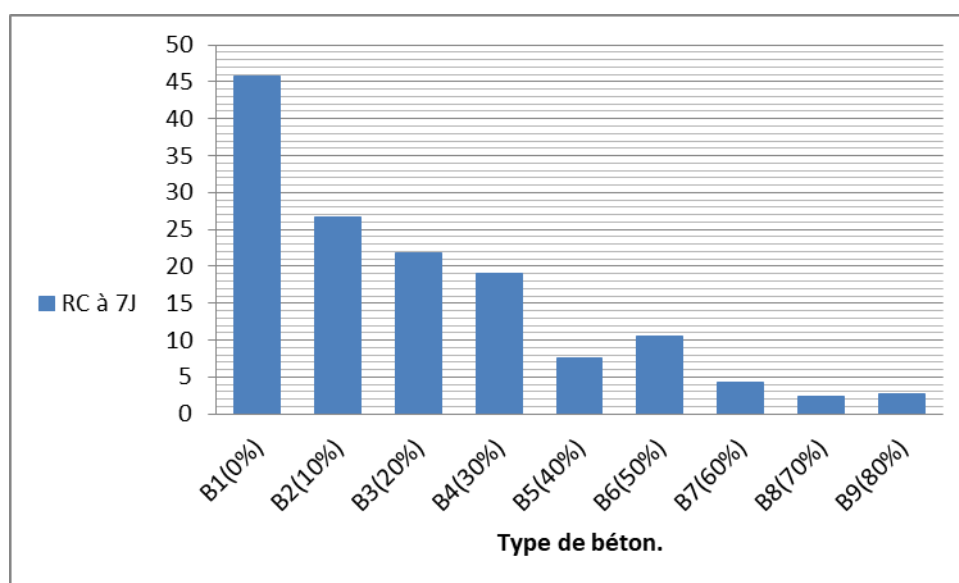


Figure III.5: Résistance à la compression à l'état durci des différents bétons étudiés.

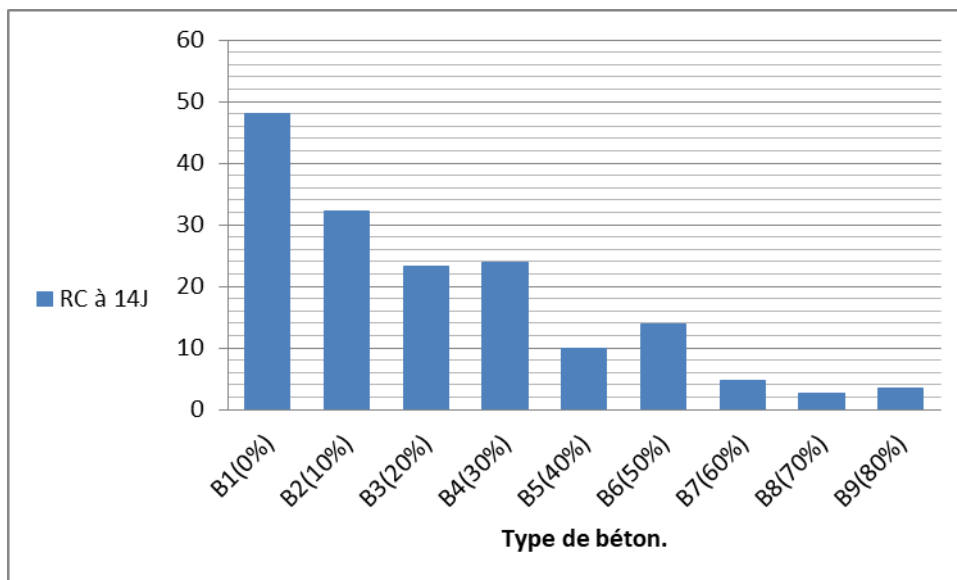


Figure III.6: Résistance à la compression à l'état durci des différents bétons étudiés.

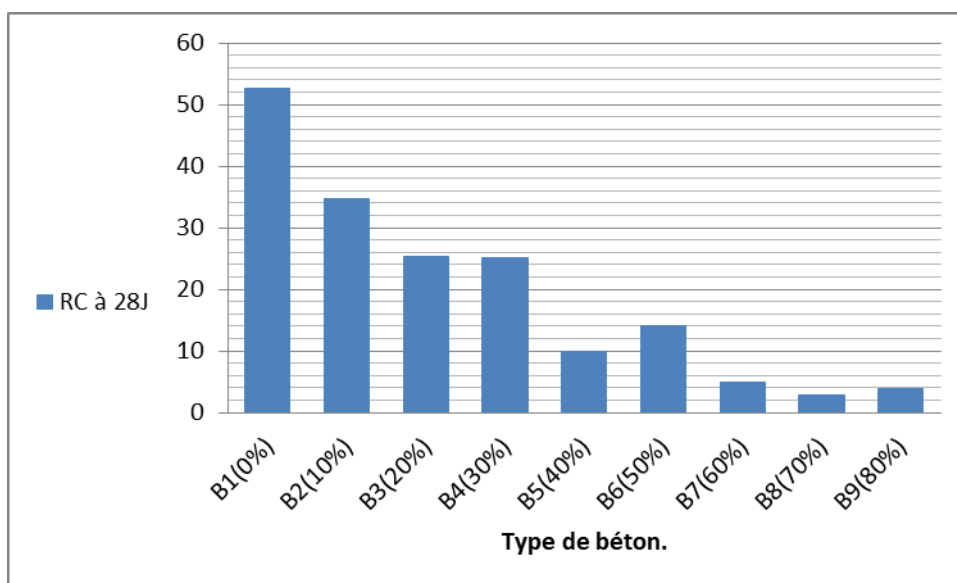


Figure III.7: Résistance à la compression à l'état durci des différents bétons étudiés.

Remarque :

Les mélanges sans sciure de bois donnent les meilleurs résultats des résistances à la compression ce qui est normal, les mélanges avec 10% , 20% et 30% de sciure de bois donnent les meilleures valeurs de la résistance à la compression, plus en augmente le pourcentage de bois plus la résistance à la compression diminue, les mélanges avec 10,20 et 30% de sciure de bois affiche des résistances supérieures à 20 Mpa ce qui est acceptable pour un béton Utilisé dans la confection de plaques de revêtement isolantes et iso phonique.

III.3.3 Mesure de la résistance à la traction (7, 14, 28) j :

Béton avec différents % de sciure de bois	Traction par flexion à 28j (Mpa)
Béton1-0%	3.87
Béton2-10%	2.24
Béton3-20%	2.97
Béton4-30%	3.29
Béton5-40%	1.59
Béton6-50%	2.86
Béton7-60%	1.12
Béton8-70%	0.78
Béton9-80%	0.58

Tableau III. 4: résistance à la traction par flexion (7j, 14j, 28j).

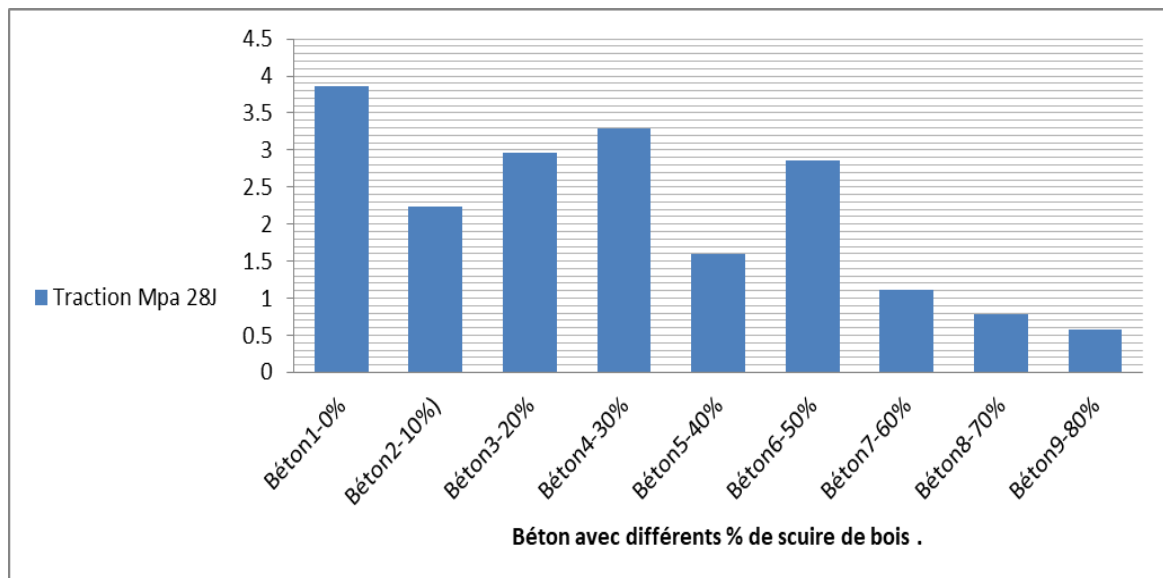


Figure III.8: résistance à la traction par flexion (7j, 14j, 28j).

Nous notons que plus le pourcentage de sciure de bois dans le mélange augmente, plus la valeur de la résistance à la traction diminue.

III.4. CONCLUSION :

La masse volumique du béton durci diminue en augmentons le pourcentage de sciure de bois pour tous les mélanges de béton étudiés .Plus le pourcentage de sciure de bois dans le mélange augmente, plus la valeur de la résistance à la traction diminue.

Les mélanges sans sciure de bois donnent les meilleures résultats des résistances à la compression ce qui est normal, les mélanges avec 10% , 20% et 30% de sciure de bois donnent les meilleures valeurs de la résistance à la compression, plus en augmente le pourcentage de bois plus la résistance à la compression diminue, les mélanges avec 10,20 et 30% de sciure de bois affiche des résistances supérieure à 20 Mpa ce qui est acceptable pour un béton Utilisé dans la confection de plaques de revêtement isolantes et iso phonique, ou pour la réalisation de murs de parement au niveau des passages de trains ou au niveau des habitations très proche des aéroports .

Ces murs de parement jouent un rôle très important dans l'isolation des localités très proche des gares de trains et aéroports afin d'isoler ces habitations des nuisances très importantes due au décollage et atterrissage des avions, ou a larivé et les départs des trains, d'ou l'importance de ce sujet.

Conclusion générale :

La fabrication du béton en Algérie repose essentiellement sur l'utilisation de matériaux classiques tels que le sable, le gravier et le ciment. Cependant, la valorisation des sous-produits naturels issus d'autres secteurs, comme la sciure de bois provenant du travail du bois, reste peu exploitée. Cette étude s'est ainsi inscrite dans une démarche visant à intégrer ce type de déchet dans la composition du béton, en évaluant ses effets sur les propriétés finales du matériau.

La sciure de bois présente plusieurs atouts intéressants, notamment en matière d'isolation thermique et acoustique. En respectant les exigences de résistance et de durabilité du béton, son intégration peut représenter une alternative innovante à la fois sur les plans technique, économique et environnemental.

Dans ce travail, nous avons cherché à identifier la formulation optimale en combinant deux types de sables (de Djamaâ et concassé) avec du ciment, et différentes proportions de sciure de bois. Plusieurs dosages ont été testés afin d'évaluer leur influence sur les performances mécaniques du béton.

Les principales conclusions tirées de cette recherche sont les suivantes :

Les mélanges contenant 10 %, 20 % ; 30% de sciure de bois ont montré de meilleurs résultats en termes de résistance, comparés à ceux sans sciure (0 %), ce qui prouve que l'ajout contrôlé de sciure peut renforcer certaines propriétés du béton.

Au-delà de certains pourcentages (notamment 40%,50%,60% ,70%,80%), la présence excessive de sciure tend à affaiblir les résistances mécaniques du béton, ce qui montre que le dosage doit être optimisé pour garantir une bonne performance.

En somme, l'utilisation modérée de sciure de bois (10, 20 % et 30%) dans la composition du béton représente une solution prometteuse pour un béton plus durable. Elle ouvre des perspectives intéressantes pour la valorisation des déchets naturels, l'élargissement des usages du béton, et la promotion de solutions de construction plus respectueuses de l'environnement.

Références

Bibliographique

Références Bibliographiques

- [1] Augustin Maché Ciments et mortiers, Libr.Armand Colin, coll. « Génie civil », 1935, « Introduction», p. 2.)
- [2] Cyrille Simonnet: Le béton armé: origine, invention, esthétique». Thèse de doctorat Paris, EHESS, 1994,
- [3] <http://www.ecole-beton.fr>)
- [4] (<http://www.lafarge.fr>)
- [5]<http://fr.wikipedia.org>)
- [6] ALRIM K. Etude de l'influence de différents facteurs d'allègement des matériaux argileux: Le béton argileux léger, Généralisation à d'autres fines de roches et application à la conception d'éléments de construction préfabriqués.)
- [7] M. QUENEUDEC, GUILLOREL, J. Mise au point d'un matériel et d'un matériau pour la fabrication de blocs de bauge mécanisée. Dépôt INPI, Rennes 1989.).
- [8] AYACHE Brahim. RAHAL Ilyes. BENMANSOUR Walid. CARACTERISATION DES DIFFERENTS TYPES DE BETON A BASE DE COPEAUX DE BOIS (Béton Ordinaire - Béton Autoplaçant - Béton A Haute Performance) BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA 2019)
- [9] Norme Française XP P 18-540, "Granulats Définitions, conformité, spécifications, indice de classement: P 15-540", (1997).
- [10] A.CHAREF, "La problématique des granulats au Maroc", Push-Button Publishing (2007).
- [11] DAOUDI Djillali FATMI Brahim.Caractérisation des granulats pour la formulation d'un béton.UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN DE TIARET 2021).
- [12] R. MAILLOT, "Mémento technique des Granulats", les Presses de l'Ecole des Mines, Paris, 166 p., (2001).
- [13] Loewinson-Lessing F. Composition chimique OES roches éruptives, l'Université de Saint-Pétersbourg. Pdf.
- [14] Witier P., Platret G., et al., 1999. Analyse et caractérisation de matériaux de construction. Laboratoire central des Ponts et Chaussées, service Physico-chimie des matériaux, Paris.
- [15] Berredjem L., 2009. Le recyclage des bétons démolition, solution pour le développement durable, formulation et comportement physique et mécanique des bétons à base de ces recycle. mémoire de magister, université Badji Mokhtar Annaba.

- [16] Serifou M., 2013. Béton à base de recyclats: influence du type de recyclats et rôle de la formulation. Thèse de doctorat, l'université Bordeaux I, France.
- [17] F DE LARRARD) "concrète mixture-proportioning-A scientific Approach" Londres 1999).
- [18] R. Dupain, R. Lanchan & J.-C. Saint-Arroman, "Granulats, Sols, Ciments et Bétons", Editions Casteilla, 2ème édition, 236 p., (2000).
- [19] Norme Française EN 933-3, Partie 3, AFNOR, (1996).
- [20] Norme Française P 18 554, "Granulats - Mesures des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption et de la teneur en eau des gravillons La masse volumique apparente est le rapport entre la masse sèche de l'échantillon et le volume de la matière solide qui le compose, en incluant les pores intergranulaires. lons et cailloux", (1990)
- [21] NEVILLE A.M., 2000. Propriétés des bétons", traduit par le CRIB, Edition Eyrolles.
- [22] Norme Française P 18 554, "Granulats - Mesures des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption et de la teneur en eau des gravillons et cailloux", (1990).
- [23] Norme Française EN 1097-3, "Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats – Partie 3, AFNOR, (1996).
- [24] Monteiro P.J.M., Mehta P.K., Improvement of the Aggregate-Cement Paste Transition Zone by Grain Refinement of Hydration Products, Proceedings, 8th International Congress on the Chemistry of Cement, Rio de Janeiro, Brazil, 1986.
- [25] Diamond S., The microstructure of cement paste in concrete, in proceeding of the 8th international congress on the chemistry of cement, Rio de Janeiro, Brasil, vol. 1, (1986)
- [26] ABDELKADIR MAKANI Influence de la nature minéralogique des granulats sur le comportement mécanique différé des bétons UNIVERSITE TOULOUSE LE11 JUILLET 2011.)
- [27] KATTAB.R, valorisation de sable de dune. Thèse doctorat, Alger: ENP, 2007.)
- [28] F.GABRYSIK, "Matériaux - Les Granulats - Chapitre 2", Académie de Nancy-Metz,
- [29] (Norme Française XP P 18-598, "Granulats- Equivalent de sable", AFNOR, (1991)
- [30] Kasdi, Influence du dosage du ciment dans le béton d'usage courants sur ces propriétés à l'état durci, Université Mohamed Boudiaf - M'sila, 2016.)
- [31] Mr Z.BENGHAZI : cour technologie des géomatériaux par: zeid-benghazi.weebly.com)

[32] BOUAKA Wafa. INFLUENCE DE LA POUDRETTE DE CAOUTCHOUC SUR LES PERFORMANCES DES BÉTONS HYDRAULIQUES À BASE DE GRAVIERS ROULÉS.thèse de doctorat. Université Kasdi Merbah Ouargla (2020).

[33] NF EN 12350-2 Juin 2019». <https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-12350-2/essais-pour-beton-frais-partie-2-essai-d-affaissement/article/904932/fa190558> (consulté le mars 11, 2020).

[34] NF EN 206-1 - Avril 2004 ». <https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-206-1/beton-partie-1-specification-performances-production-etconformite/article/692232/fa125184> (consulté le mars 11, 2020).

[35] G. Dreux, "Nouveau guide du béton", Eyroles, paris, (1979)

[36] Dreux G, Guide pratique du béton, Collection de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, S. D. T. B. T. P, 257p. (1970)

[37] Julius NATTERER, Jean Luc SANDOZ et Martial REY avec la collaboration de Maurice FIAUX. « Construction en bois, volume13. Presses polytechniques et universitaires romandes ». 1996, 472p.)

[38] Ngonn Lokar Zone CEMAC. « Le cacao, le bois et le manganèse de mire pour atténuer les prix bas du pétrole ». [En ligne] 23 avril 2016. Disponible sur : «<https://www.google.dz/search?q=bois&oq=bois&aqs=chrome..69i57j35i39l2j0l3.951j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>» (consulté le 9/06/2018)

[39] Laboratoire de Matériaux de Construction. [En ligne]. « Travaux Pratique de Matériaux de Construction. Ecole Polytechnique Fédérale de LAUSANE ». 2016. 17p.)

[40] BOUYGUES Construction. Shaping a Better Life. [En ligne]. Disponible sur: «<http://www.bouygues-construction.com>» (Consulté le 27-02-2018)

[41] P. TRIBOULOT - B. REITZ. « Le bois dans le contexte des matériaux de construction ». [En ligne]. Format PDF. 1999,12p. Disponible sur:http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/5363/291_302.pdf?sequence=1 (consulté le 27-02-2018).

[42] CHAMOIN Julien. « Optimisation des propriétés (physique, hydriques et mécaniques) de béton de chanvre par la maîtrise de la formulation ». [En ligne] thèse de doctorat en génie civil. Renne : INSA. 2013, 198p. Format PDF. Disponible sur : « <https://tel.archivesouvertes.fr/tel-00934732> » (consulté le 22-02-2018)

[43] Laurent ARNAUD : Expert scientifique. « Synthèse des connaissances sur les bétons et mortiers de chanvre ».2008. Rédacteur : Yves HUSTACHE. Disponible sur : vegetal-e.com)

[44] Energivie.Info. « Guide Technique: Guide des matériaux isolants pour une isolation efficace et durable ». [en ligne]. 24p. disponible sur « [http:// www.energivie.info](http://www.energivie.info) » (consulté le 20/04/2018).

[45] Merrouki Lila. Isolation Thermique d'Un Mortier à Base de Sciure de Bois. Université de MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou.2017).

[46] P. Pimienta ,J.Chandellier, M. Rubaud, F. Dutruel, H. Nicole, Etude de faisabilité des procédés de construction à base de Béton de Bois, Cahier du CSTB, Livraison 346, N°2703,1994.

[47] A.Bougerra, H.sallée, F.de barquin , RM dheily, M quénéudec, isothermalmoistureproperties of wood-Cementitious composites, Cement and ConcreteResearch 29 (1999) pp339-347.

[48] P. Pimienta,JChandellier, M. Rubaud, F. Dutruel, H. Nicole, Etude de faisabilité des procédés de construction à base de Béton de Bois, Cahier du CSTB, Livraison 346, N°2703,1994.)

[49] Document Internet, F.A.Q, isolation thermique, p6, site [http:// users-skynet.be](http://users-skynet.be).

[50] A.Bougerra, A.Ledhem, A.de Roodenbeke, M.Quenedec, Incorporation de déchets Argileux dans les Bétons de Bois propriétés mécanique et thermiques, Déchets-Sciences et Techniques N°4 Dec 96.

[51] R.P.Benn ett, R.Furgeaud,I.Paljak, Le béton cellulaire autoclavé : propriétés et utilisations Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des travaux publics N.371 Oct 79 pp75-101.)

[52] Véronique CEREZO. Formation doctorale (Propriétés mécaniques, thermiques et acoustiques d'un matériau à base de particules végétales: approche expérimentale et modélisation théorique. L'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat. 2005.

[53] « J. Baron, R. Lesage » Rapport de recherche LPC N° 64, la composition du béton hydraulique du laboratoire au chantier, édition Décembre 1976.