

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GENIE CIVIL
N° :



DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES

FILIERE : GENIE CIVIL

OPTION : MATERIAUX

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par :
**RADJAI Abdelhalim
TOUIL Ayyoub**

Intitulé :

Mortier innovant au sciure de bois

Devant le jury composé de :

	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Présidente
Dr.ZITOUNISalim	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Encadreur
	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Examinatrice

Année universitaire : 2021/2022

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 de monsieur **SALIM ZITOUNI**. On le remercie vivement pour son encadrement brillant, pour ses conseils précieux et sa disponibilité tout le long de ce travail. C'est grâce à lui que le 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.

Merci a tous.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études

*Et bien sûr à mes frères **ZAKARIA** et **HAMZA**
et **MADANI** et **TAHAR** et **MOHAMED**
A mon binôme **Ayyoub Touil***

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

Abdelhalim .

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études

*A ma chère Fiancée **Fatima el Zahraa**
Et bien sûr à mes frères **Riyadh** et **Aymen**
A mon binôme **Abd el halim Radjai***

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

Ayyoub .

ملخص

عمل الانسان في القرون الأخيرة على خلق جيل جديد من الخرسانة و الملاط ، والذي يعتمد في صنعه على مواد جديدة (طبيعية) تعتبر نفايات كمنشأة الخشب وغيرها من المواد .

حيث يتطلب التحكم في تكوينها تطويرا مستمرا في صياغتها ، والتحكم الصارم في خصائصها الريولوجية و المعرفة الكاملة بخصائص المواد المكونة لها .

كما يجب أن يراعى في تصنيع هذه التركيبة ثلاث جوانب رئيسية هي الجانب الاقتصادي ، الجانب البيئي ، و الجانب التكنولوجي من أجل الحصول على منتج مبتكر .

في دراستنا التجريبية هذه تناولنا في جزئها الأول الخصائص الفيزيائية و الكيميائية و الميكانيكية للمواد المحلية المستعملة في بحثنا ، للحصول على مزيج مثالي متماسك ذو خصائص ميكانيكية و فيزيائية عالية و معتمدة في العالم .

هدفنا هو إنتاج ملاط يكون ذو مقاومة مقبولة و يكون عازلا للحرارة و الصوت و ذلك

بإضافة نشارة الخشب بنسب معينة.

كما عملنا أيضا في بحثنا على تطوير هذا الملاط باستعمال نشارة الخشب محاولين استغلال هذه التركيبة في مجالات أخرى غير مجال البناء .

كما خصصنا الجزء الثاني من دراستنا لبحث وناقى عن موضوعنا المتناول.

Résumé

L'homme a travaillé au cours des derniers siècles pour créer une nouvelle génération de béton et de mortier, qui est basée sur de nouveaux matériaux (naturels) qui sont considérés comme des déchets tels que la sciure de bois et d'autres matériaux.

Là où la maîtrise de sa composition nécessite un développement continu de sa formulation, un contrôle strict de ses propriétés rhéologiques et une parfaite connaissance des propriétés de ses matériaux constitutifs.

Trois aspects principaux doivent être pris en compte dans la fabrication de cette formule: l'aspect économique, l'aspect environnemental et l'aspect technologique afin d'obtenir un produit innovant.

Dans notre étude expérimentale, nous avons traité dans sa première partie les propriétés physiques, chimiques et mécaniques des matériaux locaux utilisés dans notre recherche, pour obtenir un mélange cohérent idéal avec des propriétés mécaniques et physiques élevées approuvées dans le monde.

Notre objectif est de produire un mortier qui a une résistance acceptable et qui est un isolant thermique et phonique

Ajoutez de la sciure de bois dans certaines proportions.

Nous avons également travaillé dans nos recherches pour mettre au point ce mortier à l'aide de sciure de bois, en essayant d'exploiter cette composition dans d'autres domaines que le domaine de la construction.

Nous avons également consacré la deuxième partie de notre étude à une recherche documentaire sur notre sujet.

Abstract

Man has worked in recent centuries to create a new generation of concrete and mortar, which is based on new (natural) materials that are considered waste such as sawdust and other materials.

Where controlling its composition requires continuous development in its formulation, strict control of its rheological properties and full knowledge of the properties of its constituent materials.

Three main aspects must be taken into account in the manufacture of this formula: the economic aspect, the environmental aspect, and the technological aspect in order to obtain an innovative product.

In our experimental study, we dealt in its first part with the physical, chemical and mechanical properties of the local materials used in our research, to obtain an ideal coherent mixture with high mechanical and physical properties approved in the world.

Our goal is to produce a mortar that has acceptable resistance and is heat and sound insulator Add sawdust in certain proportions.

We also worked in our research to develop this mortar using sawdust, trying to exploit this composition in areas other than the field of construction.

We also devoted the second part of our study to a documentary research on our topic.

Table des matières

Remerciement	I
Dédicace	II
Dédicace	III
résumé	IV
Table des matières	VII
Listes des tableaux	XII
Listes des figurées	XIII
Introduction générale	1

Chapitre I

Recherche bibliographique

I.1. Introduction :.....	3
I.2. Les mortiers :	3
I.2.1. Qu'est ce que c'est qu'un mortier ?	3
I.2.2. Les différents types de mortier :	3
I.2.2.1. Les mortiers de ciment :.....	3
I.2.2.2. Les mortiers de chaux :	3
I.2.2.3. Les mortiers bâtards :.....	4
I.2.2.4. Les mortiers de plâtres :	4
I.3. Les différentes utilisations du mortier :	5
I.4. Les constituants du mortier :.....	5
I.4.1. Le ciment :	5
I.4.2. Les Constituants du ciment :.....	5
I.4.2.1. Clinker :	5
I.4.2.2. Le Gypse(Caso ₄) :	6
I.4.2.3. Propriétés des ciments :	6
a- Caractéristique physiques :	6
a.1- Comportement physico - chimique de la pâte :	6
a.2- Prise :.....	6
a.3- Durcissement :.....	7

a.4-Chaleur d'hydratation :	7
a.5-Finesse de mouture :	7
a.6-Retrait :	7
a.7-Gonflement :	8
b - caractéristiques mécaniques des ciments courants :	8
I.4.3.L'hydratation de la Pâte de ciment :	8
a. La période de gâchage :	9
b. La Période Dite « Dormante » :	9
c. La Période De Prise :	9
d. La Période De Durcissement :	9
I.4.3.1. Le sable :	9
I.4.3.2.Caractéristiques des sables :	9
I.4.3.3.Classification des sables :	10
a. Selon son origine :	10
C. Selon sa densité :	11
D. Selon sa forme :	11
I.5.Types de sable :	11
I.5.1. Sable alluvionnaire :	11
I.5.2. Sable de dune:	12
I.6. Module de finesse (Mf) :	12
I.7. L'eau de gâchage:	13
I.8. les adjuvants:	13
I.8.1. Additions :	13
I.9. Les caractéristiques principales du mortier :	14
I.9.1. Caractéristiques du mortier frais :	14
I.9.1.1. L'ouvrabilité :	14
I.9.1.2.La mise en oeuvre :	14
I.9.2.Caractéristiques du mortier durci :	14
I.9.2.1. la résistance mécanique:	14
I.9.2.2. La durabilité:	14
I.10. Quelques matériaux naturels.....	15
I.10.1. Le bois :	15
I.10.1.1. Les propriétés du bois :	15

I.10.2. Le bois de construction : un puits de carbone ?	16
I.10.3. Le bois matériau composite naturel :	16
I.10.3.1.La fibre :	16
I.10.3.2.Les fines :	16
I.11. Conclusion :	17

Chapitre II

Matériaux Matériels Et Essais

II.1. INTRODUCTION :	19
II.2. Matériaux utilisés :	19
II.3. Caractéristiques principales des matériaux utilisés	19
II. 3.1. Sable :	19
II.3.1.1. Type de sable utilisé	19
II.3.1.1.1. Sable de Boussaâda	19
II.3.1.1.2. Analyse granulométrique : [NF P 18-304]	20
II.3.1.1.3. Module de finesse :	21
II.3.1.1.4. Equivalent de sable (la norme NF P 18 -598) :	22
II.3.1.1.6. Masse volumique absolue : la norme NF P 18-555:.....	23
a. Porosité :	24
II.3.1.2.1. Sable concassé	25
II.3.1.2.2. Analyse granulométrique : [NF P 18-304]	25
II.3.1.2.3. Module de finesse :	27
II.3.1.2.4. Equivalent de sable (la norme NF P 18 -598) :	27
A/ Equivalent de sable visuel : (E.S.V).....	28
B/ Equivalent de sable piston : (E.S.P)	28
II.3.1.2.5. Masse volumique apparente : NF P 18-554 :	29
II.3.1.2.6.Masse volumique absolue : la norme NF P 18-555:.....	29
a. Porosité :	29
b.compacité :	30
c. L'indice des vides:.....	30
II.3.3.2. Le ciment	30
II.3.3.2.1. Caractéristique physique :	31
II.3.3.2.2. Caractéristiques chimiques du ciment utilisé (CEM III/A 42.5N-ES-) :.....	31
II.3.3.2.3. Les caractéristiques minéralogiques du (CEM III/A 42.5N-ES-) :	31

II.3.4. sciure de bois	31
II.3.4.1. capacité d'absorption	31
II.3.4.1. Les Adjuvants:.....	32
II.3.4.2. Description	32
II.3.4.3. Domaines D'application	32
II.3.4.5. Propriétés:.....	32
II.3.4.6. Sur béton durci :	32
II.3.4.7. Caractéristiques Du Medafluid40.....	33
II.3.4.8. Mode D'emploi	33
II.3.4.9. Dosage	33
II.3.4.10. Essais du Taux de saturation	33
II.3.5. L'eau de gâchage :.....	34
II. 3.5.1. Caractéristiques chimiques de l'eau utilisée :	34
Conclusion :	35

Chapitre III:

Analyse Des résultats Et Discussions

III.1. Introduction	37
III.2. Objectif de la recherche :	37
III.3. Composition de mortier :	37
III.3.1 Dénomination des différents mortiers confectionnés.....	37
III.3.2. porosités des mélanges de sable :.....	37
A/ porosité des mélanges de sable :	37
B/ porosité des mélanges de sable avec sciure de bois :	38
C/ mélange optimums :	39
III.3.3 Composition des mortiers :	39
III.3.4 Essais sur mortier frais :.....	40
A/ Essai de la masse volumique à l'état frais pour les différents mélanges	40
III.3.5 Essais sur mortier durci	41
A/ Mesure de la résistance à la flexion et traction (7, 14, 28).....	41
B/ Mesure de la résistance à la compression (7j, 14j, 28j).....	41
C/ Graphes et interpretations.....	42
1/ Résistance à la traction.....	42
2/ résistance à la compression en fonction du temps	42

D/ Mesure de la masse volumique a l'état durci (7, 14,28)	46
7. conclusion	51
Chapitre IV	
Conclusion générale	52

Listes des tableaux

Tableau I.1 : caractéristique mécanique des ciments courants.....	8
Tableau I.2 : Classification de sables en fonction de sa composition (teneurs en % massique).	11
Tableau I.3 : Exemple de densité et porosité du bois.....	15
Tableau II.1 : Analyse granulométrique du sable (sable de Boussaâda).....	21
Tableau II.2 : La courbe granulométrique du sable de Boussaâda.....	21
Tableau II.3 : Les résultats d'équivalent du sable de Boussaâda.....	23
Tableau II. 4 : La masse volumique apparente du sable de Boussaâda.	23
Tableau II.5 : Masse volumique absolue du sable de Boussaâda.....	23
Tableau II.6 : Porosité ; Compacité et Indice des vides du sable de Boussaâda.....	25
Tableau II.7 : Analyse granulométrique du sable concassé	26
Tableau II.8 : Résultats de l'équivalent du sable (sable concassé).	28
Tableau II.9 : Masse volumique apparente du sable concassé.....	29
Tableau II.10 : Masse volumique absolue du sable concassé	29
Tableau II. 11 : Porosité ; compacité et indice des vides (sable concassé)	30
Tableau II.12 : Caractéristiques physiques du (CEM III/A 42.5N-ES-).	31
Tableau II.13 : Compositions chimiques du (CEM III/A 42.5N-ES-).	31
Tableau II.14 : Les compositions minéralogiques du (CEM III/A 42.5N –ES-).	31
Tableau II.15 : Résistance a la compression à 7 et 28 j avec ou sans adjuvant	32
Tableau II.16 : Essais du Taux de saturation.	34
Tableau II.17 : Caractéristiques chimiques de l'eau.	35
Tableau III. 1 : porosités des mélanges de sable	38
Tableau III.2:porosité des mélanges de sable avec sciure de bois	38
Tableau III.3: Composition des mortiers.....	39
Tableau III.4 : la masse volumique à l'état frais pour les différents mélanges.....	40
Tableau III.5 : la résistance à la flexion et traction (7j, 14j, 28j).....	41
Tableau III.6 : Résistance à la compression en fonction du % de sciure de bois.....	41
Tableau III.7 : la masse volumique a l'état durci (7j, 14j,28j).....	46

Listes des figurées

Figure II. 1: Le sable de Boussaâda	20
Figure II.2 : Appareil de l'analyse granulométrique	20
Figure II.3 : Appareil de l'analyse granulométrique	26
Figure II.4 : La courbe granulométrique du sable concassé.....	27
Figure II. 5 : Taux de saturation par MEDAFLUID 40	33
Figure II.6 : Taux de saturation en Medafluid 40	34
Figure III.1 : porosité des mélanges en fonction du % de sciure de bois	39
Figure III.2 : Masse volumique apparente en fonctions du (%) de sciure de bois	40
Figure III.3 : Résistance à la traction a fonctions de (%) sciure de bois à 28jours	42
Figure III.4 : résistance à la compression à 7, 14,28 jours (MSB1).....	42
Figure III.5 : résistance à la compression à 7, 14,28 jours (MSB2).....	43
Figure III.6 : résistance à la compression à 7, 14,28 jours (MSB3).....	43
Figure III.7 : Résistance à la compression en fonctions du (%) de sciure de bois à 28 jours ..	44
Figure III.8 : résistance à la traction en fonctions de la masse volumique (MSB1)	44
Figure III.9 : résistance à la traction en fonctions de la masse volumique (MSB 2)	45
Figure III.10 : résistance à la traction en fonctions de la masse volumique (MSB 3)	45
Figure III.11 : la masse volumique a fonctoins jours pour (0%) au sciure de bois.....	46
Figure III.12 : la masse volumique a fonctoins jours pour (30%) au sciure de bois.....	47
Figure III. 13 : la masse volumique en fonctions jours pour (40%) au sciure de bois.....	47
Figure III.14 : la masse volumique a fonctoins jours pour (50%) au sciure de bois.....	48
Figure III.15 : la masse volumique a fonctoins (%) au sciure de bois à 28 jours	48
Figure III.16 : résistance à compression en fonctions de la masse volumique MSB1	49
Figure III.17 : résistance à comprésion a fonctions de la masse volumique MSB2	49
Figure III.18 : Résistance à compression a fonctions de la masse volumique MSB3.....	50

Introduction Générale

Introduction générale

Le Mortier auto-plaçant (MAP) est un Mortier hautement déformable qui peut être compacté dans tous les coins d'un coffrage, seulement sous l'effet de son propre poids et sans la nécessité de vibration. Cependant, la réussite dans la fabrication d'un (MAP) n'implique pas seulement la recherche d'une haute déformabilité, mais aussi il doit présenter une capacité d'étalement adéquate et une bonne résistance au ressuage et ségrégation.

Le mortier avec **sciure de bois** est un mortier innovant utilisé pour la confection de parement au niveau des gares de chemin de fer ou aux traversées des trains devant des citées résidentielles pour réduire l'effet sonore de ces trains, utilisé aussi pour l'isolation thermique.

Une étude 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 mortier, 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 Boussaâda , sable concassé) et de ciment portland , et ceci pour obtenir des résultats positifs en obtenant un mortier économique, environnemental et pratique dans son utilisation .

Dans le deuxième chapitre, nous avons traité Les différentes propriétés chimiques et physiques des différents matériaux utilisés dans notre étude à travers la réalisation de plusieurs tests et essais conformément aux normes internationales approuvées.

Les différents matériaux utilisés ont également été brièvement définis pour en donner un aperçu et acquérir les meilleurs matériaux que nous utilisons dans notre étude afin d'obtenir les meilleurs résultats.

Dans le troisième chapitre de notre thèse, nous présentons les essais qui ont été effectués sur le mortier et les résultats obtenus à partir de plusieurs formulations différentes (**trois formulations**) avec quatre pourcentages de sciure (**50%, 40%, 30%, 0%**) pour obtenir une composition homogène entre ciment, sable et sciure, et ceci en analysant les résultats obtenus au cours du temps (**7 jours, 14 jours et 28 jours**) en comparant les résultats expérimentaux de la résistance et de la traction du mortier avec leur analyse et discussion, et ceci dans le but d'obtenir un mortier économique et performant pouvant être utilisé en industrie.

Chapitre I

Recherchebibliographique

I.1. Introduction :

L'évolution technologique dans la filière de la construction ne cesse de créer de nouveaux matériaux plus performants et à des caractéristiques prodigieuses mais ceci ne veut pas toujours dire qu'on répond aux besoins et exigences de l'environnement. On a tous remarqué le changement climatique, qui se produit de plus en plus, ces dernières années. Les produits de construction ont eux aussi un impact important, sur l'environnement. Néanmoins, depuis quelques années, des chercheurs créés de nouveaux matériaux durables a base de produits naturels.

I.2. Les mortiers :

I.2.1. Qu'est ce que c'est qu'un mortier ?

Le mortier est principalement constitué de sable, d'un liant (chaux ou ciment), d'eau de gâchage, parfois d'additions et d'adjuvant qu'on utilise pour améliorer ou acquérir certaines caractéristiques ou propriétés. Mélange pâteux destiné, notamment, à assurer la liaison entre les différents matériaux de construction mais aussi pour réparer ou enduire des surfaces. Sa composition et les proportions des éléments qui le composent diffèrent de celle du béton par le fait qu'il ne contient pas de gros agrégats (pierraille ou gravier). C'est pour cette raison que les mortiers sont parfois appelés des bétons à grains fins.

I.2.2. Les différents types de mortier :

Le premier de tous les mortiers à usage universel a toutefois été la terre, un matériau gratuit, disponible à même le sol ne nécessitant pas de processus chimiques de transformation complexes. Viendront ensuite des matériaux produits par transformation thermique de la pierre (Plâtre, chaux et ciments) dont l'invention est très ancienne. On retrouve donc plusieurs types de mortier, dont l'utilisation dépend principalement des performances visées.[1]

I.2.2.1. Les mortiers de ciment :

Les mortiers de ciment, très résistants, prennent et durcissent rapidement. De plus un dosage en ciment suffisant les rend pratiquement imperméables. Les dosages courants sont de l'ordre de 300 à 400 kg de ciment pour 1 m³ de sable.

I.2.2.2. Les mortiers de chaux :

Les mortiers de chaux sont gras et onctueux. Ils durcissent plus lentement que les mortiers de ciment, surtout lorsque la chaux est calcique.

On distingue deux types de liants dans la confection des mortiers:

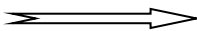
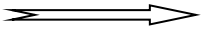
- *Les liants hydrauliques* : poudre minéralogique qui forme avec l'eau, une pâte faisant prise et durcissant à l'abri de l'air et notamment sous l'eau (tous les ciments et la chaux hydraulique naturelle),
- *Les liants aériens* : poudre minéralogique qui forme avec l'eau, une pâte faisant prise et durcissant grâce au dioxyde de carbone contenu dans l'air (chaux grasse et chaux aérienne éteinte pour le bâtiment).

Le mortier de chaux grasse fait prise en contact avec l'air. Il durcit en surface et reste souple à l'intérieur de la maçonnerie. Cette qualité en fait un mortier qui reste élastique et donc qui ne se fissure pas. Ce mortier est employé dans la maçonnerie traditionnelle de pierres ou de briques. Mais il ne doit pas être utilisé dans un milieu humide (cave, mur souterrain, etc.).

Le mortier de chaux hydraulique est fabriqué à partir de calcaires argileux. Il fait sa prise même sans contact avec l'air, sous l'eau par exemple. Ce mortier est employé dans la maçonnerie traditionnelle de pierres ou de briques. Deux avantages sont qu'il reste plus flexible que le mortier de ciment et est perméable à la vapeur d'eau, donc régule l'humidité ambiante.

I.2.2.3. Les mortiers bâtards :

Le mélange de ciment et de chaux permet d'obtenir conjointement les qualités de ces deux liants. Généralement, on utilise la chaux et le ciment par parties égales; mais on mettra une quantité plus ou moins grande de l'un ou de l'autre suivant l'usage et la qualité recherchée.

Plus grande plasticité		Plus de chaux
Plus grande résistance		Plus de ciment

Les sables utilisés sont généralement siliceux ou silico-calcaires ; leur granulométrie est de préférence continue. Les mortiers peuvent comporter différents types d'adjuvants selon la caractéristique recherchée : plastifiants, entraîneurs d'air, retardateurs de prise, hydrofuges. L'incorporation de fibres de verre ou de polypropylène permet d'obtenir des mortiers présentant une cohésion supérieure et moins fissurés.

I.2.2.4. Les mortiers de plâtres :

Le plâtre est un matériau de construction qui sert principalement à enduire, qui devient dans le temps par son utilisation très courante très important, grâce à sa facilité de préparation et une adhérence accrue au ciment comme au bois. Il s'utilise principalement en intérieur. Le plâtre, sous forme de poudre, peut être utilisé comme enduit. Certains l'utilisent comme

mortier. Dans tous les cas, son adhérence permet une application rapide et solide sur des murs en ciment ou en bois. Ce lissage permet d'uniformiser murs et plafonds.

I.3. Les différentes utilisations du mortier :

La pâte plastique qu'on obtient est utilisée dans plusieurs applications, tels que:

- Pour joindre les différents éléments de maçonneries entre eux tels que la brique, le carrelage et la faïence...
- Pour un enduit extérieur.
- Pour la réparation et aussi pour le chemisage.
- Comme chape qui permet d'apporter une isolation thermique et/acoustique.

I.4. Les constituants du mortier :

I.4.1. Le ciment :

C'est un liant hydraulique durcissant rapidement et atteignant en peu de jours son maximum de résistance. Après durcissement, cette pâte conserve sa résistance et sa stabilité, même sous l'eau. Son emploi le plus fréquent est sous forme de poudre, mélangée à de l'eau, pour agréger du sable fin, des graviers, afin de produire du mortier, ou encore du béton.

I.4.2. Les Constituants du ciment :

I.4.2.1. Clinker :

C'est un produit obtenu par cuisson jusqu'à fusion partielle (Clink irisation) du mélange calcaire + argile, dosé et homogénéisé et comprenant principalement de la chaux (CaO) de la silice (SiO₂) et de l'alumine (Al₂O₃).

Le mélange est en général constitué à l'aide de produits naturels de carrière (calcaire, argile, marne ...). C'est le clinker qui, par broyage, en présence d'un peu de sulfate de chaux (gypse) jouant le rôle de régulateur, donne des Portland.[2]

Les éléments simples (CaO, SiO₂, Al₂O₃ et Fe₂O₃) se combinent pour donner les constituants minéraux suivants :

- Silicate tricalcique (C₃S) : 3CaO.SiO₂ (Alite).
- Silicate bicalcique (C₂S) : 2CaO.SiO₂ (Belite).
- Aluminate tricalcique (C₃A) : 3CaO.Al₂O₃.
- Ferro aluminate calcique (C₄AF) : 4CaO .Al₂O₃ .Fe₂O₃ (Célite).

I.4.2.2. Le Gypse (Caso4) :

Le sulfate de calcium est un corps composé chimique minéral anhydre, solide de structure ionique, formé simplement d'un anion sulfate et d'un cation de calcium, de formule chimique CaSO_4 et de masse molaire 136,14 g/mol.

Il correspond en réalité le plus souvent à un corps minéral naturel, nommé anhydrite, typique des évaporites, assez abondant, quoique caché car il se dégrade en gonflant à l'eau, en engendrant en surface le plus souvent un composé di hydraté, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, minéral emblématique des roches évaporites, encore plus abondant, connu par les minéralogistes ou géologues sous le nom de « gypse ».

Il peut aussi former le plus souvent par transformation thermique un corps minéral hémihydraté, $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$, il s'agit de la basanite ou plus communément un des composés majeurs du « plâtre », poudre blanche obtenue par cuisson du gypse et pilage.

I.4.2.3. Propriétés des ciments :

Ce sont les caractéristiques physiques - chimiques et les caractéristiques mécaniques.

a- Caractéristique physiques :**a.1- Comportement physico - chimique de la pâte :**

Le ciment est essentiellement constitué de :

- Silicate tricalcique : C3S
- Silicate bicalcique : C2S
- Aluminate tricalcique- : C3A
- Aluminoferritetétracalcique: C4AF

Une fois la poudre de ciment mélangée à l'eau, les réactions d'hydratation se développent, il se produit alors une cristallisation qui aboutit à un nouveau système de constituants hydratés stables avec formation de cristaux en aiguilles plus ou moins enchevêtrées produisant la prise.

Cette réaction chimique accompagne d'un dégagement de chaleur plus ou moins important selon les ciments et la rapidité de prise.

a.2- Prise :

La prise du ciment c'est-à-dire le passage de la pâte de ciment (ciment + eau) d'une consistance fluide à un état solide est une phase essentielle dans la fabrication du béton ou mortier puisqu'elle donne sa cohésion au matériau. La norme spécifie, suivant les ciments, un temps de prise minimal de :

- 1h30 pour les ciments des classes 32,5 et 32.5R.
- 1h pour les ciments des classes 42,5-42,5R-52,5-52,5R.

D'une façon générale les temps de prise sont supérieurs à ces valeurs minimales, l'ordre de grandeur étant de 2h 30 à 3h30 pour la grande majorité des ciments, ces valeurs s'entendant pour une température ambiante de 20°C.

a.3-Durcissement :

Une fois la prise amorcée, le phénomène l'hydratation se poursuit, c'est la période de durcissement rapide qui se poursuit pendant des mois voire des années au cours desquelles les résistances mécaniques continuent de croître.

Lorsqu'on désire un durcissement rapide, on choisit des ciments de classe élevée et de préférence de classe « R » c'est-à-dire ayant la caractéristique complémentaire. « Rapide ».

Il est également possible d'utiliser du ciment alumineux fondu CA, qui après quelques jours a atteint la quasi-totalité de sa résistance.

a.4-Chaleur d'hydratation :

La dissolution des différents constituants est exothermique et selon leurs pourcentages relatifs, le dégagement de chaleur est donc plus ou moins important, c'est le cas par exemple des ciments riches en C3A que l'on s'intéresse à les temps chaud. Suivant les ciments, cette chaleur est comprise à 12 heures, approximativement, entre 65 j/g par exemple pour certains CHF-CEM III/B et 300 j/g pour certains CPA-CEM I.

a.5-Finesse de mouture :

La finesse de mouture, également appelée finesse Blaine, exprimée en cm^2/g , représente la surface spécifique ou surface développée d'une masse de 1kg de ciment. Elle est d'une façon générale, comprise entre 3000 et 3500 cm^2/g , certains ciments prompts naturels « CNP » ont un Blaine supérieure à 4500 cm^2/g .

Plus la finesse est grande, plus les résistances sont précoces et élevées, mais par contre, plus les risques de retrait et par conséquent de fissuration ainsi que d'éventement du Ciment sont accrus.

a.6-Retrait :

Lorsque l'élément du béton ou mortier se trouvera dans une atmosphère ayant une humidité relative inférieure à celle d'équilibre de l'élément, les dimensions de ce dernier diminuent ; c'est le retrait.

a.7-Gonflement :

Si l'élément se trouve dans une atmosphère à humidité relative supérieure à celle d'équilibre de l'élément, les dimensions de ce dernier augmentent, c'est le gonflement. Ce qui entraîne l'apparition des tensions internes.

b - caractéristiques mécaniques des ciments courants :

Les ciments courants sont classés en fonction de leurs résistances mécaniques à la compression exprimées en MPa à 28 jours, la norme spécifiant une limite inférieure et une limite supérieure dont les valeurs sont les suivantes :

Tableau I.1 : caractéristiquemecanique des ciments courants.

Classe de ciment	Résistance à 2 jours (MPa)	Résistance minimale à 28 jours (MPa)	Résistance maximale à 28 jours (MPa)
32.5	-	≥ 32.5	≤ 52.5
32.5 R	≥ 13.5	≥ 32.5	≤ 52.5
42.5	≥ 12.5	≥ 42.5	≤ 62.5
42.5 R	≥ 20	≥ 42.5	≤ 62.5
52.5	≥ 20	≥ 52.5	-
52.5 R	≥ 30	≥ 52.5	-

I.4.3.L'hydratation de la Pâte de ciment :

Ce phénomène fait intervenir à la fois :

- Des réactions chimiques exothermiques de ses constituants avec l'eau.
- Des réactions physiques, liées au développement microstructural du béton.
- Des réactions mécaniques, car les réactions précédentes conduisent à des cinétiques variables et des performances modulées en conséquence.

Elle est définie comme un processus qui repose sur des mécanismes complexes agissant simultanément, c'est à dire, la dissolution du ciment anhydre, la précipitation d'hydrates et la formation d'une solution sursaturée. Lorsque les concentrations en ions sont telles que les produits de solubilité des hydrates sont atteints, un processus de germination se déclenche.

La précipitation des hydrates, en consommant les ions en solution, agit comme une pompe ceci est de nature à accélérer un régime de dissolution rapide. Cette précipitation consomme de l'eau et petit à petit, les hydrates vont remplacer le volume occupé par l'eau et les grains de ciment anhydre. L'eau diminue au profit du solide entraînant alors une réduction de porosité.

L'hydratation du ciment fait intervenir les réactions chimiques de ces différents constituants avec l'eau. Elle se déroule en 4 phases :

a. La période de gâchage :

Dès le gâchage, la dissolution des différents composés du ciment pour former :

- Le silicate de calcium hydrate, appelé C-S-H, en notation cimentière, il s'agit d'un composé mal cristallisé et de structure intermédiaire entre les gels et les cristaux.
- La chaux hydratée Ca(OH)_2 ou CH en notation cimentaire, appelée portlandite.

b. La Période Dite « Dormante » :

Pendant quelques heures, les réactions précédentes se poursuivent lentement, c'est la période durant laquelle la quantité des hydrates formés et la consommation d'eau sont très faibles et le béton reste maniable. La fin de cette période est marquée par l'augmentation du flux thermique.

c. La Période De Prise :

Les cristaux de portlandite et les C-S-H s'enchevêtrent alors et remplissent peu à peu les pores, petit à petit la pâte prend de la consistance : c'est le début de la prise. Le matériau devient de plus en plus dense et solide.

d. La Période De Durcissement :

Au bout de plusieurs heures, la couche d'hydrate, enrobant les grains de silicates, devient assez épaisse, pour diminuer la diffusion des ions et de l'eau. L'hydratation est ralentie, mais se poursuit tant qu'il reste de l'eau dans les pores capillaire.

I.4.3.1. Le sable :

Le sable forme le squelette inerte du mortier durci. Il doit présenter une bonne répartition granulométrique et être propre, c'est-à-dire ne contenir ni matériau organique ni particules argileuses. Bien que le maçon choisisse traditionnellement un sable fin, il est également possible de confectionner du mortier correctement ouvrable avec du sable moyen agros ($D_{\max} = 2 \text{ mm}$). Un tel mortier exigera moins de liant et donnera néanmoins de bons résultats sur le plan de la résistance mécanique.

I.4.3.2. Caractéristiques des sables :

Ils doivent être conformes aux normes NF EN 12-620 et NF EN 13-139. Le sable doit être sain, siliceux, silico-calcaire ou même calcaire à condition que les grains ne soient pas friables. Il doit être propre, c'est-à-dire dépourvu d'impuretés susceptibles de compromettre la qualité du mortier en oeuvre (argile, vase, terre végétale, plâtre, sels minéraux). Le degré de

propreté du sable est mesuré par l'essai d'équivalent de sable, il est préférable d'utiliser des sables roulés de rivière. Les sables de carrière conviennent s'ils ne renferment pas d'impuretés nocives. Les sables de mer doivent être lavés (sinon ils sèchent mal et peuvent donner lieu à des efflorescences en raison des sels qu'ils contiennent). La granulométrie des sables doit être limitée à 4mm.

En général, les dosages du mortier sont exprimés en poids de liant par m³ de sable sec. Or, le plus souvent, sur le chantier, le sable renferme un certain pourcentage d'eau (pouvant varier de 0 à 20 %) et il suffit de très peu d'eau pour que le poids du m³ de sable soit modifié c'est le phénomène bien connu du « foisonnement » du sable.

Pour éviter des surdosages en liant pouvant conduire à des enduits plus fissurés, il est utile de déterminer la teneur en eau du sable par un essai facile à pratiquer sur chantier (séchage et pesée du sable). À défaut, on prendra un coefficient de foisonnement forfaitaire de 25 %.

I.4.3.3. Classification des sables :

a. Selon son origine :

Le sable, en fonction de son origine, peut être classé en trois catégories :

Naturel : d'origine minérale, issus de roches meubles (alluvions des fleuves ou des rivières), de roches massives (sédimentaire, éruptives, métamorphique, etc.) ou de dunes. Le sable naturel n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique (tels que concassage, broyage, criblage, lavage).

Artificiel : d'origine minérale résultant d'un procédé industriel comprenant des transformations thermiques ou autres.

Recyclé : obtenu par traitement d'une matière inorganique utilisée précédemment dans la construction, tels que des bétons de démolition.

b. Selon sa composition :

En fonction de sa composition minéralogique (teneurs en silice, alumine et chaux). Le sable peut être classé en quatre catégories.

Tableau I.2: Classification de sables en fonction de sa composition (teneurs en % massique).

Composition	SiO ₂ (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)
Siliceux	70 à 90	0,1 à 1	1 à 10
Silico-alumineux	50 à 70	1 à 5	10 à 25
Silico-calcaires	15 à 20	15 à 30	3 à 10
Calcaires	2 à 10	30 à 50	0,5 à 2

C. Selon sa densité :

Selon la densité de sable, on distingue trois types :

- **Léger** : de masse volumique comprise entre 1200 et 2000 kg/m³, et le plus usuel est à base d'argile expansée, de schiste expansé ou de laitier expansé.
- **Courant**: de masse volumique entre 2000 et 3000 kg/m³, et il est généralement les basaltes, quartzites, grès, porphyre, diorite, granites, schistes, laitier.
- **Lourd** : de masse volumique varie de 4000 à 8000 kg/m³, et le plus utilisé est la barytine (d'une densité absolue de 4,2 à 4,7), la magnétite (d'une densité absolue de 4,5 à 5,1), les riblons (d'une densité absolue de 7,6 à 7,8) et la grenaille (d'une densité absolue de 7,6 à 7,8).

D. Selon sa forme :

Selon la forme de sable, on peut désigner deux grands types :

- **Roulé** : dont la forme a été acquise par l'érosion de roches meubles (alluvions des fleuves ou des rivières) ou des dunes.
- **Angulaire ou Concassé** : dont la forme a été obtenue par abattage et concassage de roches massives et dures.

I.5.Types de sable :

I.5.1.Sable alluvionnaire :

Le sable alluvionnaire, dit aussi roulé, dont la forme a été acquise par l'érosion. Il est issu de roches meubles des dépôts des alluvions trouvés dans les lits des fleuves ou des rivières. Bien qu'on puisse trouver différentes roches selon la région d'origine, le sable utilisé pour le béton est le plus souvent siliceux.

Ce sable, plus recommandé à la confection des bétons, doit présenter une granularité telle que les éléments fins ne soient ni en excès, ni en trop faible proportion. S'il y a trop de grains fins, il sera nécessaire d'augmenter le dosage en eau du béton tandis que si le sable est trop

gros, la plasticité du mélange sera insuffisante et rendra la mise en place difficile. Cette granularité est caractérisée par le module de finesse (Mf).

Plus le module de finesse est faible, plus le sable est fin.

- **$1.8 \leq MF \leq 2.2$** : le sable convient bien pour obtenir une bonne ouvrabilité et une résistance satisfaisante.
- **$2.2 \leq MF \leq 2.8$** : le sable convient bien pour obtenir une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance avec des risques de ségrégations limités.
- **$2.8 \leq MF \leq 3.2$** : le sable convient bien pour obtenir une moins bonne ouvrabilité et une résistance élevée avec des risques de ségrégations.

I.5.2. Sable de dune:

Le sable de dune est un produit de la désagrégation lente des roches sous l'action des agents d'érosion tels que l'air, la pluie etc. Les déserts de sable, ou ergs, se localisent dans les vastes cuvettes d'épandage ou des puissantes accumulations alluviales se sont concentrées par de grands écoulements liés aux périodes pluviales du début du quaternaire. Les grands ergs coïncident avec des zones où des vents saisonniers de directions variées se compensent .[3]

Les dunes se forment dans des zones où le sable est abondant et non fixé par la végétation (désert, plage, lit fluvial à l'étiage). Le sable est érodé et pris en charge par le vent (déflation). Il est transporté aux ras du sol par saltation, puis s'accumule quand la compétence du vent chute (versant sous le vent). Une dune peut se déplacer par érosion du versant au vent et accumulation sur le versant opposer.

Le sable de dune qui s'impose du fait de son abondance dans la nature (Sahara), de son coût d'extraction presque nul, et de sa propreté apparente, forme la solution au problème d'épuisement des ressources naturelles et se présente comme un matériau d'avenir.[4]

I.6. Module de finesse (Mf) :

Est une caractéristique importante surtout en ce qui concerne les sables. Un bon sable à béton doit avoir un module de finesse Mf compris entre 2,2 et 2,8 ; au-dessous, le sable a une majorité d'éléments fins et très fins, ce qui nécessite une augmentation du dosage en eau ; au-dessus, le sable manque de fines et le béton y perd en ouvrabilité.

- **Pour $1,8 < Mf < 2,2$** : le sable est à utiliser si l'on recherche particulièrement la facilité mise en oeuvre au détriment probable de la résistance.
- **Pour $2,2 < Mf < 2,8$** : le sable est à utiliser si l'on recherche une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance avec des risques de ségrégation limités.

- **Pour $2,8 < M_f < 3,2$** : le sable est à utiliser si l'on recherche des résistances élevées au détriment de l'ouvrabilité et avec des risques de ségrégation.
- **Pour $M_f > 3,2$** : le sable est à rejeter. Ce paramètre est en particulier utilisé pour caractériser la finesse des sables à bétons (NF P18-540). [5]

$$M_f = \Sigma RC / 100$$

Rc: refus cumulé en (%) sous les tamis.

I.7. L'eau de gâchage:

L'eau de gâchage est l'un des éléments essentiel lors de la conception du mortier/béton, il apporte deux fonctions essentielles au mortier (ou béton) soit:

- Une fonction chimique, elle permet l'hydratation du ciment, ce qui libère ses capacités de liant.
- Une fonction physique, elle est nécessaire au durcissement du ciment.

Il est impératif qu'on utilise une eau propre et surtout éviter l'eau de mer (eau agressive).

I.8. les adjuvants:

Les adjuvants qu'on utilise pour les mortiers sont les même que ceux utilisés pour le béton. Les adjuvants sont des produits chimiques qui, incorporés dans les bétons lors de leur malaxage ou avant leur mise en oeuvre à des doses inférieures à 5% du poids de ciment. Provoquent des modifications des propriétés ou du comportement de ceux-ci. [6]

On retrouve plusieurs types adjuvants à des fonctions bien différentes, tels que :

les entraîneurs d'air : qui forment de petites bulles d'air et se répartissent d'une manière homogène. Cela permet d'augmenter la maniabilité et la résistance au gel du béton, à l'état solide.

- Les accélérateurs de prise : ces adjuvants diminuent le temps de prise du béton.
- Les retardateurs de prise : ils ralentissent le temps de prise du béton.
- Les hydrofuges : améliorent l'imperméabilité en bouchant les pores du béton.
- Un plastifiant : améliore la maniabilité du béton (mortier) sans le modifier.
- Le plastifiant-réducteur d'eau : il nous permet de réduire la teneur en eau afin d'obtenir une meilleure résistance tout en ayant une bonne maniabilité.

I.8.1. Additions :

Par additions, on entend de fines matières minérales sous forme de poudre, d'une granularité comparable à celle du ciment. On distingue les additions inertes (type I : farine de

quartz, filler calcaire,...) et les additions à hydraulicité latente (scories) ou pouzzolanique (type II : pouzzolanes naturelles et sous-produits de l'industrie, comme les cendres volantes de charbon pulvérisé et les fumées de silice). Les additions ont une influence favorable sur l'onctuosité et le pouvoir de rétention d'eau. Si on en utilise trop, la résistance du mortier diminue fortement.[7]

I.9. Les caractéristiques principales du mortier :

I.9.1. Caractéristiques du mortier frais :

I.9.1.1. L'ouvrabilité :

L'ouvrabilité est l'une des qualités les plus recherchées lors de la confection du mortier (ou béton), ça nous permet de mieux le manipuler. On l'obtient à partir des éléments fins et parfois par l'ajout d'adjuvant quand cela est nécessaire.

I.9.1.2. La mise en oeuvre :

La qualité de la mise en oeuvre de la maçonnerie joue également un grand rôle dans le comportement de la façade au niveau physique du bâtiment : isolation, étanchéité à l'air, comportement à l'humidité (précipitations, humidité ascensionnelle,...). Des défauts fréquents sont les ponts de mortier dans les coulisses des murs creux et des joints d'about mal remplis.

I.9.2. Caractéristiques du mortier durci :

I.9.2.1. la résistance mécanique:

Le mortier a une meilleure résistance à la compression qu'à la traction. Cela dépend principalement de l'activité du liant et du rapport E/C (eau/ciment) mais elle peut aussi dépendre de la qualité du sable. Les charges sur la maçonnerie ont accru considérablement suite au désir de construire des bâtis plus élancés et avec des portées plus étendues. On cherche à faire travailler la maçonnerie en flexion, en utilisant ou non des armatures. Toutes ces exigences nécessitent une augmentation de la résistance à la traction ; en conséquence une meilleure résistance à la compression.

I.9.2.2. La durabilité:

En règle très générale, on peut affirmer qu'un mortier dont le sable est d'une bonne granulométrie, d'une teneur suffisante en ciment et donc d'une résistance à la compression élevée offre les meilleures chances de présenter une résistance suffisante aux dommages causés par le gel et d'autres sollicitations. Pour cette raison, on constate une tendance associée à la résistance du mortier et aux conditions d'exposition. [7]

Les principales sollicitations sont

- Gel combiné à une saturation élevée;
- Lessivage par eau pluviale acide et SO₂ en atmosphère urbaine ;
- Effets d'érosion par le vent et l'écoulement d'eau;
- Formation de mousse aux endroits de forte saturation en eau et faible exposition ; au soleil et au vent .

I.10. Quelques matériaux naturels

I.10.1. Le bois :

Le bois est un matériau naturel d'origine végétale. Il s'agit d'un des matériaux les plus appréciés pour ses propriétés mécaniques, pour son pouvoir calorifique et comme matière première pour de multiples secteurs industriels. Il a de nombreux usages dans le bâtiment et l'industrie (industries papetières, industries chimiques...) et en tant que combustible

I.10.1.1. Les propriétés du bois :

La densité :

Tableau I.3: Exemple de densité et porosité du bois.

Essence	Densité anhydre moyenne	Porosité (%)
Hêtre	0.65	58
Amourette (acacia exotique)	1.30	17

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 commercialement sec : $18 < W < 23\%$
- Bois mi-sec : $23 < W < 30\%$
- Bois vert : $W > 30\%$

L'augmentation de la teneur en eau provoque en général jusqu'à la saturation des fibres, une diminution importante de la résistance. A partir de 30% de teneur en eau, la résistance et le module E restent pratiquement constants. L'influence de la teneur en eau sur le module E

est nettement moins grande que sur la résistance. Le bois vert et les pièces de bois mouillé (cintres, échafaudages) présentent donc une résistance plus faible que le bois sec à l'air.[8]

I.10.2. Le bois de construction : un puits de carbone ?

Le puits de carbone est un réservoir qui absorbe et séquestre le carbone de l'atmosphère comme les océans et les forêts (l'arbre capte le CO₂ durant sa croissance). Le bois permet de stocker une partie du carbone qui a été rejeté par l'activité industrielle passée mais également de participer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre en tant qu'alternative aux matériaux non renouvelables (matières plastiques, métaux, béton). Quel que soit le scénario de fin de vie, le bois présente un effet retardateur (moment où le carbone fixé par photosynthèse sera rejeté par décomposition ou combustion). Le bois de construction constitue donc un matériau biosourcé de premier rang pour répondre aux enjeux du changement climatique.[9]

I.10.3. Le bois matériau composite naturel :

C'est l'anatomie du bois qui en fait un véritable matériau "high-tech", matériau composite naturel dont le modèle d'optimisation sert de base à de nombreux matériaux composites artificiels. Ces matériaux composites naturels ou artificiels présentent en effet les points communs suivants :

- Structure au caractère périodique marqué,
- Fibres aux propriétés mécaniques élevées, englobées dans une matrice en général thermodurcissable. (Ce sera l'ensemble cellulose/ hémicellulose/ lignine dans le composite bois massif).[10]

I.10.3.1. La fibre:

La fibre de chanvre est présente sur de nombreux marchés et compose de nombreux produits. Elle fait face à la concurrence de multiples matériaux comme le lin, la ramie et le jute...[11]

I.10.3.2. Les fines:

On convient généralement que les fines présentent dans les granulats de chanvre sont des particules dont la taille reste inférieure à 0,5 mm. Aucune autre caractérisation géométrique n'a été réalisée sur les fines.

I.11. Conclusion :

Le mortier de sciure est une nouvelle génération de béton apparue dans le monde développé. Ce mortier est un mélange entre les matériaux classiques que sont le sable, le ciment et le gravier... et les matériaux naturels (sciure de bois), eux-mêmes considérés comme des déchets, tout en donnant un produit final cohérent.

La principale difficulté dans la fabrication d'un tel mortier est que le chercheur cherche à concilier les propriétés jusqu'alors contradictoires, en termes de cohésion, et de grande stabilité pour obtenir au final un mortier très pratique.

Pour répondre à ces exigences rhéologiques, la quantité appropriée de sciure dans le mélange doit être connue.

Cela nous permet d'obtenir un mortier de haute résistance et de bonne résistance à la traction, ainsi qu'un produit pratique, économique et environnemental.

Chapitre II

Matériaux Matériels Et Essais

II.1. INTRODUCTION :

Ce chapitre, présente les caractéristiques des matériaux utilisés dans ce projet, ainsi que les différents essais expérimentaux. Ajoutons que ce travail expérimental a été effectué suivant les normes Européennes en vigueur, sauf les essais de l'étalement et temps d'écoulement de les MAP frais, qui ne sont pas normalisés.

Des essais physiques et mécaniques ont été effectués au sein du laboratoire de département de Génie Civil de l'Universitaire Mohamed Boudiaf de M'sila.

II.2. Matériaux utilisés :

- Sable de Boussaâda
- Sable concassé
- Ciment CRS (CEM III/A 42.5N-ES-)
- Sciure de bois
- Eau de gâchage(Eau potable prises au niveau du laboratoires de genie civil de l'université de M'SILA).
- Les adjuvants (MEDAFLUID 40)

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 Boussaâda

Le sable utilisé dans cette étude provient des abords de l'oued Maïter (carrière de lafarge). Cet oued est situé entre les collines de Boussaâda, entre lesquelles souffle un vent provenant du sud chargé de grains fins. L'avancée du désert a permis donc au fil des ans le dépôt du sable dans l'oued, qui par la suite a assuré son transport et son étalement.

Ce sable est d'origine éolienne, c'est un sable de dune , du moins ses grains fins. Le sable de dune de Boussaâda, siliceux, ses grains roulés de formes arrondies et de surfaces lisses, est caractérisé par sa finesse, sa granulométrie et son diamètre maximal qui n'excède pas 3,0 mm.



Figure II. 1: Le sable de Boussaâda

II.3.1.1.2. 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.2 : Appareil de l'analyse granulométrique

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

Tableau II.1 : Analyse granulométrique du sable (sable de Boussaâda)

Tamis (mm)	Poids des Tamis vide (g)	Poids des tamis+sable (g)	Refus du sable	Refus cumulés	Refus cumulés %	Tamisât cumulés %
5	855	855	0	0	0	100
2.5	753	838	85	85	4.25	95.75
1.25	653	726	73	158	7.9	92.1
0.63	621	706	85	243	12.15	87.85
0.315	561	1135	574	817	40.85	59.15
0.125	518	1588	1070	1887	94.35	5.65
0.08	506	610	104	1991	99.55	0.45
fond	564	572	8	1999	99.95	0.05

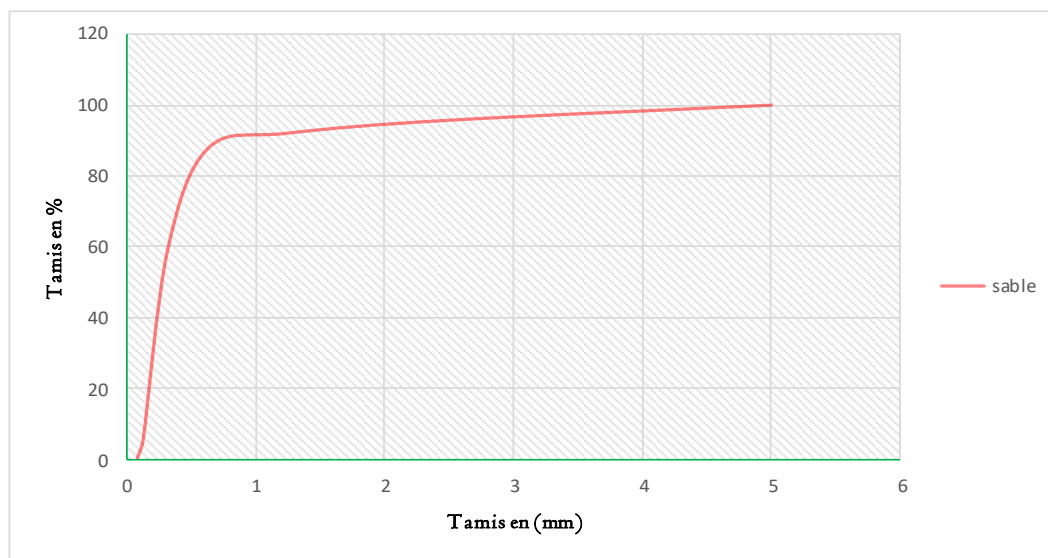


Tableau II.2 : La courbe granulométrique du sable de Boussaâda.

II.3.1.1.3. 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.

$$Mf = \Sigma Rc / 100$$

Rc : Refus cumulé. **Mf= 1.6**


Les normes soviétiques spécifient le *Mf* des sables comme suit :

Sable gros $Mf > 2.5$

Sable Moyne 2 $<Mf < 2.5$

Sable fin 1.5 $<Mf < 2$

Sable très fin 1 $<Mf < 1.5$

Pour le sable de Boussaâda : $Mf = 1.6$; $1.5 < Mf < 2$  C'est un sable fin.

II.3.1.1.4. 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.

- **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 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.

- **Equivalent de sable a piston : (E.S.P)**

Mode opératoire :

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 ($h_2' < h_1$).

Tableau II.3 : Les résultats d'équivalent du sable de Boussaâda.

Essai	h1	h2 (cm)	E.S.V%	E.S.Vmoy	H'2(cm)	E.S.P %	E.S.Pmoy
1	10.8	9.9	91.67	86.37	8.9	82.41	81.18
2	11.3	9.4	83.19		9	79.65	
3	10.8	9.1	84.26		8.8	81.48	

Donc :

E.S.V > 85

E.S.P > 80



Sable très propre : l'absence totale de fine argileux risque
D'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il
Faudra rattraper par augmentation du dosage en eau

II.3.1.1.5. Masse volumique apparente : NF P 18-554 :

On utilise la méthode de l'entonnoir : - Cette méthode est plus efficace.

Tableau II. 4 : La masse volumique apparente du sable de Boussaâda.

Essais	Vr(cm ³)	M1(g)	M2(g)	γ app (g/cm ³)	γ moy (g/cm ³)
1	900	116	1459	1.493	1.493
2		116	1460	1.493	
3		116	1471	1.503	

II.3.1.1.6. Masse volumique absolue : la norme NF P 18-555:

La densité ρ est la masse par unité de volume de matériau qui compose l'agrégat, indépendamment des vides qui peuvent exister dans ou entre les particules. Le but de cet essai est de comprendre la qualité de la fraction de grain lors de la détermination de la composition du béton.

Tableau II.5 : Masse volumique absolue du sable de Boussaâda

N0 d'essai	Masse utilisée M (g)	Volume utilisée Ve (ml)	V2 (ml)	ρ (g/ml)	ρ moy (g/ml)
1	300	300	420	2.5	2.55
2	300	300	418	2.542	
3	300	300	415	2.608	

a. Porosité :

C'est le volume des vides entre les grains du sable où le rapport du volume des vides au volume total du sable. On calcul la porosité selon la formule suivante :

$$P = \left[1 - \left(\frac{\gamma_{app}}{\rho} \right) \right] \cdot 100$$

$$P (\%) = 100 - (\text{Masse volumique apparente} / \text{masse volumique absolue}) \cdot 100$$

Pour le sable de la dune :

- $P = 41.45 \%$

b. compacité :

La compacité d'un matériau est une proportion de son volume réellement occupé par la matière solide qui le constitue, c'est-à-dire le rapport du volume absolue des grains au volume apparent du matériau.

La compacité donnée par la formule :

$$C = \frac{\gamma_{app}}{\rho}$$

Pour le sable du dune :

- $C = 58.55\%$

C. Indice des vides:

L'indice des vides est le rapport entre le volume du vide et le volume de solide.

$$e = V_v / V_s = P / (100 - P).$$

Avec P en pourcent (%).

- **Pour le sable du dune :**

$$e = 0.70 \%$$

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

Tableau II.6 : Porosité ; Compacité et Indice des vides du sable de Boussaâda.

La Porosité P %	La compacité C %	Indice des vides e %
41.45	58.55	0.70

II.3.1.2.1. Sable concassé

Le sable de carrier, dit aussi concassé, est un sous-produit des processus industriels contrôlés de concassage, de lavage et de criblage appliqués à des Roches massive généralement calcaires.

Ce sable, qui se trouve couramment dans la classe granulaire 0/3 mm, est rarement utilisé dans la confection des bétons en raison de leurs taux élevé en fines qui varié de 8 à 30 % et provoquant ainsi un problème de stockage au niveau des carrières. Plusieurs recherches ont été menées pour la valorisation de sable de carrière dans la confection des mortiers et bétons. En effet, elles sont trouvé que la morphologie de ces grains angulaires est plus adaptée à un meilleur accrochage à la pâte de ciment que celle de sables roulé, ce qui offre plus de résistances au béton.

L'utilisation de sable de carrière est déterminé par sa granulométrie et ses caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques.

En générale, il s'utilise pour des sous fondations et fondations, des applications liées au ciment, par exemple du béton, et pour la production de mélanges bitumineux. [BEN FETTACHA

II.3.1.2.2. 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.3 : Appareil de l'analyse granulométrique

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

Tableau II.7 : Analyse granulométrique du sable concassé

Tamis (mm)	Poids des Tamis vide (g)	Poids des tamis+sable (g)	Refus du sable	Refus cumulés	Refus cumulés %	Tamisât cumulés %
5	868	868	0	0	0	100
2.5	753	947	194	194	9.7	90.3
1.25	653	1653	1000	1194	59.7	40.3
0.63	622	900	278	1472	73.6	26.4
0.315	560	841	281	1753	87.65	12.35
0.125	518	652	134	1887	94.35	5.65
0.08	507	599	92	1979	98.95	1.05
fond	561	568	7	1986	99.3	0.07

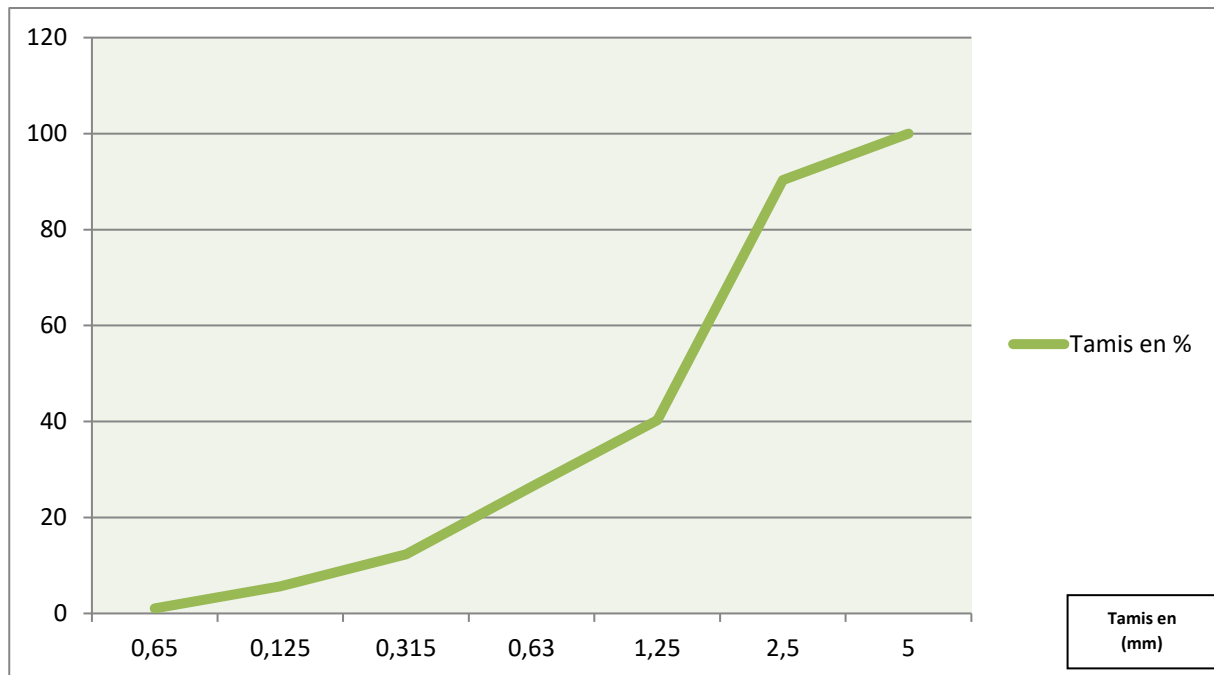


Figure II.4 : La courbe granulométrique du sable concassé.

II.3.1.2.3. 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. $M_f = 1.6$

Les normes soviétiques spécifient le M_f des sables comme suit :

Sable gros $M_f > 2.5$

Sable Moyne $2 < M_f < 2.5$

Sable fin $1.5 < M_f < 2$

Sable très fin $1 < M_f < 1.5$

Pour le sable de Boussaâda : $M_f = 1.6$; $1.5 < M_f < 2$ C'est un sable fin.

II.3.1.2.4. 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 propriété 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 flocculés.

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

Après 20 minutes de dépôt de sable, lire la hauteur h1 du niveau supérieur du flocculant jusqu'au le fond de l'éprouvette à l'aide d'une réglette.

Mesurer également avec le réglet la hauteur h2 comprise entre le niveau supérieur de la partie sédimentaire et le fond de l'éprouvette.

On: h2 h1

$$E.S.V = (h2 / h1) * 100 (\%)$$

h2 : 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 le règle dans l'encoche du piston jusqu'à ce que de zéro vienne buter contre la face intérieur de la tête du piston, soit h2' la hauteur lue et correspondant à la hauteur de la partie sédimentée.

$$E.S.P = (h2' / h1) * 100 (\%)$$

On : h1 : la hauteur du sable + flocculat.

h2' : la hauteur du sable (h2' < h1).

Tableau II.8 : Résultats de l'équivalent du sable (sable concassé).

Essai	h1	h2 (cm)	E.S.V%	E.S.V moy	H'2 (cm)	E.S.P %	E.S.P moy
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	

Donc :

E.S.V > 85

E.S.P > 80



Sable très propre : l'absence totale de fine argileux risque
D'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il
Faudra rattraper par augmentation du dosage en eau

II.3.1.2.5. Masse volumique apparente : NF P 18-554 :

On utilise la méthode de l'entonnoir : - Cette méthode est plus efficace.

Tableau II.9 : Masse volumique apparente du sable concassé.

Essais	Vr(cm ³)	M1(g)	M2(g)	γ app (g/cm ³)	γ moy (g/cm ³)
1	900	116	1363	1.51	1.53
2		116	1392	1.54	
3		116	1391	1.54	

II.3.1.2.6. Masse volumique absolue : la norme NF P 18-555:

La densité ρ est la masse par unité de volume de matériau qui compose l'agrégat, indépendamment des vides qui peuvent exister dans ou entre les particules. Le but de cet essai est de comprendre la qualité de la fraction de grain lors de la détermination de la composition du béton.

Tableau II.10 : Masse volumique absolue du sable concassé .

N0 d'essai	Masse utilisée M (g)	Volume utilisée Ve (ml)	V2 (ml)	ρ (g/ml)	ρmoy (g/ml)
1	300	300	415	2.6	2.62
2	300	300	412	2.67	
3	300	300	415	2.6	

a. Porosité :

C'est le volume des vides entre les grains du sable où le rapport du volume des vides au volume total du sable. On calcul la porosité selon la formule suivante :

$$P = \left[1 - \left(\frac{\gamma_{app}}{\rho} \right) \right] . 100$$

$P (\%) = 100 - (\text{Masse volumique apparente} / \text{masse volumique absolue}) \square 100$

Pour le sable du dune :

- $P = 41.07 \%$

b.compacité :

La compacité d'un matériau est une proportion de son volume réellement occupé par la matière solide qui le constitue, c'est-à-dire le rapport du volume absolue des grains au volume apparent du matériau.

La compacité donnée par la formule :

$$C = \frac{\gamma_{app}}{\rho}$$

Pour le sable du dune :

- **C = 58.39%**

c. L'indice des vides:

L'indice des vides est le rapport entre le volume du vide et le volume de solide.

$$e = V_v/V_s = P / (100 - P).$$

Avec **P** en pourcent (%).

- **Pour le sable de la dune :**

e = 0.71 %

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

Tableau II. 11 : Porosité ; compacité et indice des vides (sable concassé) .

La Porosité P %	La compacité C %	Indice des vides e %
41.07	58.39	0.71

II.3.3.2. Le ciment

On utilise dans cette recherche, **CEM III/A** (ciment résistance aux sulfates) de classe **42.5** provient de la cimenterie Ain El-Kebira de Sétif. Mokaouem(**CEM III/A 42.5N-ES-**) pour béton de haute performance et qualité destiné à la construction des ouvrages dans un milieu agressif, exemple : « béton structurel, travaux maritimes, ouvrages massifs ».

II.3.3.2.1. Caractéristique physique :

Tableau II.12 : Caractéristiques physiques du (CEM III/A 42.5N-ES-).

Les Caractéristiques physiques		unité	Valeur
Masse volumique absolue		g/cm ³	3.1
Consistance normale		%	30 ± 2
La finesse (Blaine)		Cm ³ /g	3500 – 4500
Exposition le Chatelier		mm	< 10
Temps de prise	Début	Min	>60
	Fin		/
Résistance à la compression	2 jours	MPa	12 (>10)
	28 jours		50.15 entre (>42.5 et <62.5)

II.3.3.2.2. Caractéristiques chimiques du ciment utilisé (CEM III/A 42.5N-ES-) :

Tableau II.13 : Compositions chimiques du (CEM III/A 42.5N-ES-).

Oxyde	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	So ₃	Na ₂ O
Teneur%	29.6	9.84	56.76	3.24	5.19	2.55	0.23

II.3.3.2.3. Les caractéristiques minéralogiques du (CEM III/A 42.5N-ES-) :

Tableau II.14 : Les compositions minéralogiques du (CEM III/A 42.5N –ES-).

Eléments	C3S	C2S	C3A	C4AF	Laitier
Teneur %	50	12	5	22	>60

II.3.4. sciure de bois

II.3.4.1. capacité d'absorption

ladifférance de masses $M_1 = 20g$, $M_2 = 38g$, $M_3 = 18g$

$M_3 - M_2 = 18 - 38 = -20$ alors la difference est **20g**

Avec M_2 : masse saturée en eau , M_3 : Masse sèche de la sciure de bois

II.3.4.1. Les Adjuvants:**II.3.4.2. Description**

Le **MEDAFLUID40** est un plastifiant réducteur d'eau. Il est compatible avec tous les types de ciment.

II.3.4.3. Domaines D'application

Le **MEDAFLUID40** est recommandé pour la confection des bétons suivants :

- Béton prêt à l'emploi
- Béton pompé sans forme de ségrégation
- Béton de masse
- Fabrication de dalles et pré-dalles
- Bétons BCR
- Bétons extrudés

II.3.4.5. Propriétés:

Grâce à ses propriétés physico-chimiques, le **MEDAFLUID40** permet:

Sur béton frais :

- Diminuer le rapport E/C
- Augmenter le slump
- Faciliter la mise en œuvre du béton
- Éviter la ségrégation

II.3.4.6. Sur béton durci :

- Augmenter les résistances mécaniques
- Augmenter la compacité
- Augmenter l'imperméabilité
- Augmenter la durabilité
- Éviter la formation de nids d'abeilles

Résistances mécaniques en compression (béton dosé à 350 kg/m³. E/C=0.42. Aff=11cm)

Tableau II.15 : Résistance a la compression à 7 et 28 j avec ou sans adjuvant

Désignation	Rc (MPa)	
	7J	28J
Jours	7J	28J
Témoin	22,5	28,0
MEDAFLUID40(1,5%)	28,5	36,30

II.3.4.7. Caractéristiques Du Medafluid40

- Aspect.....Liquide
- Couleur.....Marron
- pH 8 / 9
- Densité.....1,19±0,01
- Teneur en chlore.....<0,1g/l
- Extrait sec..... 40 %

II.3.4.8. Mode D'emploi

Le MEDAFLUID40 peut être ajouté dans la bétonnière ou dans les camions malaxeurs :

a) Dans la bétonnière il s'ajoute dans la deuxième partie de l'eau de gâchage et doit être suivi d'un malaxage d'environ 2 minutes.

b) Dans le camion malaxeur, le MEDAFLUID40 est introduit dans la toupe à l'arrêt et malaxé à grande vitesse pendant environ 1 minute par mètre cube de béton.

Ne pas ajouter le MEDAFLUID 40 sur le béton sec.

II.3.4.9. Dosage

Plage de dosage recommandé:

0,8 à 2,0 % du poids de ciment. Soit 0,67L à 1,68L adjuvant pour 100 kg de ciment. Des dosages supérieurs à 1,5% du poids de ciment (soit 1,2l d'adjuvant par 100kg 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. [12]

II.3.4.10. Essais du Taux de saturation



Figure II. 5 : Taux de saturation par MEDAFLUID 40

C=600 E=200 E /C=0,4

Tableau II.16 : Essais du Taux de saturation.

Sp (%) MEDAFLUID 40	0.5	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.89	0.99	1	1
Temps décollement(s)	22.04	21.09	319.5	12.89	8.93	7.27	6.18	5.53	5.4	2.3	2.2	2.1	2

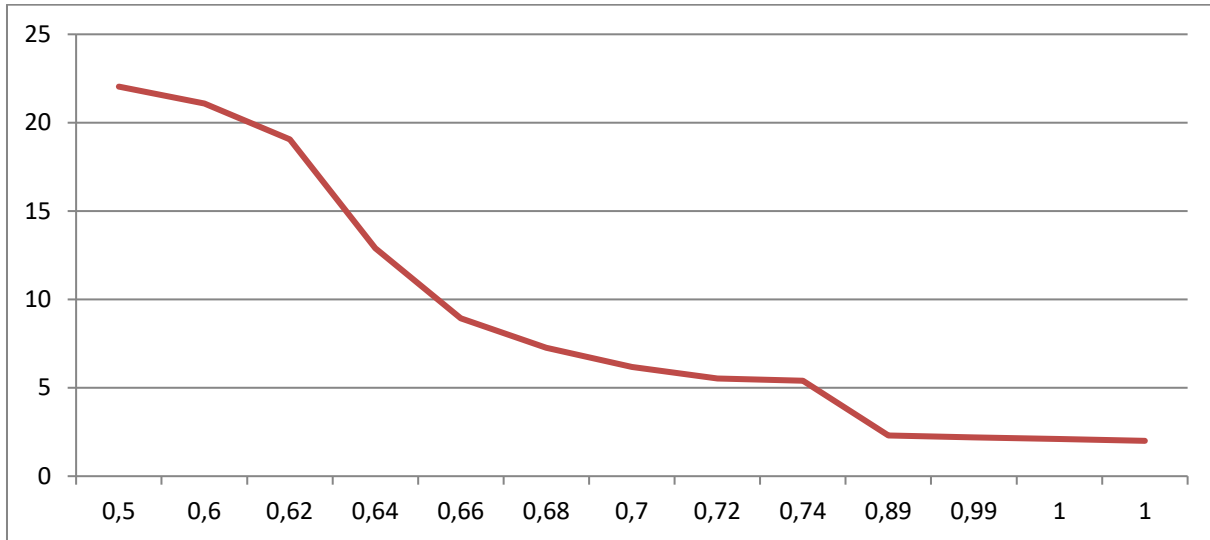


Figure II.6 : Taux de saturation en Medafluid 40

Le taux de saturation en super plastifiant est estimé d'après le graphe de la figure à 1% de Medafluid40 .

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. Caractéristiques chimiques de l'eau utilisée :

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

Tableau II.17 : Caractéristiques chimiques de l'eau.

La mesure	Teneuren (mg/l)
Degré de température	24.7
PH	7.78
Conductibilité	1799
Chlore Cl-	234.3
Sulfate So-4	351.6
Magnésium Mg ²⁺	110.8
Sodium Na ⁺	/
Calcium Ca ²⁺	267.2
Sédiment sec	1412
Rééligibilité d'oxydation eau	1024

Conclusion :

Cette partie théorique nous permet de conclure que le mortier est un matériau hétérogène dont le choix des composants est fonction des critères qui lui sont recherchés.

Ces critères sont essentiellement les résistances mécaniques, la fluidité, ces qualités dépendent de la porosité et de la qualité de ces composants.

Chapitre III

Analyse Des résultats Et Discussions

III.1. Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les résultats des essais effectués sur les mortiers à base d'un mélange mortier 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 mortier innovant au sciure de bois réalisés avec différents pourcentages de sciure de bois dans le but d'avoir un mortier résistant avec une bonne isolation thermique et phonique.

III.3.Composition de mortier :

III.3.1 Dénomination des différents mortiers confectionnés

Les mortiers sont nommés selon le pourcentage de sciure de bois, le pourcentage de ciment et le pourcentage des deux sables utilisés le sable de Boussaâda et le sable concassé avec un pourcentage fixe 1% de Medafluide 40 trouvé a l'aide de l'essai de saturation.

- **MSB 1** : sable de Boussaâda 33.33% , sabla concassé 33.33% et ciment 33.33% , avec (0% , 30% ,40% ,50%) de sciure de bois .
- **MSB 2** : sable de Boussaâda 25%, sabla concassé 25% , ciment 50% avec (0%, 30% ,40% ,50%) sciure de bois .
- **MSB 3** : sable de Boussaâda 20% et sabla concassé 20% et ciment 60% avec (0% , 30% ,40% ,50%) sciure de bois .

III.3.2.porosités des mélanges de sable :

La porosité représente le rapport du volume des vides contenus dans les grains au volume des grains, exprimé en pourcentage .La porosité des granulats courants est en général très faible .Elle est important dans le cas des granulats lagers.

$$p(\%) = \frac{\rho_{\text{absolu}} - \rho_{\text{pp}}}{\rho_{\text{absolu}}} \times 100$$

A/ porosité des mélanges de sable :

Il y a trois (03) compositions (com) de mélange de sable :

1. 50% sable de Boussaâda (SB) et 50% sable concassé (SC)
2. 60% sable de Boussaâda (SB) et 40% sable concassé (SC)
3. 40% sable de Boussaâda (SB) et 60% sable concassé (SC)

Tableau III. 1 : porosités des mélanges de sable

Sable sans sciure de bois	porosité
50%SC et 50% SB	39.68
60%SC et 40% SB	39.13
40%SC et 60% SB	42.37

B/ porosité des mélanges de sable avec sciure de bois :

Les pourcentages de sciure de bois utilisée sont (0 % ; 30 % ; 40 % ; 50 %) du volume totale de l'éprouvette :

Il y a trois (03) compositions de mélange de sable avec sciure de bois (30%,40%, 50%) plus un mélange témoin .

1. **MSB1** :50% (SB) et 50% (SC) avec sciure de bois (0%, 30%,40%, 50%).
2. **MSB2** : 60% (SB) et 40% (SC) avec sciure de bois (0%, 30%,40%, 50%).
3. **MSB3** : 40% (SB) et 60% (SC) avec sciure de bois (0%, 30%,40%, 50%).

Tableau III.2:porosité des mélanges de sable avec sciure de bois

Sable	porosité
0% sciure de bois	
MSB1-0 (50%SC et 50% SB)	39.68
MSB2-0 (60%SC et 40% SB)	39.13
MSB3-0 (40%SC et 60% SB)	42.37
30%sciure de bois	
MSB1-30 (50%SC et 50% SB)	46.37
MSB2-30 (60%SC et 40% SB)	47.10
MSB3-30 (40%SC et 60% SB)	36.45
40%sciure de bois	
MSB1-40 (50%SC et 50% SB)	39.02
MSB2-40 (60%SC et 40% SB)	48.92
MSB3-40 (40%SC et 60% SB)	28.82
50%sciure de bois	
MSB1-50 (50%SC et 50% SB)	56.27
MSB2-50 (60%SC et 40% SB)	49.06
MSB3-50 (40%SC et 60% SB)	49.12

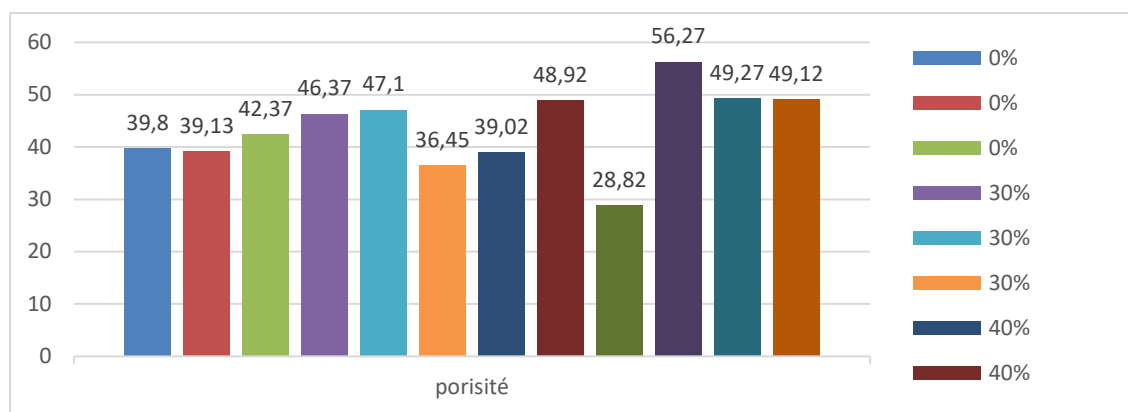


Figure III.1 : porosité des mélanges en fonction du % de sciure de bois

C/ mélange optimums :

En analysant les graphiques, nous concluons que le mélange idéal est le mélange **MSB3-40** mélangé avec 40 % sciure de bois (40%SC et 60% SB), ce mélange à une porosité minimale par rapport aux autres mélanges

III.3.3 Composition des mortiers :

Pour tout les essais on à utiliser des éprouvettes prismatiques 4*4*16 cm, le pourcentage d'adjuvant Medafluid 40 est fixé à 1 % du poids de ciment, mesuré a l'aide du cone de March.

Tableau III.3: Composition des mortiers

Mélangés	Ciment (g)	sable de Boussaâda SB (g)	Sable Concassé SC (g)	MED 40 (g)	EAU(g)	sciure de bois (ml) (0 %)
MSB 1-0%	3000	3000	3000	30	1320	0
MSB 2-0%	4500	2250	2250	45	1980	0
MSB 3-0%	5400	1800	1800	54	2430	0
MSB 1-30 %	2133	2133	2133	21.33	960	920
MSB 2-30 %	3200	1600	1600	32	1440	920
MSB 3-30 %	3840	1280	1280	38.40	1690	920
MSB 1-40%	1803	1803	1803	18.03	902	1228.8
MSB 2-40%	2705	1352.5	1352.5	27.05	1244.3	1228.8
MSB 3-40%	3246	1082	1082	32.46	1494	1228.8
MSB 1-50%	1500	1500	1500	15	945	1536
MSB 2-50%	2250	1125	1125	22.5	1080	1536
MSB 3-50%	2700	900	900	27	1026	1536

III.3.4 Essais sur mortier frais :

A/ Essai de la masse volumique à l'état frais pour les différents mélanges

Tableau III.4 : la masse volumique à l'état frais pour les différents mélanges

Mortier	Masse Volumique g/cm ³
Mortier MSB1-0%	2.15
Mortier MSB1-30%	2.13
Mortier MSB1-40%	1.92
Mortier MSB1-50%	1.71
Mortier MSB2-0%	2.20
Mortier MSB2-30%	2.17
Mortier MSB2-40%	1.99
Mortier MSB2-50%	1.61
Mortier MSB3-0%	2.14
Mortier MSB3-30%	2.06
Mortier MSB3-40%	1.97
Mortier MSB3-50%	1.84

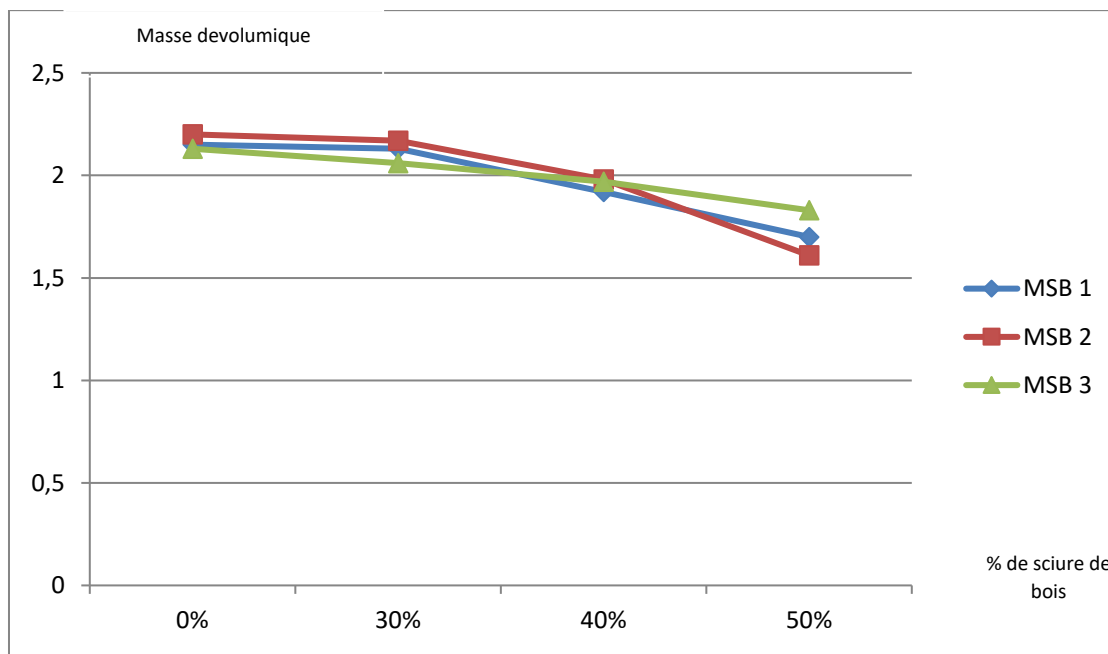


Figure III.2 : Masse volumique apparente en fonctions du (%) de sciure de bois

Remarque :

À travers la représentation graphique, nous remarquons que la masse volumique du mortier frais diminue en augmentons le pourcentage de sciure de bois pour tous les mélanges de mortier étudiés.

III.3.5 Essais sur mortier durci

A/ Mesure de la résistance à la flexion et traction (7, 14, 28)

Tableau III.5 : la résistance à la flexion et traction (7j, 14j, 28j)

Mortier	Flexion Mpa			Traction Mpa		
	7j	14j	28j	7j	14j	28j
MSB1-0%	5.71	6.60	6.60	4.86	5.63	5.63
MSB1-30%	4.91	5.93	5.86	4.23	5.06	5
MSB1-40%	4.55	4.63	4.83	4.53	3.93	4.11
MSB1-50%	3.60	4.03	3.70	3.10	3.43	3.20
MSB2-0%	6.31	7.25	5.85	5.40	6.20	4.98
MSB2-30%	4.86	6.56	6.70	4.13	5.93	5.71
MSB2-40%	5.03	4.70	5.78	4.36	4	4.93
MSB2-50%	2.93	4.40	3.93	2.50	3.76	3.35
MSB3-0%	5.70	6.36	5.73	4.83	5.43	4.95
MSB3-30%	5.26	5.96	4.93	4.50	5.10	4.26
MSB3-40%	5.16	4.71	4.86	4.41	4	4.16
MSB3-50%	4.96	5.31	4.68	4.25	4.53	3.84

B/ Mesure de la résistance à la compression (7j, 14j, 28j)

Tableau III.6 : Résistance à la compression en fonction du % de sciure de bois

Mortier	Résistance à la Compression Mpa		
	7j	14j	28j
MSB1-0%	34.47	38.072	48.58
MSB1-30%	21.64	28.40	34.48
MSB1-40%	14.07	15.95	23.12
MSB1-50%	9.50	10.80	11.52
MSB2-0%	44.12	48.18	68.49
MSB2-30%	29.66	37.71	44.62

MSB2-40%	16.94	21.47	23.12
MSB2-50%	6.04	13.89	13.31
MSB3-0%	45.93	42.74	68.49
MSB3-30%	29.49	30.71	39.63
MSB3-40%	18.12	19.27	26.49
MSB3-50%	14.24	20.55	19.14

C/ Graphes et interpretations

1/ Résistance à la traction

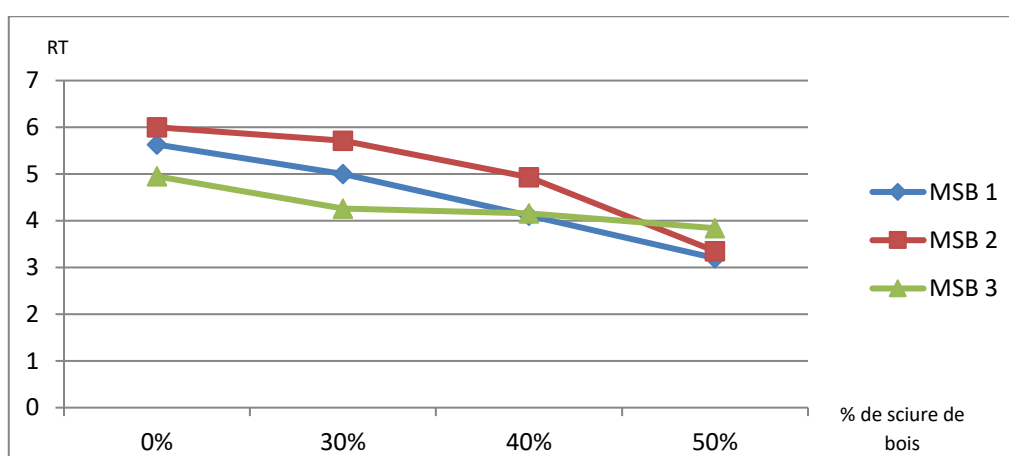


Figure III.3 : Résistance à la traction a fonctions de (%) sciure de bois à 28 jours

Nous notons que plus le pourcentage de sciure de bois dans le mélange augmente, plus la valeur de la résistance à la traction diminue. Le mélange **MSB2** donne les meilleurs résultats de la résistance à la traction.

2/ résistance à la compression en fonction du temps

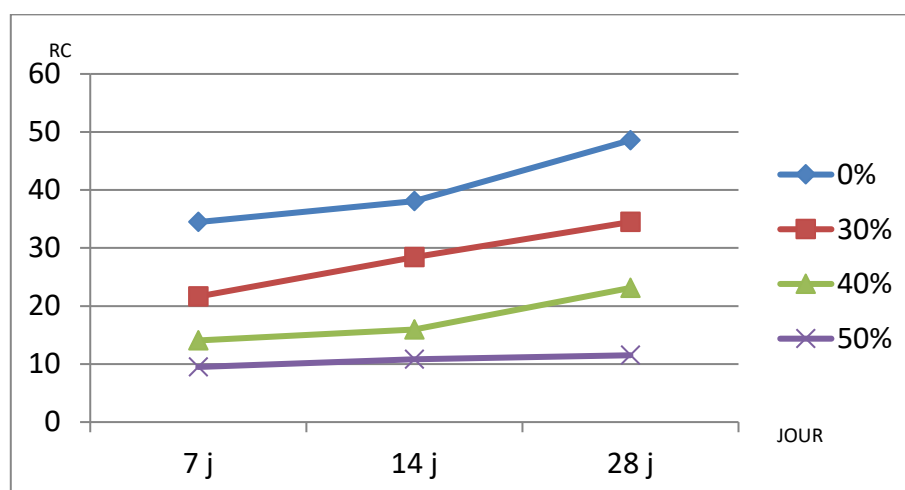


Figure III.4 : résistance à la compression à 7, 14,28 jours (MSB1).

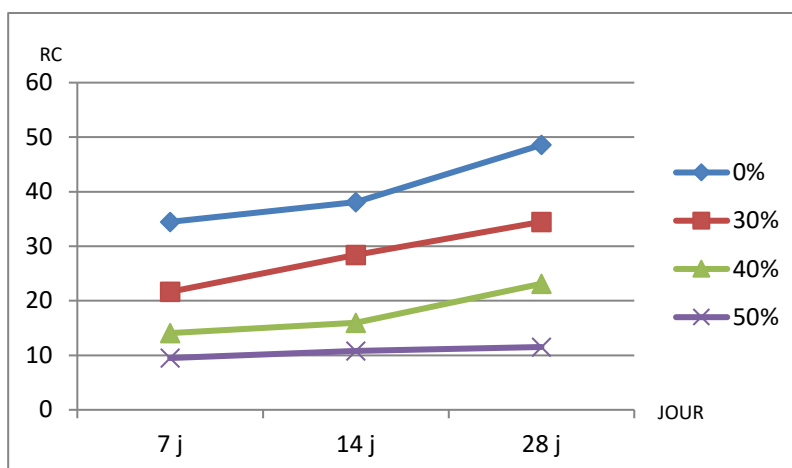


Figure III.5 : résistance à la compression à 7, 14,28 jours (MSB2).

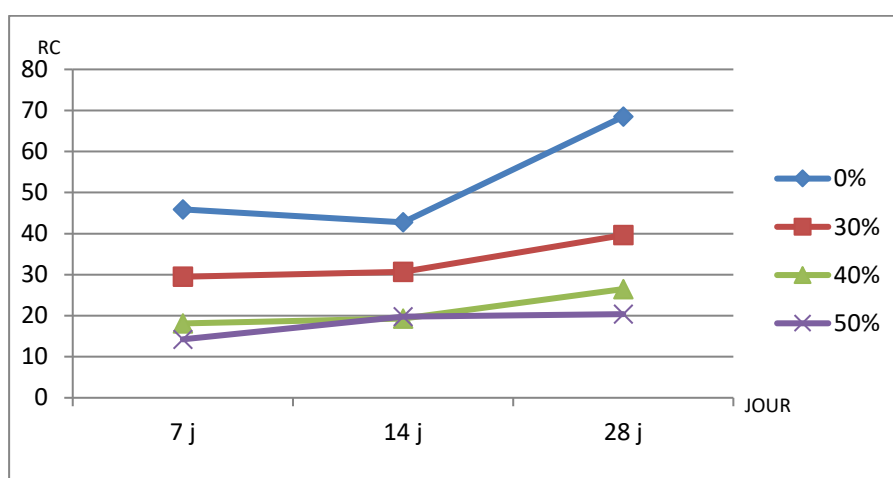


Figure III.6 : résistance à la compression à 7, 14,28 jours (MSB3).

Remarque :

On remarque que la résistance à la compression augmente au cours du temps
Sauf pour le mélange avec 50% de sciure de bois qui affiche une mauvaise résistance.

3/ Résistance à la compression en fonction du pourcentage de sciure de bois

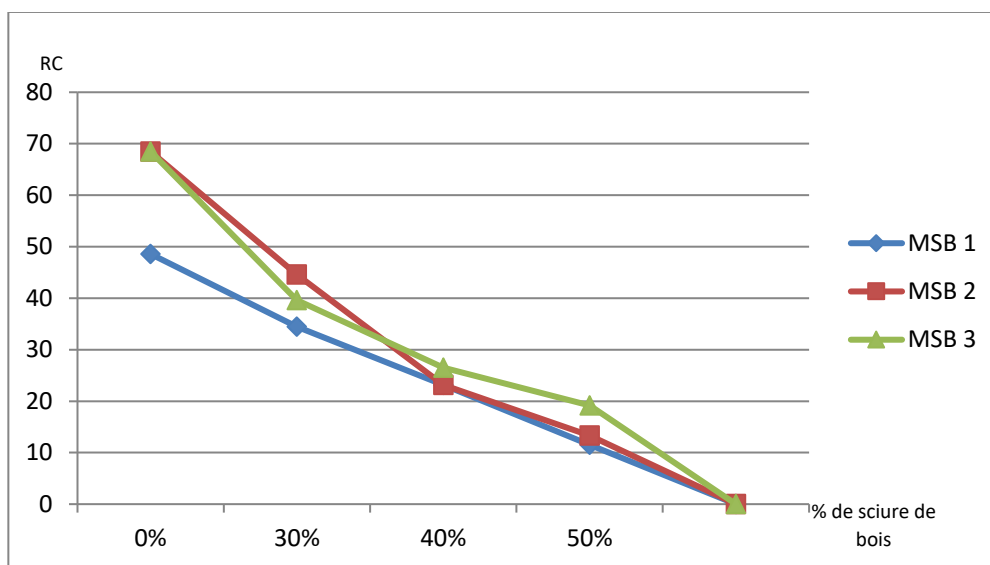


Figure III.7 : Résistance à la compression en fonctions du (%) de sciure de bois à 28 jours

Remarque :

Les mélanges sans sciure de bois donnent lesmeilleures résultats des résistances à la compression ce qui est normal, les mélanges avec 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 30 et 40% de sciure de bois affiche des résistances supérieure a 20 Mpa ce qui est acceptable pour un mortier

Utilisé dans la confection de plaques de revêtement isolantes et iso phonique.

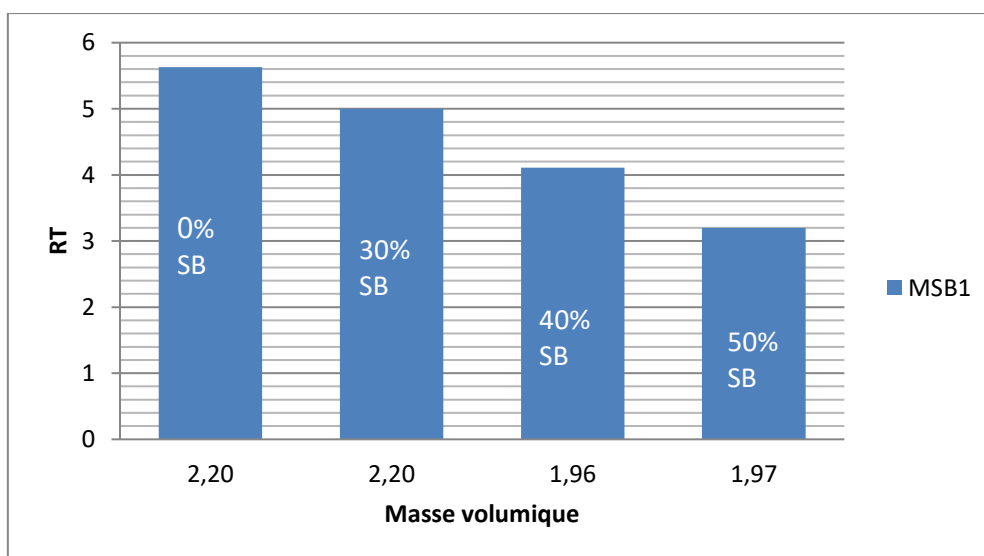


Figure III.8 : résistance à la traction en fonctions de la masse volumique (MSB1)

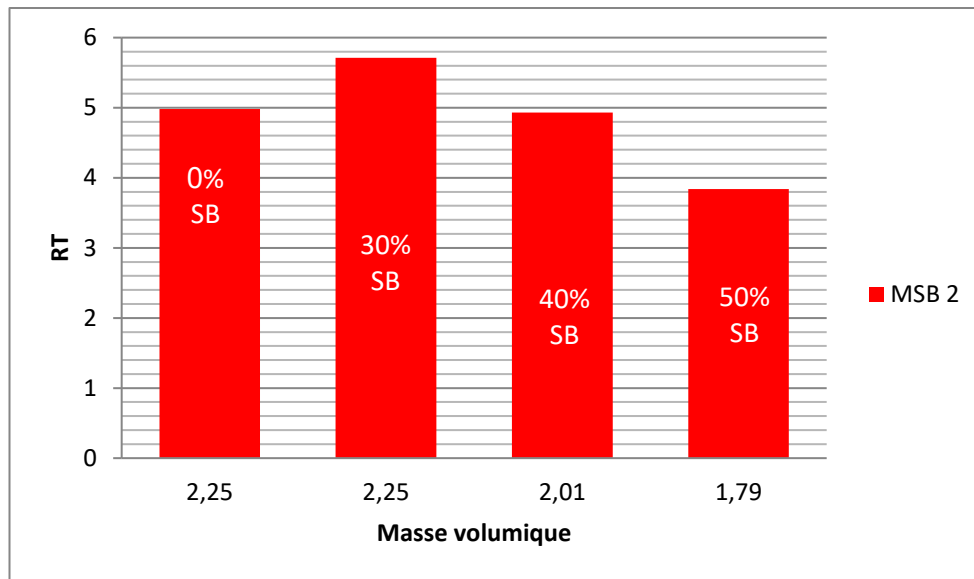


Figure III.9 : résistance à la traction en fonctions de la masse volumique (MSB 2)

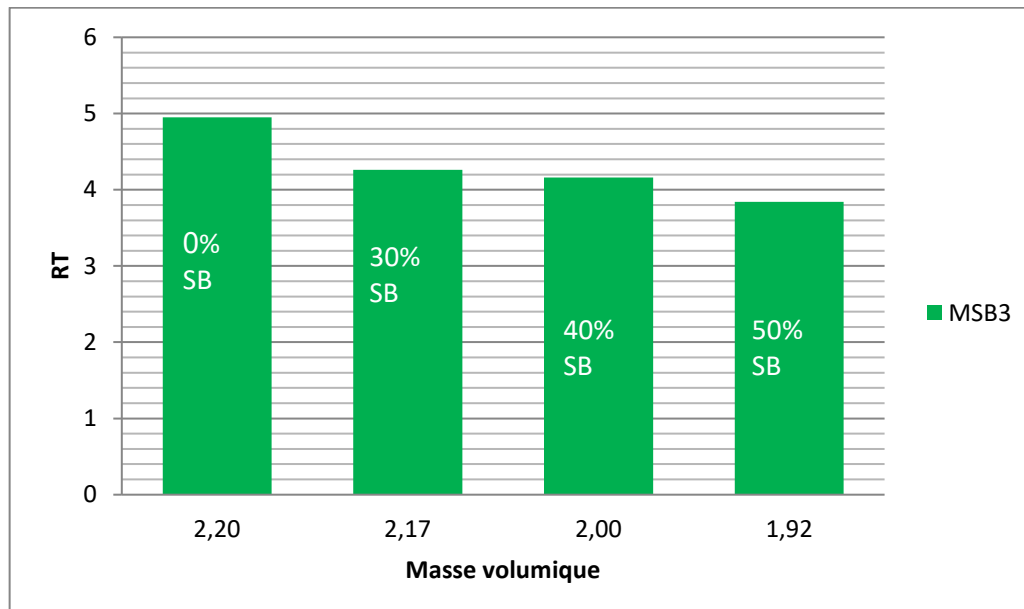


Figure III.10 : résistance à la traction en fonctions de la masse volumique (MSB 3)

Remarque :

Nous notons que plus le pourcentage de sciure de bois dans le mélange augmente, plus la valeur de traction et la masse volumique diminuent pour toutes les compositions.

D/ Mesure de la masse volumique a l'état durci (7, 14,28)

Tableau III.7 : la masse volumique a l'état durci (7j, 14j,28j)

Mortier	Masse Volumique g/cm ³ (7 jours)	Masse Volumique g/cm ³ (14 jours)	Masse Volumique g/cm ³ (28 jours)
Mortier MSB1-0%	2.16	2.18	2.20
Mortier MSB1-30%	2.16	2.18	2.20
Mortier MSB1-40%	1.97	1.95	1.96
Mortier MSB1-50%	1.81	1.90	1.97
Mortier MSB2-0%	2.22	2.23	2.25
Mortier MSB2-30%	2.16	2.19	2.25
Mortier MSB2-40%	2.02	2.02	2.01
Mortier MSB2-50%	1.84	1.85	1.79
Mortier MSB3-0%	2.16	2.19	2.20
Mortier MSB3-30%	2.06	2.14	2.17
Mortier MSB3-40%	2.02	1.89	2.00
Mortier MSB3-50%	1.93	1.97	1.92

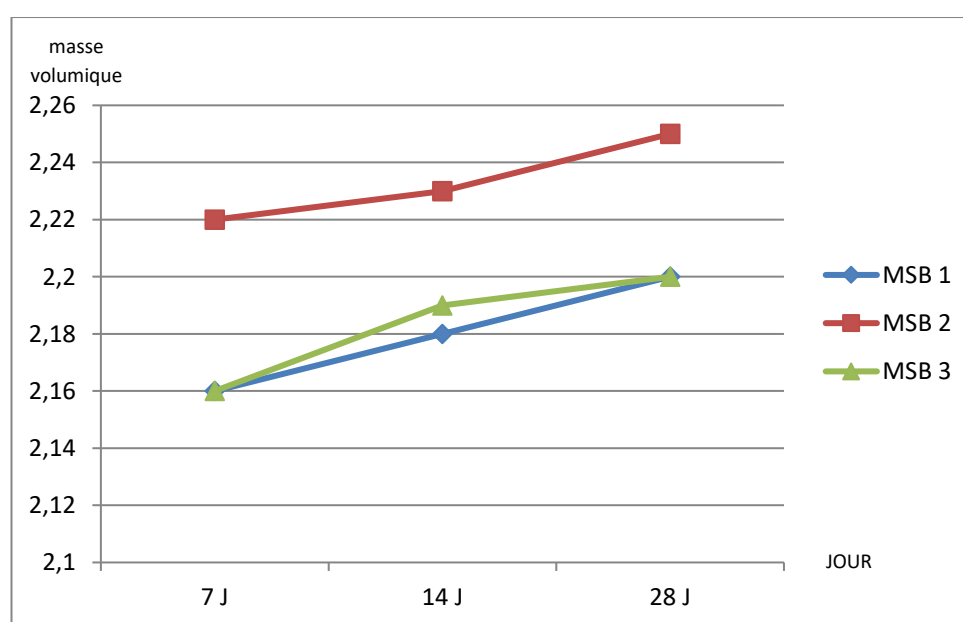


Figure III.11 : la masse volumique a fonctionns jours pour (0%) au sciure de bois

Remarque:

On constate une amélioration du rapport la masse volumique Au fil du temps

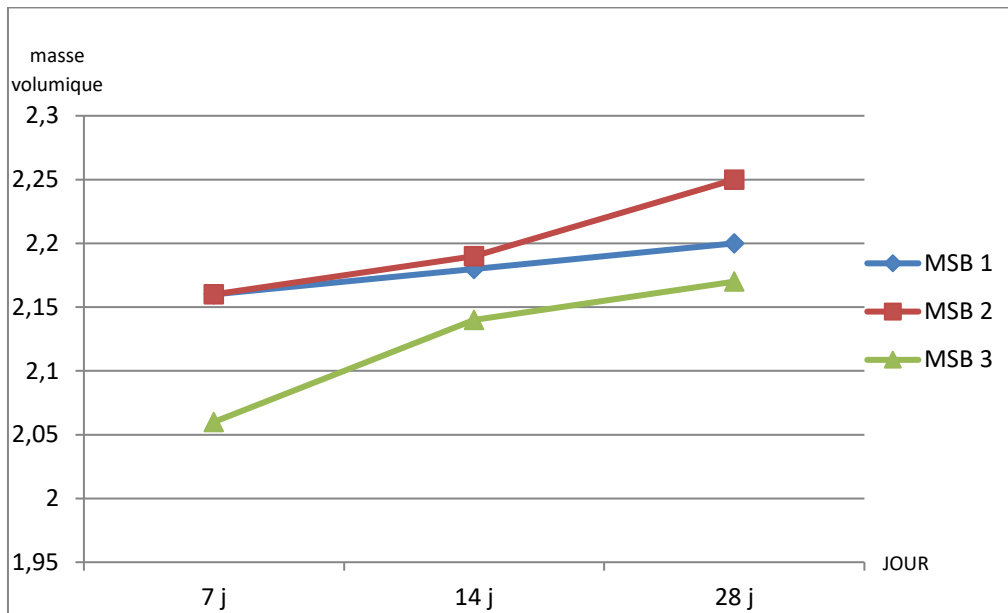


Figure III.12 : la masse volumique a fonctions jours pour (30%) au sciure de bois

Remarque:

On constate une amélioration du rapport la masse volumique Au fil du temps .

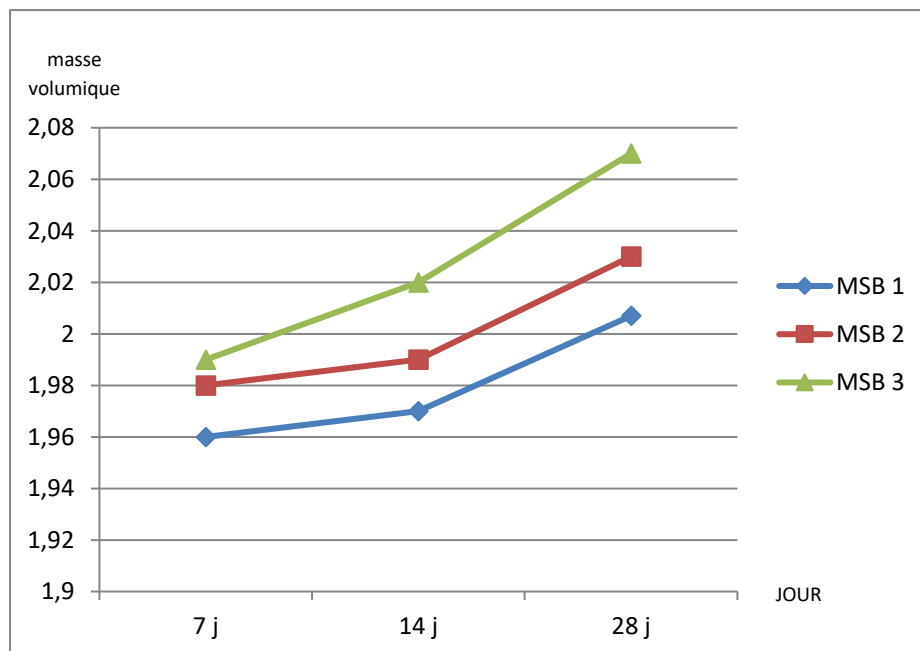


Figure III. 13 : la masse volumique en fonctions jours pour (40%) au sciure de bois

Remarque:

On constate une amélioration du rapport la masse volumique Au fil du temps.

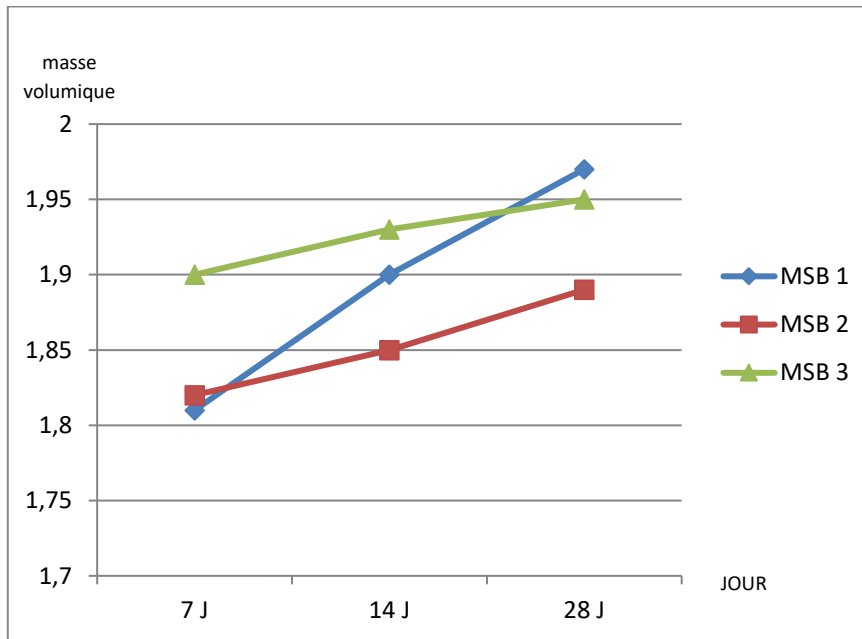


Figure III.14 : la masse volumique a fonctoins jours pour (50%) au sciure de bois

Remarque:

On constate une amélioration du rapport la masse volumique Au fil du temps .

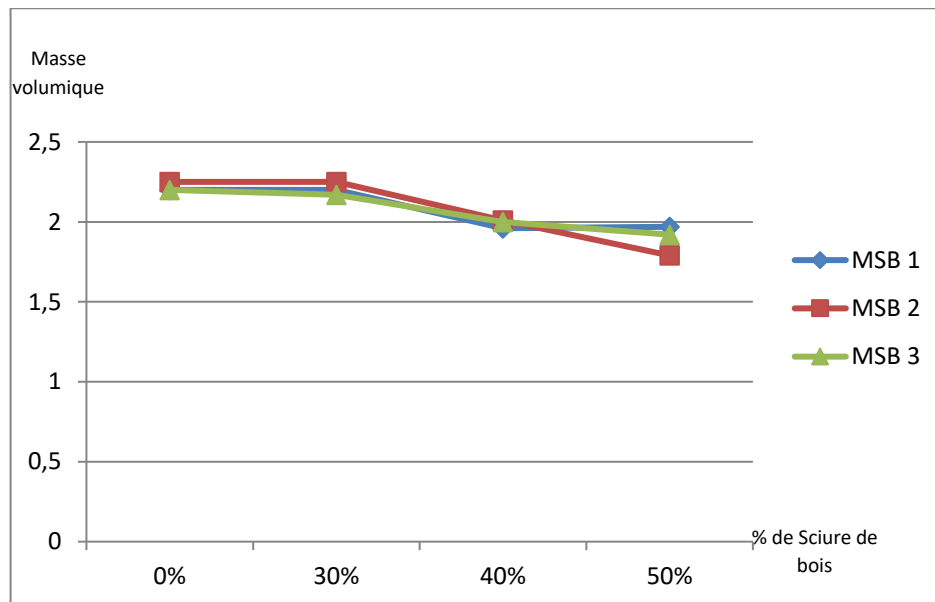


Figure III.15 : la masse volumique a fonctoins (%) au sciure de bois à 28 jours

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.

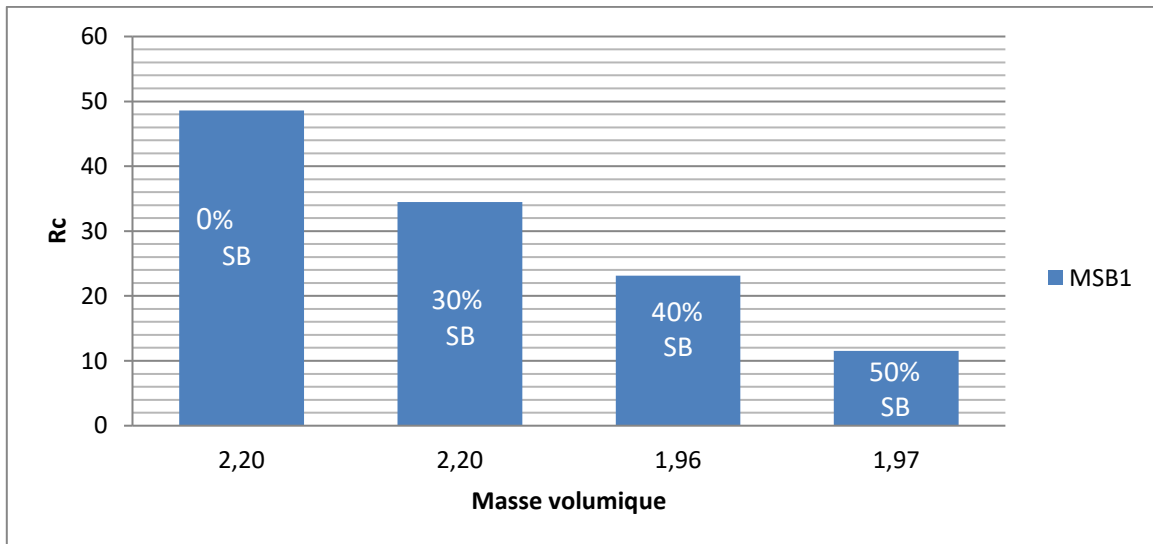


Figure III.16 : résistance à compression en fonctions de la masse volumique MSB1

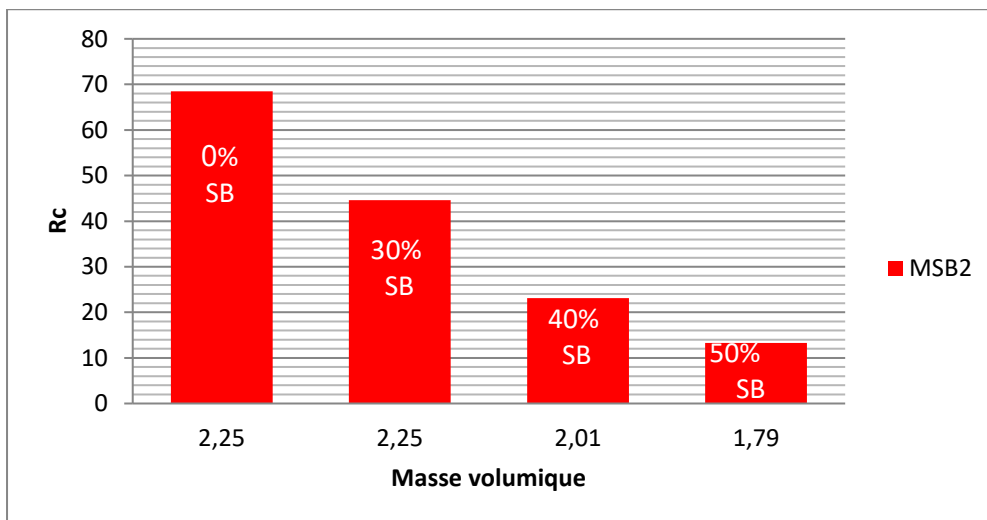


Figure III.17 : résistance à comprésion a fonctions de la masse volumique MSB2

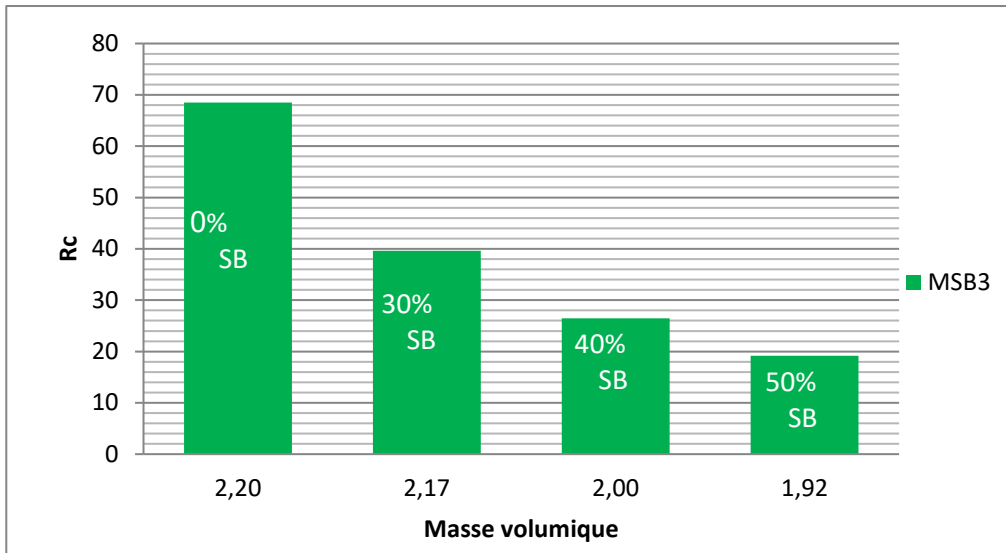


Figure III.18 : Résistance à compression a fonctions de la masse volumique MSB3

Remarque :

notons que plus le pourcentage de sciure de bois dans le mélange augmente, plus la valeur de la résistance à la compression et la masse volumique diminue pour toutes les compositions.

7. conclusion

La masse volumique du mortier frais diminue en augmentons le pourcentage de sciure de bois pour tous les mélanges de mortier étudiés.

Le plus le pourcentage de sciure de bois dans le mélange augmente, plus la valeur de la résistance à la traction diminue. Le mélange MSB2 donne les meilleurs résultats de la résistance à la traction.

La résistance à la compression augmente au cours du temps.

Sauf pour le mélange avec 50% de sciure de bois qui affiche une mauvaise résistance.

Les mélanges sans sciure de bois donnent les meilleurs résultats des résistances à la compression ce qui est normal, les mélanges avec 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 30 et 40% de sciure de bois affiche des résistances supérieures à 20 Mpa ce qui est acceptable pour un mortier.

Utilisé dans la confection de plaques de revêtement isolantes et iso phonique.

le plus de pourcentage de sciure de bois dans le mélange augmente, plus la valeur de traction et la masse volumique diminue pour toutes les compositions.

On constate une amélioration du rapport la masse volumique Au fil du temps n 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.

Le plus de pourcentage de sciure de bois dans le mélange augmente, plus la valeur de la résistance à la compression et la masse volumique diminue pour toutes les compositions.

Chapitre IV

Conclusion générale

Conclusion générale

La majeure partie du béton en Algérie dépend dans sa fabrication des matériaux classiques bien connus (sable, gravier, ciment). Sans considérer le travail de mise en valeur de ce matériau de base dans notre quotidien et l'exploitation des différents matériaux naturels qui se perdent, comme la sciure de bois, que nous avons abordée dans cette étude, essayer de fabriquer un mortier en introduisant un pourcentage de sciure de bois, considérée comme un déchet résultant du travail sur bois. Qui se caractérise par de nombreuses propriétés lorsqu'il est utilisé dans la fabrication de mortier tel que (isolant phonique, isolant thermique....). Tout en conservant bien entendu les propriétés physiques et chimiques applicables (cohésion, bonne résistance....) ce matériau se présente comme une alternative intéressante d'un point de vue technique, économique et environnemental.

Le travail présenté dans cette thèse consiste à trouver la composition appropriée qui combine les deux types de sable (Boussaâda et concassé) avec du ciment et avec un certain pourcentage de sciure de bois par rapport au volume du mélange, bien sûr après avoir expérimenté plusieurs pourcentages de sciure de bois avec de nombreux mélanges.

Cette étude nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

* La composition qui contient 30% de sciure de bois avec le deuxième mélange (MSB2-30%) de notre étude (25% sable de Boussaâda / 25% sable concassé / 50% ciment CRS /1% Adjuvant Medafluid 40) donne le meilleur résultat après analyse des résultats obtenus et comparaison avec les résultats du mélange Control qui ne contient pas de sciure (0% sciure de bois), on a remarqué une bonne cohésion du mélange avec bonnes résistances .

* Le pourcentage de sciure peut affecter négativement ou positivement le rendement du mortier, en comparant les résultats des différents ratios étudiés, (40% de sciure de bois) donne un résultat inférieur et (50% de sciure de bois) donne le résultat le plus faible avec la difficulté de cohésion du mélange.

* Une bonne résistance à la compression a été obtenue en utilisant (30% de sciure de bois). Cela donne une bonne et intéressante impression d'un point de vue environnemental et économique, en plus d'une perspective future sur le développement du mortier, l'élargissement de ses utilisations, l'investissement dans les déchets naturels et leur valorisation dans le domaine de la construction.

* En raison du faible rendement du mélange de (50 % de sciure de bois) ou plus de sciure de bois, l'utilisation de ce matériau (sciure de bois) comme produit de structure reste limitée et liée au pourcentage utilisé.

* L'utilisation de ce composé n'est pas limitée au seul domaine de la construction, mais il peut également être utilisé en industrie pour la fabrication des panneaux de cloison et d'isolation acoustique et thermique.

Perspectives :

- augmenter le pourcentage de sciure de bois dans le mortier sans diminuer ces résistances à la compression et à la traction.
- Utiliser la sciure de bois dans le béton et voir ça durabilité et ça résistance aux agressions chimiques et autres.

Référence et bibliographie

- [1] : Les mortiers. [En ligne]. [Info ciments] : B51. France : Cimbéton. Janvier 2005, 1p. Disponible sur : <http://www.infociments.fr/recherche?q=MORTIERS>
- [2] : **M. MAZA, T Ayadat: 1995** ,Traitement des bétons et mortiers à base de sables concassés locaux par des adjuvants - Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics. Numéro 539 Pages 93-116,
- [3] [**N. Tebbal, Z Rahmouni, M Maza] : 2017** Combined effect of silica fume and additive on the behavior of high performance concretes subjected to high temperatures,- Mining Science, 2017, volume 24, pages 129—145
- [4]:**HOLCIM 2004** : Le béton autocompactant. Recommandation étudiée par la société Holcim ,Suisse. 26 Novembre 2004.
- [5] -[**BOUALI .K**] : Elaboration et caractérisation thermomécanique des mortiers à base d'ajouts de déchets de briques réfractaires mémoire de magister, Université M'hmedBougara, Boumerdes, 2014.
- [6] : **FESTA Jean et DREUX Georges**. « *Nouveau guide du béton et de ses constituants*». Editions EYROLLES. Huitième édition 1998, 416p.
- [7]:Mortiers de Maçonnerie Industriels. [En ligne]. (29 juin 2002). Format PDF. Disponible sur: http://www.febelcem.be/fileadmin/user_upload/dossiers-ciment-94-08/fr/29_fr.pdf (consulté le 27-02-2018)
- [8] : Laboratoire de Matériaux de Construction. [En ligne]. « *Travaux Pratique de Matériaux de Construction. Ecole Polytechnique Fédérale de LAUSANE* ». 2016. 17p.
- [9]:**BOUYGUES Construction**. Shaping a Better Life. [En ligne]. Disponible sur: «<http://www.bouygues-construction.com>» (Consulté le 27-02-2018)
- [10] : **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)
- [11]: **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.archives-ouvertes.fr/tel-00934732> » (consulté le 22-02-2018)
- [12]:www.granitex-dz.com