



Faculté de Technologie  
Département de Génie Civil  
Domaine : Sciences Techniques  
Filière : Génie Civil  
Spécialité : Matériaux du Génie Civil

## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master  
Thème:

Caractérisation physico-mécanique du mortier de ciment  
renforcé de fibres de jonc : influence de la teneur et de la  
longueur des fibres

Présenté par : *BENBIDA Lilia*

Encadrant : *BELOUETTAR Redjem Pr. Université Badji Mokhtar-Annaba*

### Jury de Soutenance

Mme. BENKECHKACHE Ghofrane	M.C.B	Université Badji Mokhtar - Annaba	Présidente
Mr. BELOUETTAR Redjem	Prof.	Université Badji Mokhtar - Annaba	Encadrant
Mr. BENZERARA Mohammed	M.C.B.	Université Badji Mokhtar - Annaba	Examineur
Mme. MENADI Souad	M.C.B.	Université Badji Mokhtar - Annaba	Membre invité

Année Universitaire : 2022/2223

## Dédicace

*Je tiens à dédier ce travail aux personnes les plus chères à mon cœur, ma mère **FAHIMA BOULAKSSA** la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.*

*Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.*

*Ce qui était à mes cotés dans les moments difficiles sans laquelle je n'aurai pas abouti à ce stade d'étude , ainsi que chaque instant de bonheur qu'elle m'a procurée,*

*à mon père **DJAMEL Eddine BENBIDA** , car c'est grâce à leurs soutiens que j'ai pu arriver à ce stade ; je souhaite que ce travail soit à la hauteur de tout ce qu'ils ont pu faire pour moi.*

*À ma mère **HOURIYA CHAHBONE** aimante, gentille et formidable qui souhaitait que ses yeux soient heureux de me voir le jour de ma remise des diplômes À celle qui nous embrasse dans la poussière avant que son souhait ne soit exaucé Au secret de ma force et de ma détermination .  
À ma mère, Que Dieu ait pitié de son âme, je lui dédie mon diplôme et ma réussite.*

*Avec les sentiments les plus sincères et les paroles les plus aimables émanant d'un cœur fidèle, j'offre mes remerciements et ma gratitude à ceux qui ont été la raison de continuer et de compléter le chemin de ma vie, qui m'ont soutenu dans les circonstances les plus difficiles et qui ont motivé à persévérer, à continuer et à ne pas désespérer. Je vous présente les plus belles expressions de remerciement et de gratitude d'un cœur débordant de respect et d'appréciation pour vous.*

*Mon cher oncle qui est à la place de mon père (abd Raouf)  
Mes tants (Wahida, Jamila, Monia)  
Mon oncle (mourad)  
La femme de mon oncle (Tebra)  
Et mon oncle, que Dieu lui fasse miséricorde (Mouhamad)  
Mes cousins (Ritaj. Mouad. Lina)  
Mes cousines  
Mes tantes  
Ma voisine (soumaya) et sa fille (amel)  
Les mères de mes chers amis (sabiha et wahida)  
Et toute la famille*

*A mes amis, à ceux qui sont mes sœurs et mes frères, qui  
m'ont soutenu avec tout ce qu'ils avaient, à ceux qui n'ont  
jamais cessé de m'aider.*

*Safa , malek , haoua , floulou , sabrina*

*Charef , mouatez , zinou , seif*

*A tout mes amis de promos 2023 master 2 génie civil .  
« fateh, hasan, amel amani , hana , saber , salah , nounou,  
rochdi »*

*Surtout Fateh Hassan, Amal et Amani , Salah , Saber, j'ai eu  
l'honneur de les connaître et les meilleurs moments ont été  
avec eux.*

*LILIA Benbida*

## Sommaire

Remerciements	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Introduction générale	
<i>Chapitre I : Eude bibliographique</i>	
I.1. INTRODUCTION	3
I.2-Généralités sur les mortiers	3
I.2-1-Type de mortiers	4
A- Le mortier –ciment	5
B -Le mortier hydrofuge	5
C -Le mortier réfractaire	6
D-Le mortier de chaux	6
E-Le mortier bâtard	7
F-Le mortier-colle	7
j-Mortier de jointoiment	7
I.3. Domaines d'utilisation des mortiers	8
I.3-1- Le hourdage de maçonnerie	8
I-3-2-Mortiers de pose	8
I.3.3-Les chapes	9
I-3-4-Les scellements et les calages	9
I.4.Fabrication des mortiers	9
I.4-1- Mortiers fabriqués sur chantier	9
I.4-2- Mortiers industriel	10

I.5. Avantage et inconvénient de l'utilisation des mortiers	11
I-6 Matériaux de construction de mortier de ciment	11
I.6.1. Le ciment	11
I.6.1.1- L'hydratation du ciment	14
I.6.2.Le sable	14
I-6-2-1. Classification des sables	15
I.6.3. L'eau de gâchage	15
I.7. les matériaux cimentaires fibrés	15
I.8. Propriétés du matériau composite fibré	15
I.9.Généralités sur les fibres	16
I.9.1. Définition d'une fibre	16
I.9.2.Les types de fibres	16
a- Les fibres de verre « E » et « AR »	17
b- Fibres d'acier	17
c- Fibres de carbone	18
d- Fibres de polypropylène	18
E -Fibre végétale	19
I.9.3.Domaine d'application de quelques types de fibres	19
I.9.4. Rôles des fibres dans une matrice cimentaire	20
I.10.Les fibres végétales	21
I.10.1.Définition	21
I.10.2.Structure d'une fibre végétale	21
I-10-3 Classification des fibres végétales	22
I.10.4.Propriétés mécaniques de la fibre végétale	23
I.10.5.Différents types des fibres végétales	24

A- Fibre Le lin:	24
B - Fibre chanvre	25
C - Le Cotton	25
D- Le Kénaf	26
E- Le jute	27
F -L'alfa	27
G- Palmier dattier	28
H- Le coco	28
J - Le Jonc	29
I.11. Quelques travaux sur les fibres végétales	30
I.11.1. Béton aérien à base de fibres de palmier dattier	31
I.11.2. Béton et mortier à base de fibres végétales (palmier dattier, diss et alfa) Travaux de M BOUTARFA	31
I.12. Conclusion	31
<i>Chapitre 2 Matériaux et méthodologie expérimentale</i>	
II-1. Introduction	33
II-2. Matériaux utilisés	33
II-2-1. Le ciment	33
II.2.2. L' eau de gâchage	34
II.2.3. Le sable	34
II.2.4. Fibres de jonc utilisées	35
II.2.4.1 Cinétique d'absorption d'eau de fibres de jonc	36
II-3. Caractéristiques physiques des granulats (sable)	37
II-3-1. Masse volumique apparente	37
II-3-2. Masse volumique absolue du sable	38
II-3-3. Propreté du sable (Equivalent de sable)	38

II-3- 4 Porosité et Compacité et Indice de vides	39
A -La compacité	39
B- La Porosité	39
C-Indice de vides	39
II.3.4. Caractéristiques physiques du sable	40
II-3-5. Analyses granulométrique	40
II.3.5.1. Principe de l'essai	41
II-3-6. Le module de finesse	42
II-4- Mortier d'étude	43
II-4-1 Composition du mortier	43
II-4-2 Composition du mortier fibré	43
II.5. Fabrication et préparation des spécimens	44
II.5.1. Elaboration des éprouvettes	44
II.5.2. Gâchage du mortier	44
II.5. 3. Conservation des éprouvettes	46
II.6. Caractérisation des mortiers à l'état frais	46
II.6.1 Etalement sur la table à secousse	46
II.6.2. Densité des fibres de jonc	47
II.7 Propriétés du mortier fibré à l'état durci	48
II.7.1 Densité du mortier durci	48
II.7.2. Essai de traction par flexion trois points	48
II.7.3. Résistance à la compression	49
II.7.4. Absorption d'eau par capillarité	50
II.7.5 Absorption d'eau par immersion totale	51
II.8. Conclusion	52

<i>CHAPITRE III Résultats et discussions</i>	
III. Introduction	52
III. 1. Effet des fibres de jonc sur l'étalement à la table à secousses des mortiers	52
III.2. Effet des fibres de jonc sur la densité des mortiers frais	54
III. 3. Propriétés des mortiers fibrés à l'état durci	55
III.3.1. Effet des fibres de jonc sur la densité des mortiers durcis	55
III.4. Caractérisation mécanique des mortiers d'étude	56
III.4.1. Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la résistance en compression des mortiers	56
III.4.2. Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la résistance à la flexion des mortiers	58
III.4.3. Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la capacité d'absorption d'eau par immersion	59
III.4.4. Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la capacité d'absorption d'eau par capillarité	61
III.5. Conclusion	62
Conclusion générale	
Référence bibliographique	

## Liste des tableaux

<u>Numéro</u>	<u>Désignation</u>	<u>Page</u>
<i>Chapitre I. Etude bibliographique</i>		
Tableau I.1	classification des ciments en fonction de leur composition	13
Tableau I.2	classification des ciments en fonction de leur résistance	14
Tableau I.3	Domaine d'application des fibres	20
Tableau I.4	Propriétés mécaniques des fibres naturelles en comparaison avec des fibres de renforcement conventionnelles	24
Tableau I.5	Les Principaux avantages et inconvénients des fibres végétales	30
<i>Chapitre II Matériaux et méthodologie expérimentale</i>		
Tableau II.1	Composition chimique du ciment	34
Tableau II.2	Caractéristiques physiques du ciment	34
Tableau II.3	La masse des fibres	35
Tableau II.4	Absorption d'eau en % pour 1, 1.5 et 2 cm des fibres végétales utilisées	36
Tableau II.5	Résultats des différents essais physiques du sable	40
Tableau II.6	Analyse granulométrique du sable de dune	41
Tableau II.7	Classification du sable suivant les valeurs de module de finesse.	42
Tableau II-8	Composition des mortiers fibrés de jonc	44
Tableau II-9	Densité des fibres végétales	47

Chapitre III Résultats et discussions

Tableau III.1	Effet de la longueur et pourcentage des fibres végétales sur l'étalement du Mortier d'étude	52
Tableau III.2	Effet de la longueur et pourcentage des fibres de jonc sur la densité du mortier frais	54
Tableau III. 3	Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la densité du mortier durci	55
Tableau III.4	Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur les résistances à la compression	57
Tableau III. 5	Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur les résistances à la flexion	58
Tableau III.6	Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la capacité d'absorption d'eau par immersion	60

## Liste des figures

Numéro	Désignation	page
<i>Chapitre I. Etude bibliographique</i>		
Figure I.1	mortier de ciment	4
Figure I.2	mortier de ciment préparé	5
Figure I.3	mortier de ciment commercialisé	6
Figure I.4	mortier colle : exemple d'application	8
Figure I.5	mortier de ciment utilisé pour les joints	9
Figure I.6	mortier de pose	9
Figure I.7	mortier de ciment utilisé pour réaliser une chape	10
Figure I.8	fabrication du ciment	12
Figure I.8	Fibres de verre	17
Figure I.9	Fibres d'acier	17
Figure I.10	fibres de Carbone	18
Figure I.11	Les fibres de polypropylène	19
Figure I.11	Rôle de fibres dans le mortier	21
Figure I.12	les couches micro-fibrille cellulosiques en partie cristalline	22
Figure I.13	Fibres de lin	24
Figure I.14	Fibres de chanvre	25
Figure I.15	Fibre de coton	25
Figure I.16	Fibres de kénaf	26
Figure I.17	Fibres de jute	27
Figure I.18	Fibres d'alfa	28

Figure I.19	Fibre Palmier dattier	28
Figure I.20	Fibre de coco	29
Figure I.21	Fibre de jonc	29
<i>Chapitre II Matériaux et méthodologie expérimentale</i>		
Figure II.1	ciment utilisé	33
Figure II.2	Sable de dune utilisé	35
Figure II.3	fibres de jonc découpées et utilisées	36
Figure II.4	Cinétique d'absorption en eau des fibres de jonc	37
Figure II. 5	La masse volumique apparente	38
Figure II-6	Essai de l'équivalent de sable	39
Figure II.7	Courbe granulométrique du sable utilisé	41
Figure II-8	Série de tamis utilisés pour l'analyse granulométrique	42
Figure II.9	mélange manuellement d'un mortier	44
Figure II.10	mélange d'un mortier fibré	44
Figure II.11	Fabrication et moulage des éprouvettes.	45
Figure II.12	table vibrante	45
Figure II.13	Conservation des éprouvettes dans l'eau	45
Figure II.14	Essai d'étalement à la table à secousses	46
Figure II.15	Eprouvettes à l'état durci	47
Figure II.16	Dispositif pour l'essai de résistance à la flexion trois points	47
Figure II.17	Conduite de l'essai de traction par flexion	48
Figure II.18	Dispositif de rupture en flexion trois points.	48
Figure II.19	Dispositif de rupture en compression	49
Figure II.20	Machine d'essai de compression	49
Figure II.21	Dispositif de mesure d'absorption d'eau par capillarité	50
Figure II.22	dispositif de mesure d'absorption d'eau par immersion totale	52

Chapitre III Résultats et discussions

Figure III.1a	Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur l'étalement du mortier d'étude.	53
Figure III.1b	Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur l'étalement du mortier d'étude.	53
Figure III.2	Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la densité du mortier frais	55
Figure III. 3	Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la densité du mortier durci	56
Figure III.4	Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur les résistances à la compression	57
Figure III.5	Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur les résistances à la flexion	59
Figure III.6	Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la capacité d'absorption d'eau	60
Figure III.7	Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la capacité d'absorption d'eau par capillarité	61
Figure III.8	Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la capacité d'absorption d'eau par capillarité	62

## *Remerciements*

*Tout d'abord, nous remercions Dieu, le Tout Puissant, de nous avoir donné la volonté et le courage afin d'arriver à la finalité de ce modeste travail. Ensuite, nous remercions nos parents qui nous ont soutenus beaucoup pendant toute la vie et qui continueront à nous aider dans tous les projets de l'avenir. Ainsi que tous les membres de ma famille qui ont participé de près ou de loin à nous encourager et nous aider dans notre projet.*

*Je voudrais tout d'abord adresser toute ma reconnaissance à mon directeur de mémoire, Professeur **Redjem BELOUETTAR** ,, qui a supervisé l'encadrement du début à la fin, et pour sa grande patience, et je prie Dieu qu'il soit couvert par la santé et le bien-être*

*Je remercie également mon Co-Encadreur Monsieur **Mohamed Benzerara** qui m'a tant soutenu, et qui a apporté son soutien, son aide et ses conseils au cours de ce travail sans oublier tous mes professeurs pour leurs aides précieuses surtout monsieur **kebaïli bachir***

*Je remercie également l'ensemble des membres du jury pour avoir examiné mon travail : Madame **Ghofrane Benkechkache** et Monsieur **Mohamed Benzerara**.*

*Je remercie tous les enseignants de mon cursus universitaire qui ont contribué à ma formation.*

*Je tiens également à remercier toute l'équipe du département de Génie Civil : Enseignants, Personnels Administratifs et Techniques ; merci à messieurs **KHOUALDI Khair-Eddine** et **AKROUM Kamel** pour leurs aides durant les essais expérimentaux et pour leur présence*

*et assistance technique et les nombreuses explications qu'ils nous ont patiemment données.*

*Un très grand merci à toute ma famille, et plus particulièrement mes parents **BENBIDA DJAMEL EDDINE ET BOULAKSAA FAHIMA**, Ma profonde reconnaissance pour le soutien qu'ils m'ont apporté en toute circonstance, ainsi que pour leur patience et leur amour qui sont la source de ma réussite et qui m'ont toujours soutenu et encouragé dans mes différents choix*

*Pour finir, j'adresse mes remerciements à tous mes amis, pour leurs encouragements et leur soutien moral. Sans oublier les amies de ma promotion et toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail*

*Merci*

## Résumé

Ce travail porte sur l'étude de comportement physico -mécanique des mortiers à base de fibres végétales( le jonc) . L'objectif principal de ce travail est l'étude de l'effet de l'incorporation des fibres sur les propriétés mécaniques (résistance à la compression et résistance à la flexion trois points). Dans cette étude, nous avons fait varier deux paramètres tels que : l'influence de la longueur des fibres (1cm, 1.5cm, 2 cm) et l'influence de la teneur des fibres (0.5%, 1%, et 1.5% , 2% ,3% ).

Les résultats obtenus pour les mortiers renforcés par les différentes longueurs et taux de fibres végétales montrent qu'avec l'augmentation des longueurs de fibres et du pourcentage, la résistance en flexion est améliorée et une diminution de la résistance en compression a été constatée. L'absorption en eau par immersion et celle par capillarité reste fonction du taux d'ajout des fibres de jonc

Mots clés : Mortier, Fibre végétale, le jonc , caractérisation mécanique, analyse.

## **Abstract**

This work focuses on the study of physico-mechanical behavior of mortars based on vegetable fibers (rush). The main objective of this work is the study of the effect of the incorporation of fibers on the mechanical properties (compressive strength and three-point bending strength). In this study, we varied two parameters such as: the influence of fiber length (1cm, 1.5cm, 2cm) and the influence of fiber content (0.5%, 1%, and 1.5%, 2 % .3% ).

The results obtained for the mortars reinforced by the different lengths and rates of fibers plants show that with the increase in fiber length and percentage, the flexural strength is improved and a decrease in compressive strength has been observed. Water absorption by immersion and that by capillarity remains a function of the rate adding rush fibers

Keywords: Mortar, plant fiber, mechanical characterization, analysis

## ملخص

يركز هذا العمل على دراسة السلوك الفيزيائي والميكانيكي للملاط القائم على الألياف النباتية (الاندفاع). الهدف الرئيسي من هذا العمل هو دراسة تأثير دمج الألياف على الخواص الميكانيكية (مقاومة الانضغاط وقوة الانحناء ثلاثية النقاط). في هذه الدراسة ، قمنا بتغيير معاملين مثل: تأثير طول الألياف (1 سم ، 1.5 سم ، 2 سم) وتأثير محتوى الألياف (0.5% ، 1% ، 1.5% ، 2% ، 3%.

النتائج التي تم الحصول عليها للملاط المقوى بأطوال ومعدلات ألياف مختلفة ، تشير النباتات إلى أنه مع زيادة طول الألياف ونسبتها المئوية ، فإن تم تحسين قوة الانحناء وتم تقليل قوة الانضغاط . يبقى امتصاص الماء عن طريق الغمر وذلك بواسطة الشعيرات الدموية دالة على المعدل مضيفا ألياف الاندفاع

كلمات البحث الملاط ، ألياف النباتية ، القصب ، الخواص الميكانيكي

# **INTRODUCTION GENERALE**

## **INTRODUCTION GENERALE**

Les mortiers sont présents dans tous les secteurs d'activité du bâtiment et des travaux publics. Au cours des 40 dernières années, les mortiers sont devenus de plus en plus complexes. Aujourd'hui, ils associent des liants hydrauliques et de multiples adjuvants, les applications les plus importantes de tous les mortiers utilisés. Leur durabilité et résistance est intimement liée aux propriétés de ses composantes.

Les mortiers ont connu un essor important ces dernières années en Algérie dans des divers domaines à savoir: bâtiments, ouvrages d'arts, constructions spéciales,... les liants hydrauliques sont les composés essentiels de ces derniers, ce sont des systèmes rendus complexes par l'incorporation de nombreux adjuvants, sous-produits et déchets issus des Industries de fabrication des matériaux de construction, dont les effets, bénéfiques et parfois antagonistes ne sont pas encore totalement compris.

L'Algérie est un des pays qui disposent d'extraordinaires ressources en fibres végétales (Palmier, Alfa, Cotton, Sisal...), malheureusement, leur valorisation dans les domaines pratiques, entre autre, dans les matériaux de construction est encore peu exploitée. Plusieurs travaux s'alignent sur le fait que l'utilisation des fibres végétales dans le mortier s'avère une solution avantageuse, vu son abondance, son impact socioéconomique et environnemental. L'idée d'introduire la fibre végétale dans le domaine du Génie Civil ne date pas d'aujourd'hui. En s'appuyant sur les travaux de plusieurs chercheurs dans ce domaine, nous sommes proposés de faire une étude du comportement mécanique d'un mortier à base de fibres de Sisal. Le travail initié dans le cadre de ce mémoire, consiste à la caractérisation expérimentale à l'état frais (affaissement) et à l'état durci (résistance mécanique à la compression et traction par flexion trois points) à l'échelle de mortier. L'intérêt est d'identifier l'effet de cette fibre végétale et son dosage sur ces propriétés

Pour réaliser ce travail, une recherche bibliographique est nécessaire sur la matrice cimentaire, le mortier fibré et l'importance d'utiliser les fibres végétales dans la matrice cimentaire donc d'un mortier classique. Cette recherche bibliographique est présentée comme suit :

Le premier chapitre intitulé « Généralités sur les mortiers et Généralités sur les Fibres végétales », ce chapitre traite toutes les définitions, compositions et comportement d'un mortier classique, et, les différents types de fibres, la nature, classification, nature chimique et comportement sont fidèlement reportés dans cette section de la partie recherche bibliographique.

Dans le second chapitre, tous les matériaux (ciment, sable et, fibre végétale) utilisés pour la confection des différents spécimens, tenant compte des paramètres: variation de la longueur ainsi que les différents dosages en fibres à incorporés dans la matrice mortier, sont présentés sous forme de tableaux et diagrammes et les différentes techniques expérimentales utilisées ainsi que les moyens d'essais développés spécifiquement lors de ce travail.

Le troisième chapitre présente un protocole d'essai proposé pour la caractérisation physico-mécanique du mortier fibré, les résultats des essais de compression simple et les essais de flexion trois points sont représentés sous forme de tableaux, histogrammes et courbes et interprétés. On termine ce travail comme de coutume par une conclusion générale et des références bibliographiques.

**CHAPITRE I**  
**ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

## I.1. INTRODUCTION

Le mortier est un matériau complexe dont les caractéristiques physico-chimique et mécaniques des divers constituants sont différentes. Composé essentiellement de sable, de ciment et d'eau de gâchage et d'adjuvants pour améliorer certaines caractéristiques ou propriétés pour faire face à des situations bien définies. Chacun de ses composants joue un rôle bien précis dans le mélange. Les mortiers sont d'usage très répandu : maçonnerie réparation, scellements enduits sols, passe de revêtements lourds...etc. en fonction de leur utilisation, leur dosage varie de façon importante. C'est le mortier qui par la qualité de sa mise en œuvre va assurer la cohésion et la bonne répartition des charges entre assises. Il assure également un rôle de colle, et lorsqu'il comble chacun des espaces entre la pierre à bâtir, il permet de réaliser des ensembles monolithiques à la résistance variable selon la nature du mortier.

Des compositions multiples de mortiers peuvent être obtenues en jouant sur les différents paramètres : liant (type et dosage), adjuvants et ajouts, dosage en eau. En ce qui concerne le liant, tous les ciments et les chaux sont utilisables, leur choix et le dosage sont fonction de l'ouvrage à réaliser et de son environnement.

On doit choisir correctement le liant en fonction de son type et de sa classe, le ou les sables la teneur en eau (pour obtenir la plasticité désirée) et les adjuvants adaptés à la destination du mortier et Nous allons donner une présentation générale sur les propriétés de pâte et mortier fibré et des différents types des mortier utilisés dans le domaine de construction en génie civil et nous allons surtout basé sur leurs applications dans la construction, les différents types des fibre et les principales caractéristiques

Dans tous les cas des soins particuliers doivent être pris afin d'obtenir des mortiers sans ressuage, homogènes d'une gâchée à l'autre. Dans ce chapitre on présenter les différents Constituants des mortiers et ses propriétés principales. et donner une présentation générale sur les propriétés de mortier fibré et des différents types et notre utilisation dans le domaine de construction en génie civil et les différents types des fibre végétale et les principales caractéristiques [1]

## I.2-Généralités sur les mortiers

Le mortier est un matériau de construction obtenu par mélange de liant, de sable et d'eau, éventuellement des adjuvants, réalisé dans des proportions biens définies de manière à obtenir une pâte de plasticité convenable pour la mise en œuvre. Il sert à lier les différents éléments de construction tels que des briques, des pierres, des blocs de béton (parpaings)... ou à exécuter des revêtements.et des enduits de façade. [3]

Les mortiers, est l'un des matériaux de construction que l'on utilise pour solidariser les éléments entre eux, assurer la stabilité de l'ouvrage, combler les interstices entre les blocs de construction. En général le mortier est le résultat d'un mélange de sable, d'un liant (ciment ou chaux) et d'eau dans des proportions données, différant selon les réalisations et d'adjuvant.



**Figure I.1** : mortier de ciment

### **I.2-1-Type de mortiers**

Les types de mortiers sont choisis selon l'application. Il existe de multiples types de mortiers avec différentes propriétés et applications, plus ou moins adaptés en fonction des usages. Il existe une multitude de mortiers, que l'on obtient en faisant varier le liant (type et dosage), le sable (nature et granularité), les adjuvants et ajouts (plastifiant, entraîneur d'air, hydrofuge, agent d'adhérence, fibres ...) et les quantités d'eau

. Les mortiers les plus fréquemment utilisés sur les chantiers sont :

- a- mortier de ciment
- b- Le mortier hydrofuge
- c- Le mortier réfractaire
- d- Le mortier de chaux
- e--Le mortier bâtard
- f--Le mortier –colle
- j- Mortier de jointoiment

### A-Le mortier –ciment

Le mortier-ciment est le produit le plus basique qui soit, indispensable pour construire un mur et lier les pierres ou briques entre elles. Il s'agit d'un mélange classique de ciment, de sable et d'eau. Les mortiers de ciments sont très résistants, prennent et durcissent rapidement. Le dosage du rapport entre le ciment et le sable est en général volumétrique de 1/3 et le rapport de l'eau sur ciment est environ 1/2. De plus, un dosage en ciment les rend pratiquement Imperméables. En revanche, il est davantage sujet au retrait, Pour les jointements et les scellements, on peut envisager de se passer de sable.

Ce matériau vous sera utile pour toutes les constructions classiques (murs, chapes, etc.), qui ne nécessitent pas l'usage d'un mortier spécifique. L'avantage du ciment est qu'il profite d'une excellente résistance à la compression. Il sèche également plus vite que la plupart des autres solutions [4], [28]



Figure I.2 : mortier de ciment préparé

### B -Le mortier hydrofuge

Comme son nom l'indique, le mortier hydrofuge est un mortier résistant à l'eau, qui permet d'éviter les problèmes d'humidité sur une surface. Il permet de :

Boucher des fissures,

Enduire un mur,

Réaliser des chapes. [28]

On l'utilise avant tout dans les lieux humides (salle de bain, extérieur, etc.) ou encore pour concevoir des réalisations étanches, comme un bassin de piscine.



Figure I.3 : mortier de ciment commercialisé

### C -Le mortier réfractaire

Le mortier réfractaire est un mortier résistant aux hautes températures. Selon les préparations, il peut généralement résister à des températures de 900° ou moins.

En toute logique, il est uniquement utilisé pour les constructions qui sont exposées à ce type de températures, à savoir pour le montage et le jointement des :

Foyers de cheminée,

Des barbecues maçonnés.

Ce matériau protège ainsi les joints et la structure des constructions exposées aux flammes et à la chaleur [4], [28]

### D-Le mortier de chaux

La chaux est l'un des liants les plus utilisés dans les anciennes constructions. À tel point qu'on utilise encore fréquemment des mortiers à la chaux.

Il faut dire que ce type de mortier permet au mur de mieux respirer et dispose également de capacités hydrofuges (idéales pour les pièces humides).

On trouve deux types de chaux :

La chaux aérienne qui a l'avantage de durcir lentement, et uniquement au contact de l'air.

La chaux hydraulique qui durcit au contact de l'eau, puis de l'air. L'usage de chaux dans un mortier permet généralement une application plus facile, grâce à un temps de séchage un peu plus long. Ces mortiers sont cependant plus complexes à doser que le ciment.

**E-Le mortier bâtard**

Ce nom qui peut sembler vulgaire désigne tout simplement un mortier qui utilise à la fois du ciment et de la chaux.

L'intérêt d'ajouter de la chaux à un mortier en ciment est qu'elle rend le mélange nettement plus souple, et donc généralement plus facile à manipuler.

L'inconvénient principal (mais qui n'en est pas toujours un !) est qu'un mortier bâtard met plus de temps à sécher qu'un mortier-ciment.

**F-Le mortier-colle**

Citons enfin l'existence du mortier-colle. Il s'agit, comme son nom l'indique, d'un mortier adhésif, qui permet de coller un revêtement contre un mur ou un sol.

Ce matériau est utilisé pour coller des plaquettes de parement, des carrelages muraux ou au sol, ou encore des dalles. Selon le mortier-colle choisi, l'utilisation peut se faire en intérieur et/ou en extérieur. [4]



**Figure I.4** : mortier colle : exemple d'application

**j-Mortier de jointoiment:**

Le mortier de jointoiment est utilisé essentiellement pour réaliser des joints de pavés entre différents types de revêtement sol extérieur et intérieur (pavés, brique, pierre...). Il est généralement constitué d'un mélange de sable et de ciment, bien qu'il soit possible de se passer de sable dans ce cas précis

### I.3. Domaines d'utilisation des mortiers

En général, les variétés de mortier sont liées directement à leurs domaines d'application qui sont très vastes. Une typologie des mortiers à partir de leurs utilisations permet de citer les catégories suivantes:

#### I.3-1- Le hourdage de maçonnerie

La construction réalisée en éléments maçonnés (blocs de béton, pierre de taille, briques), nécessite leur assemblage avec un mortier qui doit présenter des caractéristiques mécaniques suffisantes pour assurer la transmission des charges et une compacité suffisante pour être étanche. Les enduits :

Ce domaine d'application constitue l'un des plus vastes débouchés des mortiers. A côté des enduits traditionnels en trois couches, se développent aujourd'hui des enduits monocouches épais, ainsi que des enduits isolants. [28]



Figure I.5 : mortier de ciment utilisé pour les joints

#### I-3-2-Mortiers de pose

Mortiers de pose pour la fixation et la liaison de petits éléments de revêtements de sol et de parois (carrelage)

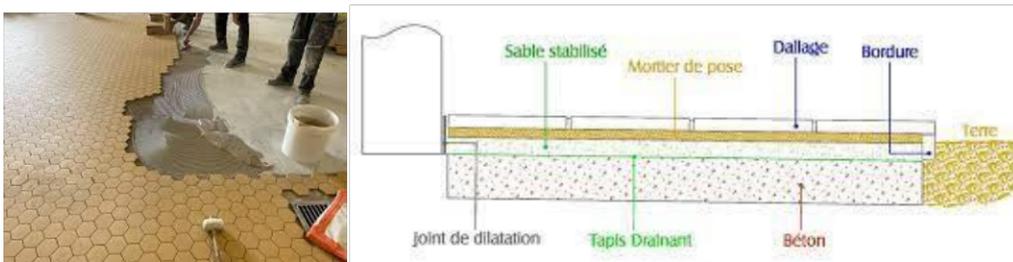


Figure I.6 : mortier de pose

### I.3.3-Les chapes

Les chapes ont pour fonction d'assurer la mise à niveau du dallage et la régularité de sa surface. Les chapes peuvent constituer la finition. Elles peuvent aussi constituer le support d'un revêtement de sol Les mortiers Les chapes doivent présenter une résistance suffisante pour assurer la transmission des charges au support, et parfois résister à l'abrasion ou au poinçonnement (sols industriels). Adhérente ou flottante, la chape peut également avoir une fonction thermique ou acoustique .



**Figure I.7** : mortier de ciment utilisé pour réaliser une chape

### I-3-4-Les scellements et les calages

La multiplicité des problèmes de scellement et de calage a conduit les producteurs de mortiers industriels à mettre au point des produits spécifiques adaptés aux travaux à réaliser : scellements d'éléments de couverture, d'éléments de second œuvre, de mobiliers urbains, de regards de visite [5]

### I.4.Fabrication des mortiers

Il existe deux méthodes pour fabriquer un mortier

a/ méthode traditionnelle

b/ méthode utilisant des machines

#### I.4-1- Mortiers fabriqués sur chantier

Ils sont préparés avec le ciment et le sable du chantier. Le ciment est un ciment courant CPA ou CPJ et parfois des ciments spéciaux comme le ciment alumineux fondu. On emploie également des chaux hydrauliques et parfois des liants à maçonner. Le sable est le plus

souvent roulé (nature silico-calcaires) parfois concassé et le gâchage s'effectue à la pelle ou à l'aide d'une petite bétonnière. Ces mortiers ne sont donc pas très réguliers et les sables peuvent être différents d'une livraison à l'autre, mais de toutes façons ils doivent être propre et de bonne granulométrie. Le sable est généralement dosé en poids (ce qui est préférable), soit en volume (cas des petits chantiers). Dans ce dernier cas, il est très important de tenir compte du phénomène de foisonnement des sables.

#### **I.4-2- Mortiers industriel**

Ce sont des mortiers que l'on fabrique à partir de constituants secs, bien sélectionnés, conditionnés en sacs, contrôlés en usine et parfaitement réguliers. Pour utiliser ce type de mortiers, il suffit de mettre la quantité d'eau nécessaire et malaxer pour ensuite les mettre en oeuvre. Les mortiers peuvent contenir des liants et des sables variés ainsi que certains adjuvants et éventuellement des colorants. Les fabricants de mortiers industriels proposent une gamme complète de produits répondant à tous les besoins:

- mortiers pour enduits de couleur et d'aspect varié,
- mortiers d'imperméabilisation,
- mortier d'isolation thermique,
- mortier de jointoiement,
- mortier de ragréage,
- mortier de scellement
- mortier pour chapes
- mortier-colle pour carrelages, sur fond de plâtre ou de ciment, etc.,
- mortier de réparation.

## **I.5. Avantage et inconvénient de l'utilisation des mortiers**

Les mortiers permettent plusieurs avantages, dont nous pouvons citer :

- Assure la liaison, la cohésion des éléments de maçonnerie entre eux, c'est -à- dire la solidité de l'ouvrage, le rendre monolithique, ainsi, assurer une meilleure résistance à l'abrasion
- . - Protège les constructions contre l'humidité due aux intempéries.
- Constitue des chapes de protection contre l'usure, par exemple pour les dallages en béton
- Consolide certains sols de fondations sous forme d'injections
- Permet plus de résistance face aux chocs, aux cycles gel-dégel, aux fissures de retrait plastique, bien que son utilisation apporte plusieurs gains, le mortier peut conduire à un poids supplémentaire, dû à son poids propre élevé. Aussi, il présente une faible isolation thermique (elle peut être facilement améliorée en ajoutant une couche de produit isolant ou en utilisant des bétons légers spéciaux)

## **I-6 Matériaux de construction de mortier de ciment :**

Le mortier est un des matériaux de construction, et simple mélange qui contient du ciment; de l'eau; du sable; des adjuvants et éventuellement des additions. Ils peuvent être très différents les uns des autres selon la nature et les pourcentages des constituants, le malaxage, la mise en œuvre et la cure. Les mortiers sont constitués par des mélanges de: • liant (ciment ou chaux) • eau • sable • adjuvants [6]

### **I.6.1. Le ciment**

Le ciment est un liant hydraulique qui, mélangé avec de l'eau, durci tant sous l'eau qu'à l'air, pour constituer une pierre artificielle. C'est le constituant qui assure la cohésion des autres constituants du béton à l'état frais, et la résistance après durcissement.

Le ciment Portland est un mélange composé suivant le cas de clinker, de gypse ( $\text{CaSO}_4$ ) finement broyés et d'ajouts éventuels. La taille des grains du ciment Portland ordinaire varie de quelques microns. Ses caractéristiques granulaires sont exprimées au travers de sa granulométrie et de sa finesse. Cette finesse est souvent caractérisée par sa surface spécifique Blaine. Des ajouts, tels que les cendres volantes, les fillers, les laitiers, entrent dans la majorité des compositions du ciment dans le but d'améliorer ses caractéristiques rhéologiques et mécaniques. [7], [26] La fabrication du ciment est montrée dans le schéma suivant :

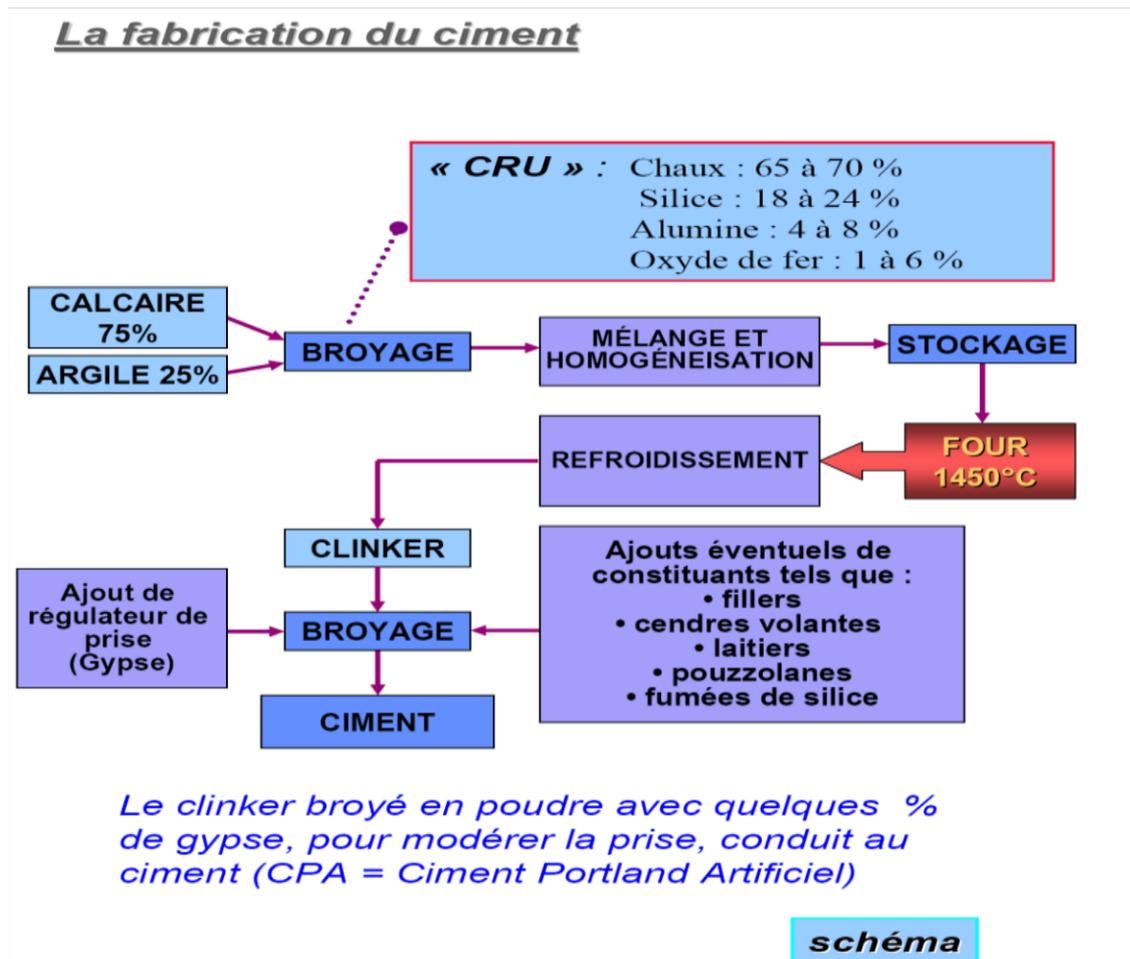


Figure I.8 : fabrication du ciment [8]

Les ciments utilisés doivent être conformes aux normes. Ils peuvent avoir deux rôles essentiels : assurer la résistance du béton et combler les vides entre les grains.

Le tableau suivant montre la classification des ciments en fonction de leur composition :

**Tableau I.1** classification des ciments en fonction de leur composition.[8]

Types de ciments	Teneur en clinker	Teneur en addition (laitier - pouzzolanes - cendres - calcaires - schistes - fumées de silice)	Teneur en constituants secondaires
<b>Ciment Portland</b>	95 à 100%		0 à 5%
<b>Ciment Portland composé</b>	80 à 94% 65 à 79%	6 à 20% 21 à 35%	0 à 5%
<b>Ciment de haut-fourneau</b>	35 à 64% 20 à 34% 5 à 19%	36 à 65% de laitier. 66 à 80% de laitier. 81 à 95% de laitier.	0 à 5%
<b>Ciment pouzzolanique</b>	65 à 90% 45 à 64%	10 à 35% de pouzzolanes, cendres siliceuses ou fumée de silice 36 à 55% mêmes additions.	0 à 5%
<b>Ciment au laitier et aux cendres</b>	40 à 64% 20 à 39%	18 à 30% de laitier et de cendres siliceuses ou de pouzzolanes. 31 à 50% mêmes additions.	0 à 5%
<b>* est le pourcentage de la fumée de silice et des cendres siliceuses est limité à 10%</b>			

On trouve aussi les ciments blancs, qui sont obtenus à partir de calcaire blanc, silice et alumine contenant très peu d'oxydes métalliques (tels que les oxydes de fer, de manganèse ou de chrome) susceptibles de colorer le produit.

Le tableau suivant présente la classification des ciments en fonction de leur résistance nominale

**Tableau I.2** : classification des ciments en fonction de leur résistance.

Résistance a la compression en (MPa)				
Désignation de la classe de résistance	Résistance a court terme		Résistance courante	
	à 2 jours	à 7 jours	à 28 jours	
32.5N	—	≥16	≥32.5	≤52.5
32.5R	≥10	—		
42.5N	≥10	—	≥42.5	≤62.5
	≥20	—		
52.5N	≥20	—	≥52.5	—
52.5R	≥30	—		

### I.6.1- L'hydratation du ciment

Une fois mélangé avec l'eau, les réactions d'hydratation du ciment se développent, la poudre de ciment contient des constituants instables en présence d'eau, et donnent des hydrates stables en présence d'eau. Au début le silicate tricalcique se dissout pour former le mono-silicate de calcium hydraté, après un certain temps, la viscosité de la pâte augmente brusquement, c'est le début de prise, due à l'interpénétration des cristaux. Dès la fin de prise (qui correspond à l'instant où la pâte cesse d'être déformable) la pâte commence à acquérir une résistance mécanique qui se développe avec le temps, c'est le phénomène de durcissement. La réaction d'hydratation s'accompagne d'un dégagement de chaleur plus ou moins important selon les ciments et la rapidité de prise [8], [9]

### I.6.2. Le sable

C'est une matière minérale siliceuse ou calcaire qui se présente dans le sol sous la forme de grains ou de poudre, suivant qu'il s'agit de sable grossier ou de sable fin. Les sables proviennent de la désagrégation des roches qui constituent l'écorce terrestre; suivant leur composition, ils sont blancs, jaunes, gris ou rougeâtres. On peut encore classer les sables

d'après leur origine et distinguer les sables de carrière, les sables de mer et les sables de rivière

### **I-6-1-2. Classification des sables**

-Suivant leurs grosseurs : en trois types

sable fin (0.08 à 0.315 mm )

sable moyen (0.35 à 2.00 mm )

sable gros( 2.00 à 5.00 mm)

### **I.6.3. L'eau de gâchage**

L'eau de gâchage est un ingrédient essentiel dans les mortiers et joue deux fonctions principales Confère au mortiers sa maniabilité à l'état frais (ses propriétés rhéologiques) et assure l'hydratation des grains de ciment. La quantité d'eau utilisée ou plus précisément le rapport eau/ciment a une forte influence sur la porosité, la perméabilité, et la cinétique d'hydratation du ciment. L'eau de gâchage peut avoir plusieurs origines, mais seule l'eau potable est présumée conforme aux exigences de la norme NF EN 1008, les autres eaux comme l'eau récupérée de la fabrication de bétons, eaux d'origine souterraine, eaux naturelles de surface et eaux de rejet eaux de mer et eaux saumâtres, doivent être soumises à des essais de contrôle préliminaires .La norme NF EN 1008 définit les critères précis d'aptitude à l'emploi [10], [12]

### **I.7. les matériaux cimentaires fibrés**

Le matériau composite renforcé de fibres est un matériau relativement nouveau dans le domaine de la construction. C'est vers les années 1900 (14).qu'a eu lieu la première utilisation du béton de fibres d'amiante. Les BF possèdent plusieurs avantages tels qu'une bonne résistance à la fissuration et à la traction, ainsi qu'une bonne ductilité. Par ailleurs, sa résistance à la compression est généralement inférieure à celle du béton classique. Mais, sa résistance à la compression peut être légèrement améliorée par une bonne orientation des fibres dans la matrice

### **I.8. Propriétés du matériau composite fibré**

Les fibres peuvent améliorer la ténacité, la résistance en flexion ou les deux, et sont choisies en fonction de leur disponibilité, de leur coût et de leurs propriétés. Par exemple, les

fibres de polypropylène augmentent nettement la ténacité du béton mais ont peu d'effet sur sa résistance en traction. Par contre, les mélanges de fibres de polypropylène et de verre donnent un béton de grande résistance en flexion et très tenace [11]

## **I.9.Généralités sur les fibres**

### **I.9.1. Définition d'une fibre**

Une fibre est un filament fin et long de matière avec un diamètre généralement de l'ordre de quelques microns (7-30  $\mu\text{m}$ ) ,Les fibres sont l'une des formes les plus extraordinaires de la matière. Elles sont souvent beaucoup plus résistantes et plus rigides que le même matériau sous forme massive. Elles ont des propriétés spécifiques remarquables, par exemple pour une résistance mécanique donnée, un fil d'acier sera trois ou quatre fois plus lourd que la plupart des fibres de polymère

### **I.9.2. Les types de fibres**

On retrouve sur le marché plusieurs types de fibres, elles peuvent être classées par familles, un choix approprié du type de fibre à utiliser est essentiel. Chaque type de fibre possède des caractéristiques particulières qui les rendent apte à servir à une utilisation plutôt qu'à une autre.

Ainsi l'adoption d'une fibre influencera les facteurs suivants:

- Densité,
- Résistance tension et en compression,
- Résistance aux impacts et à la fatigue,
- Module d'élasticité,
- Conductivités thermique et électrique,
- Stabilité dimensionnelle,
- Résistance aux conditions environnementales,
- Coût,

**a-Les fibres de verre « E » et « AR »**

Les fibres « E » sont les fibres de verre classique à forte teneur en bore elles présentent de bonnes caractéristiques mécaniques, mais sont sensibles aux alcalis libères par l'hydratation du ciment

\* Les fibres AR (alcali-résistantes) sont obtenues avec un verre riche en zirconium moins sensible aux alcalis et aussi. un excellent rapport performance prix qui les placent de loin au premier rang des renforts utilisés actuellement dans la construction de structures composites

[12]



**Figure I.8.** Fibres de verre [13]

**b- Fibres d'acier**

Les fibres d'acier, qui sont sans doute les plus utilisées dans le domaine du génie civil, ont fait l'objet de plusieurs recherches. En effet, les propriétés mécaniques du béton renforcé par ces fibres sont influencées par la résistance d'adhésion inter faciale entre fibre et matrice.

Les fabricants des fibres d'acier ont essayé par tous les moyens d'améliorer l'adhérence en jouant sur l'irrégularité de la surface de la fibre. Il existe de nombreuses variétés de fibres qui se différencient les unes des autres par leur section (ronde, carrée, rectangulaire), leur diamètre, leur longueur et leurs modes d'élaboration. Elles peuvent être rectilignes, ondulées, ou présenter des élargissements aux extrémités, soit en crochets pour améliorer l'accrochage dans le même but, elles peuvent présenter des aspérités, des crans surfaces [13], [14]



**Figure I.9.** Fibres d'acier

### **c- Fibres de carbone**

Les fibres de carbone ont de très fortes propriétés mécaniques et sont élaborées à partir d'un polymère de base, appelé précurseur. Actuellement, les fibres précurseurs utilisées sont des fibres acryliques élaborées à partir du polyacrylonitrile (PAN). La qualité des fibres de carbone finales dépend fortement des qualités du précurseur



**Figure I.10 :** fibres de Carbone

### **d- Fibres de polypropylène**

. Les fibres de polypropylène sont fabriquées depuis 1954 par l'industrie textile.

La fibre de polypropylène est un matériau composite consistant en fibres continues ou discontinues de polypropylène assemblées dans une matrice plastique. Le polypropylène est utilisé comme matériau de renforcement et modifié pour une utilisation dans le béton et les mortiers renforcés de fibres, et réduisent la formation de fissures de retrait plastique sur le béton et augmentent l'impact et la résistance aux chocs. . De plus, ils améliorent l'élasticité et la cohésion des mortiers et des chapes lors de la mise en place



**Figure I.11.** Les fibres de polypropylène

### **E -Fibre végétale**

Les fibres végétales présentent une source renouvelable et écologique, contrairement aux fibres chimiques issue de ressources pétrolières qui sont de plus en plus rares et coûteuses sans oublier leur impact sur l'environnement

### **I.9.3.Domaine d'application de quelques types de fibres**

#### **Tableau I.3.** Domaine d'application des fibres

Ce tableau représente quelques applications de quelques types de fibres

Type de fibre	Application
Verre	Panneaux préfabriqués, murs, rideaux, tuyaux d'égout, toiture en voile mince, enduit
Acier	Elément de toitures en béton cellulaire, linteau, revêtement de chaussée, tabliers de pont, produit réfractaire, tuyaux en béton, piste d'atterrissage, réservoirs sous pression, travaux de restauration bâtiments.
Polypropylène Nylon	Pieux de fondation, pieux précontraints, panneaux de revêtement, élément flottant de débarquement et amarres pour les marinas, réparation des routes, tuyau sous marin, travaux de restauration bâtiments.
Amiante	Voiles, tuyau, panneaux matériaux d'isolation thermique, tuyaux d'égouts plaques de toitures plates et ondulées, revêtement des murs.
Carbone	Elément ondulé pour la construction des planchers, membrane simple ou double courbure, coques, plancher d'échafaudage.
Particules de Mica	Panneaux, tuyaux, travaux de restauration
Végétale	Dalles, tuiles.

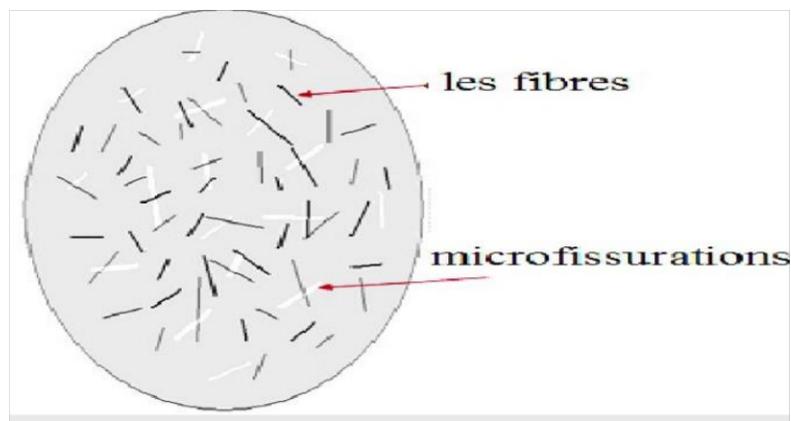
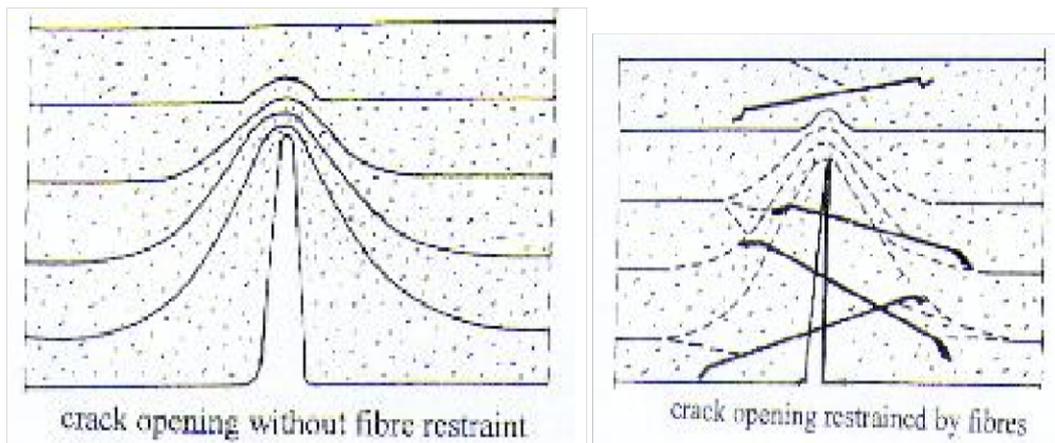
#### I.9.4. Rôles des fibres dans une matrice cimentaire

Empêcher la fissuration au séchage en répartissant les tensions dues au retrait dans toute la masse du matériau.

Accélérer le séchage grâce à un drainage de l'humidité vers l'extérieur par les canaux des fibres. Inversement la présence de fibres augmente l'absorption en présence d'eau.

Alléger le matériau., allégeant la masse volumique du matériau et améliorant ses propriétés d'isolation.

Augmenter la résistance à la traction, sans doute le plus grand intérêt des fibres.



**Figure I.11.** Rôle de fibres dans le mortier

## **I.10. Les fibres végétales**

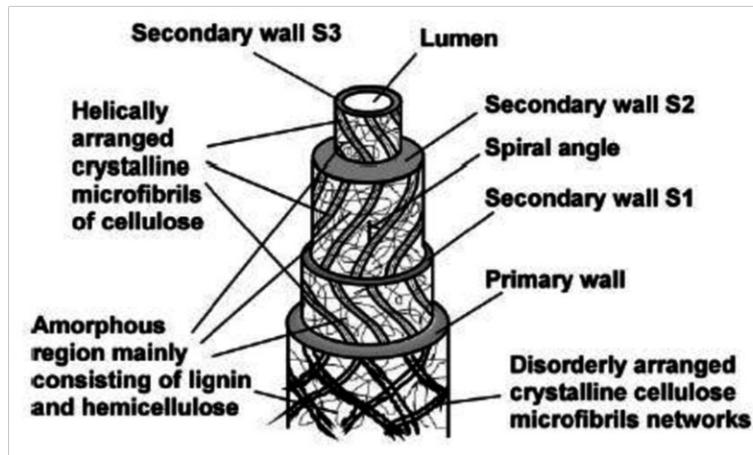
### **I.10.1. Définition**

Les fibres végétales sont des structures biologiques fibrillaires composées de cellulose, hémicelluloses et de lignine. En proportion relativement faible d'extractibles non azoté, de matière protéique brute, de lipide et de matières minérales. Les proportions de ces constituants dépendent énormément de l'espèce, de l'âge et des organes de la plante [15]

### **I.10.2. Structure d'une fibre végétale**

La fibre végétale est un composite en elle-même. Le renfort est constitué par les couches de micro-fibrille cellulosiques en partie cristalline. Ce dernier est enrobé d'une matrice polysaccharidique amorphe (hémicellulose et pectine) qui est associée par liaison hydrogène et covalentes à la lignine. La fibre végétale est composée de plusieurs parois parallèles à l'axe

de la fibre et disposée en couche superposée dans le sens radiale. Ces différentes couches qui forment la lamelle mitoyenne, la paroi primaire et la paroi secondaire. Ces dernières bordent un lumen de diamètre variable suivant l'espèce. La paroi secondaire est composée de trois couches de micro-fibrilles (S1, S2, S3) [16]



**Figure I.12.** les couche micro-fibrille cellulosiques en partie cristalline

### I-10-3 Classification des fibres végétales :

Les fibres végétales sont classées en quatre groupes suivant leur provenance. A savoir : les fibres de feuille, de tiges, de bois et de surface.

#### ➤ Les fibres de feuilles :

Ces fibres sont obtenues grâce au rejet des plantes monocotylédones. Les fibres sont fabriquées par chevauchement de paquet qui entoure le long des feuilles pour les renforcer ces fibres sont dures et rigides.

#### ➤ Les fibres de tiges :

Les fibres de tige sont obtenues dans les tiges des plantes dicotylédones. Elles ont pour rôle de donner une bonne rigidité. Ces fibres sont commercialisées sous forme de paquet de cor et en toute longueur. Exemple : fibres de jute, de lin, de ramie, de kenaf, et de chanvre.

#### ➤ Les fibres de bois :

Les fibres de bois proviennent du broyage des arbres tels que les bambous ou les roseaux. Elles sont généralement courtes. Plusieurs chercheurs, ont montré l'efficacité de ces fibres dans le renforcement des ciments

#### ➤ Les fibres de surface :

Les fibres de surface entourent en général la surface de la tige, de fruits ou de grains. Les fibres de surface des grains constituent le groupe le plus important dans cette famille de

fibres. Nous citons entre autre le Cotton et la noix de coco (coco). Les fibres de coco ont donné de bons résultats pour la résistance à la flexion du ciment de fibre. Il est à noter que, les fibres de palmier, qui entourent son tronc, appartiennent à cette famille de fibres.

#### **I.10.4. Propriétés mécaniques de la fibre végétale**

Les fibres végétales (coton, jute, chanvre, lin, sisal, kéraf, noix de coco, abaca, bois, ...) ont des structures biologiques principalement composées de cellulose, d'hémicelluloses et de lignine. La cellulose est un polymère qui, contrairement aux autres composants de la fibre qui ont une structure amorphe, a une structure largement cristalline qui donne un module d'élasticité d'environ 136 GPa comparé à celui de 75 GPa pour les fibres de verre. La fibre végétale est comparable à un matériau composite renforcé de fibrilles de cellulose. La matrice est principalement composée d'hémicellulose et de lignine. Les fibrilles de cellulose sont orientées en hélice selon un angle appelé «angle micro-fibrillaire». Cet angle est situé entre les fibrilles et l'axe de la fibre. La valeur en degré de l'angle micro-fibrillaire influence la rigidité de la fibre. Les propriétés des fibres naturelles font souvent l'objet de discussions en raison du fait que les techniques utilisées pour cultiver, extraire ou séparer les fibres varient considérablement, ce qui peut modifier leur comportement. Par exemple, les facteurs pouvant affecter les propriétés des VF pourraient être attribués à la variété, aux conditions de culture (sol, traitement, climat), à la maturité, au degré de préparation (rouissage, décapage, peignage ...), à la teneur en humidité, structure cristalline (degré de cristallinité, degré de polymérisation, type de cellulose ...), et morphologie (diamètre de la cellule, angle micro-fibrillaire, taille de la lumière), etc. Habituellement, la quantité de renfort et l'orientation des fibres dans un matériau composite déterminent caractéristiques élastiques et de rupture. De même, dans une fibre végétale, les propriétés physiques des fibres naturelles sont principalement déterminées par la composition chimique et physique, la structure, le pourcentage de cellulose, l'angle micro fibrillaire, le rapport d'aspect  $L / d$  (longueur / diamètre: ce qui est un paramètre permettant le transfert de charge entre les fibres et la matrice), la section transversale et le degré de polymérisation. Pour simplifier, pour un pourcentage donné de cellulose, l'angle micro-fibrillaire sera faible et la résistance de la fibre sera plus élevée; de plus, l'angle micro-fibrillaire sera important et l'allongement à la rupture sera important. De fortes dispersions de mesures de propriétés physiques, mécaniques ou thermiques rendent la caractérisation des FV plus délicate. Ces dispersions suivent les différences structurelles observées dans les fibres. Par exemple, la taille des cellules ne

dépend pas seulement de la variété de la fibre à laquelle elles appartiennent, mais aussi de leur stade de maturation, de leur «histoire météorologique» et de leur emplacement dans la plant [17]

**Tableau I.4.** Propriétés mécaniques des fibres naturelles en comparaison avec des fibres de renforcement conventionnelles

Fibre	Densité (g/cm <sup>3</sup> )	Allongement(%)	Résistance à la traction (Mpa)	Module de Young (Gpa)
Coton	1.5-1.6	7.0 - 8.0	287-597	5.5-12.6
Jute	1.3	1.5 - 1.8	393-773	26.5
Lin	1.5	2.7 - 3.2	345-1035	27.6
Chanvre	–	1.6	690	–
Ramie	–	3.6-3.8	400-938	61.4-
Sisal	1.5	2.0 - 2.5	511-635	128 6.4-
Coco	1.2	30.0	175	22.0
Verre E	2.5	2.5	2000-3500	4.0-6.0
Verre S	2.5	2.8	4570	70.0
Aramide	1.4	3.3 - 3.7	3000-3150	86.0
Carbone	1.4	1.4 - 1.8	4000	63.0-67.0

### I.10.5. Différents types des fibres végétales

Les fibres végétales sont de plus en plus utilisées comme renfort dans les matériaux de constructions. Elles constituent en effet une ressource renouvelable, naturellement biodégradable, et disposant de nombreuses qualités mécaniques et hydriques. Les plus utilisées sont les fibres libériennes, comme le Kénaf, le jute, la ramie, le palmier et surtout le chanvre et le lin

#### A- Fibre Le lin:

Le lin est une des rares fibres textiles végétales européennes. La France est d'ailleurs le principal pays d'Europe à cultiver cette plante même si son utilisation est souvent remplacée par celle du coton. Saine pour l'environnement, sa culture ne nécessite ni engrais ni pesticide. Les avantages de cette fibre, plus longue est plus résistante et ne se déchire pas facilement. Si le lin est aussi hygiénique et supporte l'ébullition et le chlore comme le coton, en revanche il ne moisit pas



**Figure I.13 :** Fibres de lin

### **B - Fibre chanvre**

Le chanvre est une fibre libérienne, tout comme le lin, le Kénaif, le jute et la ramie. Les plantes de cette famille présentent toutes des fibres externes longues et étroites et des fibres internes ligneuses . Par ses possibilités techniques, la fibre de chanvre répond à des besoins textiles traditionnels tout en ouvrant la voie à une foule d'innovations. Cultivé dans les pays à climat tempéré, on en trouve dans l'est de l'Europe, en France et en Italie. La France est le premier producteur en Europe pour la production de chanvre, Les fibres libériennes sont généralement transformées en textiles (tapis et vêtements) et en produits industriels comme des géotextiles, de la toile anti-érosion, du renfort de composite et dur emplissage ce qui constitue d'ailleurs le principal emploi actuel et à venir de la fibre de chanvre. A cause de sa grande solidité et de son intérêt économique. Ses caractéristiques physiques lui confèrent une grande force, ainsi qu'une excellente rentabilité dans le domaine des composites et du papier.



**Figure I.14 :** Fibres de chanvre

### **C - Le Cotton**

le coton est une plante industrielle, ayant pour principaux débouchés les secteurs textile, alimentaire et cosmétique. Dans les régions tropicales et subtropicales, il est une composante

majeure de systèmes de culture intégrant aussi des plantes vivrières. Les fibres de coton sont constituées de 90 à 93 % de cellulose, mais aussi de cires, de graisses et de matières minérales et aussi d'une plante qui pousse en climat tropical et subtropical et dont la culture nécessite beaucoup d'eau. Arrivée à maturité, la graine éclate et libère un abondant duvet. Récolté à la main ou à la machine, le coton est ensuite égrené puis trié en fonction de la longueur de sa fibre. La longueur est en effet variable en fonction de l'espèce et du degré de maturité. Plus la fibre est longue et fine, meilleure est la qualité et la solidité du coton. Les avantages de cette fibre sont sa résistance à la traction et aux frottements et sa bonne capacité d'absorption. Et les inconvénients sont son faible pouvoir isolant (ne garde pas la chaleur), se froisse facilement, sèche lentement, pas de coloris brillants (il a un aspect mat).



**Figure I.15 :** le coton

#### **D- Le Kénaf :**

Le kénaf est une plante textile dont les fibres ressemblent à celles du jute. Cette plante annuelle est originaire d'Afrique et pousse essentiellement dans les zones humides et tropicales. Ses tiges sont épineuses et leur diamètre peut atteindre un à deux centimètres. Les feuilles ont quant à elles une forme variable et leur dimension est comprise entre 10 et 15 cm. Du côté des fleurs, ces dernières mesurent entre 8 et 15 cm de diamètre. Leur couleur peut être blanche, jaune ou pourpre.

Le kénaf a plusieurs utilisations : en Inde, il est utilisé pour fabriquer du papier à cigarette et au Japon, il est une fibre papetière moderne. et utilisé. Comme indiqué au préalable, il peut être utilisé pour la fabrication de pâte à papier et d'éco-matériaux comme les cordes ou encore les matériaux d'emballage. [18] [19]



**Figure I.16 :** Fibres de kénaf

### **E- Le jute :**

Le jute est une matière naturelle végétale, biodégradable et recyclable. Cette fibre végétale est issue d'une plante dont la tige, grêle et droite, peut atteindre jusqu'à 4m de hauteur. C'est la fibre végétale la plus produite dans le monde, avec 3 millions de tonnes de jute par an. Sa culture est pluvial mais nécessite peu d'engrais et de pesticides. Cette fibre est produite en Asie du Sud, principalement en Inde et au Bangladesh qui représente 95% des cultures mondiales



**Figure I.17 :** Fibres le jute

### **F -L'alfa :**

L'alfa, *Stipa tenacissima* L., est une plante herbacée (Graminées) d'Afrique du Nord et d'Espagne (ou spart) utilisée pour la fabrication de cordages, d'espadrilles, de tissus grossiers, de papier, tapis, paniers. D'une façon générale, la fabrication d'objets en fibres végétales se nomme sparterie



**Figure I.18:** Fibres d'alfa

### **G- Palmier dattier :**

Le palmier dattier se constitue principalement de 10 parties à savoir : les palmes, la jeune palme, le régime de dattes, les dattes, le gourmand, Le stipe, les cicatrices annulaires, le rejet, le bulbe, les racine illustre la fibre de palmier dattier



**Figure I.19** fibre palmier dattier

### **H- Le coco :**

Coco » est le terme utilisé pour définir un éventail de produits naturels fabriqués à partir de l'enveloppe de la noix de coco. Le coco est une ressource renouvelable et un sous-produit naturel de l'industrie de la fibre brune de pays tropicaux comme l'Inde, l'Indonésie, les Philippines et le Sri Lanka. La fibre de coco assure une forte capillarité et améliore l'aération du substrat. La coco facilite le transfert de l'eau dans la motte et la parfaite mouillabilité de cette matière favorise la ré-humectation du terreau. D'autre part, la coco est une matière stable dans le temps, recommandée pour les cultures longue



**Figure I.20** fibre de coco

### I- Le Jonc

Le jonc de mer est une fibre végétale d'aspect proche de celui du sisal, provenant de plantes vivaces herbacées du genre botanique des joncs (*Juncus*). Ces plantes poussant dans les sols très humides à immergés, ne sont pas des graminées (Poacées) comme on l'entend trop souvent ; elles font partie de la famille des **Juncacées**.

Une fois récolté, séché, filé et tissé, le jonc de mer conserve ses propriétés de résistance à l'eau et confère au revêtement un aspect naturel dans des teintes très douces chamois, paille, ou beige parfois avec une touche de vert. Cette fibre ne peut pas être teintée car elle est naturellement imperméable. Les avantages de cette fibre et

- Il est utilisable dans toutes les pièces, même humides, comme la salle de bain ou la cuisine car il est imperméable.

- Il est compatible avec un chauffage au sol.

- Très résistant au piétinement, il peut être installé dans les zones passantes comme les couloirs.



**Figure I.21** : Fibres de jonc

### I.10.6.Principaux avantages et inconvénients des fibres végétales

Les fibres présentent de nombreux avantages comme renfort de matériaux composites. En revanche, certains inconvénients peuvent être un frein au niveau du développement industriel

**Tableau I .5.** Les Principaux avantages et inconvénients des fibres végétales

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>Faible coût</b>	Absorption d'eau
<b>Biodégradabilité</b>	Faible stabilité dimensionnelle
<b>Neutre pour l'émission de CO2</b>	Mauvaise tenue en vieillissement
<b>Pas d'irritation cutanée lors de la manipulation des fibres</b>	Faible tenue thermique (200 à 230 °C max)
<b>Pas de résidus après incinération</b>	Fibres anisotropes
<b>Ressource renouvelable</b>	Variation de qualité en fonction de lieu de croissance de la météo...
<b>Demande peu d'énergie pour être produite</b>	Pour des applications industrielles, demande la gestion d'un stock
<b>Bonne isolation thermique et acoustique</b>	Renfort discontinu
<b>Propriétés mécaniques spécifiques importantes (résistance et rigidité)</b>	
<b>Non abrasif pour les outillages</b>	

### I.11. Quelques travaux sur les fibres végétales

Beaucoup de travaux de recherche ont été réalisés : les fibres végétales ont été ajoutées à des matrices tels que le béton, le béton de terre afin d'améliorer les propriétés de ces matériaux fibrés dont on peut citer :

### **I.11.1. Béton aérien à base de fibres de palmier dattier**

Dans cette étude, les auteurs ont incorporé des agrégats comme produit de renforcement (fibre végétales du palmier dattier) dans le plâtre, dont l'objectif est la formulation d'un béton aérien qui peut remplacer les bétons hydrauliques dans certains usages et applications, tout en changeant son comportement fragile à la traction comme tout liant hydraulique.

L'analyse des résultats montre que les fibres végétales incorporées changent complètement le comportement mécanique du matériau et augmentent considérablement sa résistance à la flexion ainsi que sa ductilité. Le mode de rupture du composite dépend de la longueur de fibres utilisées.

### **I.11.2. Béton et mortier à base de fibres végétales (palmier dattier, diss et alfa) travaux de M. Boutarfa**

D'après [1], Les résultats obtenus pour les mortiers et bétons renforcés par les différentes longueurs et taux de fibres végétales( alfa, diss et palmier dattier) montrent qu'avec l'augmentation des longueurs de fibres et pourcentage, la résistance en flexion est améliorée et une diminution de la résistance en compression quel que soit le type de fibres utilisées, elles limitent la propagation du retrait endogène et de dessiccation au cours des jours, et la surface des fibres jouent un rôle très important sur ce phénomène [23].

### **I.12. Conclusion**

Dans cette étude bibliographique, nous avons relaté toute la littérature sur les mortiers, ses constituants essentiels et les différentes méthodes de sa formulation. Nous présentons aussi dans cette recherche les différents types de fibres végétales qui peuvent être ajoutées au mortier pour améliorer ainsi ses propriétés. Généralement le mortier de ciment est un matériau hétérogène, ce qui se traduit par des résistances mal à la traction, alors pour éliminer ce défaut il est nécessaire d'ajouter des fibres ou des déchets. Pour notre recherche nous avons choisi des fibres végétales composées de jonc disponibles et biodégradables afin d'améliorer les propriétés de la matrice à l'état durci.

Le jonc est une fibre végétale tout comme l'alfa, le diss ou le palmier dattier qui peut être un moyen de renforcer la matrice du mortier à la traction et augmenter ainsi sa ductilité. Le prochain chapitre traitera les différents matériaux utilisés pour la confection des éprouvettes et les techniques utilisées pour la caractérisation physico-mécanique du mortier d'étude

**CHAPITRE II**

**MATERIAUX ET METHODOLOGIE**  
**EXPERIMENTALE**

## II-1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différents matériaux utilisés pour réaliser les mélanges étudiés et les techniques expérimentales mises en œuvre afin de caractériser leurs performances mécaniques, ainsi que les modes opératoires et les techniques de mesures. Nous nous intéressons à l'utilisation des fibres de jonc pour le renforcement du mortier. Nous étudions l'ouvrabilité de mortier renforcé de ces fibres. Après confection des éprouvettes en faisant varier le pourcentage de fibres (0.5, 1, 1.5, 2 et 3 %) et en modifiant la longueur de ces fibres (1 ; 1.5 et 2 cm). Des essais mécaniques (compression et traction par flexion) ont été réalisés sur ces même éprouvettes à 7 ; 14 et 28 jours de durcissement.

## II-2. Matériaux utilisés

### II-2-1. Le ciment

Le ciment (C) utilisé dans ce travail est un ciment portland CEM I/ 42,5, fabriqué par la cimenterie de (Biskra) La composition chimique et minéralogique du ciment et ses caractéristiques physiques sont présentées dans les **tableau II.1.** et **Tableau II.2.**



**Figure II.1 :** ciment utilisé

**Tableau II.1** : Composition chimique du ciment

Oxydes	Fe2 O3	CaO	SiO2	MgO	Al2O 3	MgO	SO 3	K2O	Na2O	PA F	CaO Libre
% massique	3.62	62,6 3	20,0 0	2.37	4.30	2.37	2.7 0	0.47	0.19	2.9 2	0.60

**Tableau II. 2** : Caractéristiques physiques du ciment

Propriétés physique	
Masse volumique absolue	3100 kg/m <sup>3</sup>
Masse volumique apparente	980 kg/m <sup>3</sup>
La résistance vraie	39MPA
Le temps de prise Début	2h30min /3h10min et Fin : 3h50min/4h10min
Consistance	28j
Refus au tamis 80 µm	1.05%
La surface de Blain	3728cm <sup>2</sup> /g

### II.2.2. L' eau de gâchage

L'eau de gâchage utilisée dans notre étude est une eau potable (eau de robinet) fournie au laboratoire de génie-civil. Avec un rapport eau/ciment (E/C) couramment utilisé de 0,6, on estime que la moitié de l'eau de gâchage sert à l'hydratation du ciment, l'autre moitié d'eau au mouillage interstitielle qui contribue à la plasticité du mortier requise pour sa mise en œuvre.

### II.2.3. Le sable

Nous avons utilisé un sable de dune de Tébessa avec un module de finesse de 1.8

**Figure II.2** : Sable de dune utilisé

### II.2.4. Fibres de jonc utilisées

Les fibres utilisées, pour préparer le mortier qui a servi à confectionner les éprouvettes, sont des fibres de jonc. Elles ont été enlevées puis coupées à des longueurs de 1, 1.5, et 2 cm

Au laboratoire de Génie Civil de l'université D'Annaba (figure II.3).

Les masses volumiques sont déterminées au laboratoire.

Pour la masse volumique, on écrit :

$$\rho = \frac{M}{V_2 - V_1} \quad (\text{g/cm}^3) \quad (\text{II.1})$$

Avec :

M : masse d'une quantité de fibres (g).

V2 : volume d'eau après l'ajout de fibre dans le tube (ml).

V1 ; volume d'eau initial (ml).



**Figure II.3** : fibres de jonc découpées et utilisées

### Quantité de fibres pour 1 m<sup>3</sup>

**Tableau II. 3** : la masse des fibres

Pourcentage	0.5 %	1%	1.5%	2%	3%
masse des fibres en (g)	2.25	4.5	6.75	9	13.44

### II.2.4.1 Cinétique d'absorption d'eau de fibres de jonc

Le coefficient d'absorption d'eau du jonc a été déterminé selon [27], les mesures ont été réalisées sur des échantillons de fibres préalablement découpées en brins de 1, 1.5 et 2 cm. Il y'a trois échantillons. Les échantillons ont initialement été séchés à l'étuve à (40°C - 50°C) jusqu'à stabilisation de la masse. Ils ont été ensuite immergés dans de l'eau distillée pendant 5 min jusqu'à 24 heures. Les fibres ont été superficiellement séchées en utilisant du papier absorbant afin d'éliminer l'eau inter fibres ainsi que l'eau adsorbée à leur surface. Le coefficient d'absorption d'eau des fibres est alors déterminé par l'équation suivante :

$$\% \text{ d'absorption} = \left( \frac{M_{ss} - M_s}{M_s} \right) 100\% \quad (\text{II.2})$$

$M_s$  : masse sèche des fibres (g)

$M_{ss}$  : masse saturée superficiellement (g)

**Tableau II. 4** Absorption d'eau en % pour 1, 1.5 et 2 cm des fibres végétales utilisées

La longueur des fibres	Temps						
	5 min	15 min	30 min	1 h	2 h	4 h	24 h
1cm	10,59	16,46	36,47	61,7	84,43	119,57	158,86
1,5 cm	11,53	17,30	23,07	40,38	69,23	109,23	176,15
2cm	<b>12,9</b>	<b>18,35</b>	<b>24,86</b>	<b>42,32</b>	<b>71,12</b>	<b>111,4</b>	<b>177,45</b>

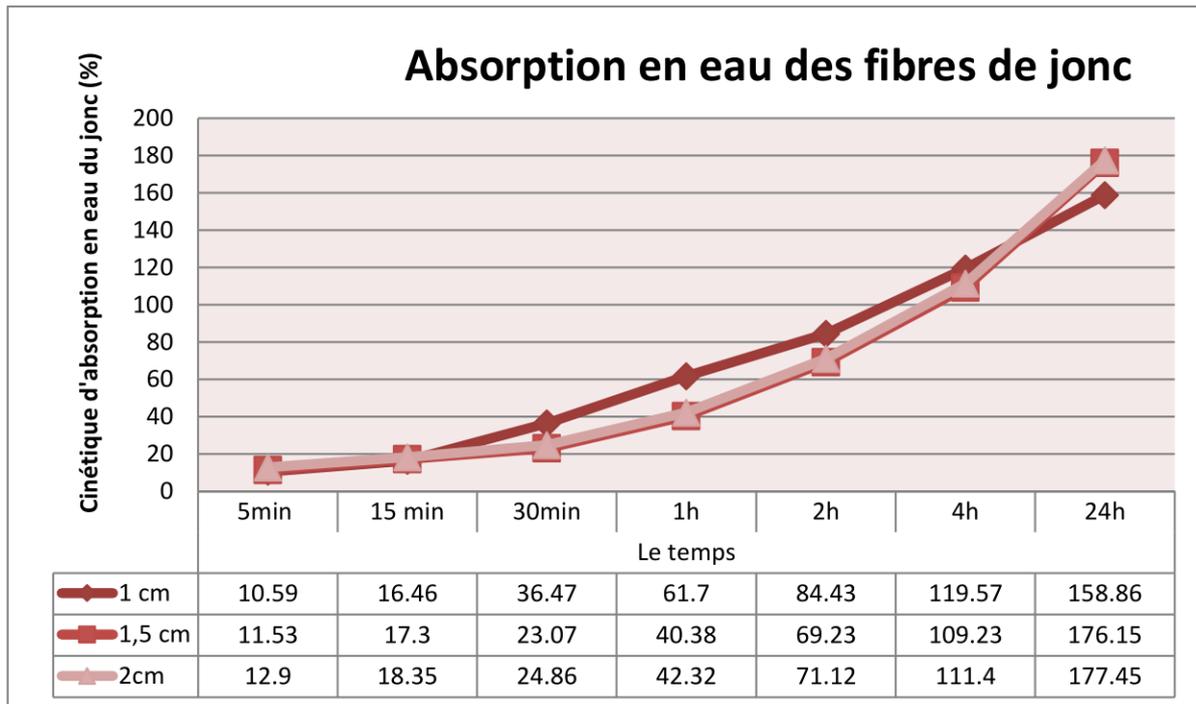


Figure II.4 : Cinétique d’absorption en eau des fibres de jonc

### II-3. Caractéristiques physiques des granulats (sable)

#### II-3-1. Masse volumique apparente

Selon la norme NF EN 1097-3, nous avons mesuré la masse volumique apparente du sable étudié, par la détermination de la masse d’un remplissage d’une mesure d’un litre, qui doit être effectué sans aucun tassement. Trois essais ont été effectués. La précision de la balance utilisée est de 0.1gramme.

On calcule la valeur de la masse volumique par le rapport :

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (\text{g/cm}^3) \quad (\text{II.3})$$

M- masse de l’échantillon à l’état sec en g

V- volume de l’échantillon en cm<sup>3</sup>



**Figure II. 5:** La masse volumique apparente

### II-3-2. Masse volumique absolue du sable

Selon la norme NF EN 1097-3 Nous avons rempli l'éprouvette d'un volume d'eau ( V1). Ensuite nous avons introduit dans l'éprouvette environ 60g de l'échantillon testé ( Ms). Après l'élimination de toutes les bulles d'air par une légère agitation, nous avons lu le nouveau volume ( V2). La lecture des volumes a été faite en bas du ménisque.

La masse est alors calculée : D'où la masse volumique :

$$\mathbf{M=Ms/V2-V1} \quad (\text{II.4})$$

### II-3-3. Propreté du sable (Equivalent de sable)

L'essai est conduit selon la norme (NF P 18-598) :

1. Verser la solution lavante (eau) dans l'éprouvette (tube en verre normalisé).
2. Ajouter 120 g de sable sec et laisser reposer 10 minutes.
3. Boucher l'éprouvette, et la fixer sur la machine d'agitation pour subir 90 cycles en 30 secondes.
4. Remettre l'éprouvette en position verticale et rincer ses parois avec la solution lavante.
5. Laisser reposer sans perturbation pendant 20 minutes, puis mesurer la hauteur h1 du niveau supérieur du flocculat, et la hauteur h2 de la partie sédimentée par rapport au fond de l'éprouvette.
6. L'équivalent de sable visuel est donné par la formule :

$$\mathbf{ES = \frac{H1}{H2} 100} \quad (\text{II.5})$$



**Figure II-6** : Essai de l'équivalent de sable

On remarque que  $75 \leq ES \leq 85$  donc le sable est propre à faible pourcentage de fines argileuses

### II-3- 4 Porosité et Compacité et Indice de vides :

#### A -La compacité :

La compacité d'un matériau est une proportion de son volume réellement occupé par la matière solide qui le constitue. C'est le rapport entre la masse volumique apparente et la masse volumique absolue du matériau, donnée par le rapport :

$$C = \frac{M_{vapp}}{V_{abs}} * 100 \quad (II.6)$$

#### B- La Porosité :

C'est le volume des vides entre les grains du sable, la porosité par définition est le complément à l'unité de compacité au volume total :

$$P\% = 100 - C\% \quad (II.7)$$

#### C-Indice de vides :

Est le rapport du volume des vides au volume des pleins. Aussi C'est le rapport entre la porosité et la compacité :

$$I = P/C \quad (II.8)$$

### II.3.4. Caractéristiques physiques du sable

Le sable de dune utilisé dans cette étude a été analysé et les différentes propriétés physiques sont représentées dans le tableau II.5

**Tableau II.5:** Résultats des différents essais physiques du sable

Propriétés	Sable de dune tamisée et lavé
Masse volumique absolue (g/cm <sup>3</sup> )	2.5
Masse volumique apparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.67
La compacité %	66.8
La Porosité %	33.2
Indice de vides	0.49
d/D	0.08/5
Module de finesse	1.8
Equivalent de sable	80.73

### II-3-5. Analyses granulométrique

La composition du mortier a pour but de déterminer les proportions des divers constituants (ciment, eau, sable,) en produisant un mortier dont l'ouvrabilité est compatible avec les moyens de mise en œuvre et qui possédera, après durcissement, Pour définir ces proportions, on doit passer tout d'abord à l'essai de l'analyse granulométrique

. L'analyse granulométrique sert à déterminer la distribution en poids des particules d'un matériau suivant leurs dimensions.

La masse de sable est calculée par la formule suivante :

$$MS \text{ (Masse de sable)} \geq 0.2 D \text{ max}$$

$$D \text{ max} = 5 \text{ mm} \text{ On a pris } MS = 1 \text{ kg}$$

### II.3.5.1. Principe de l'essai

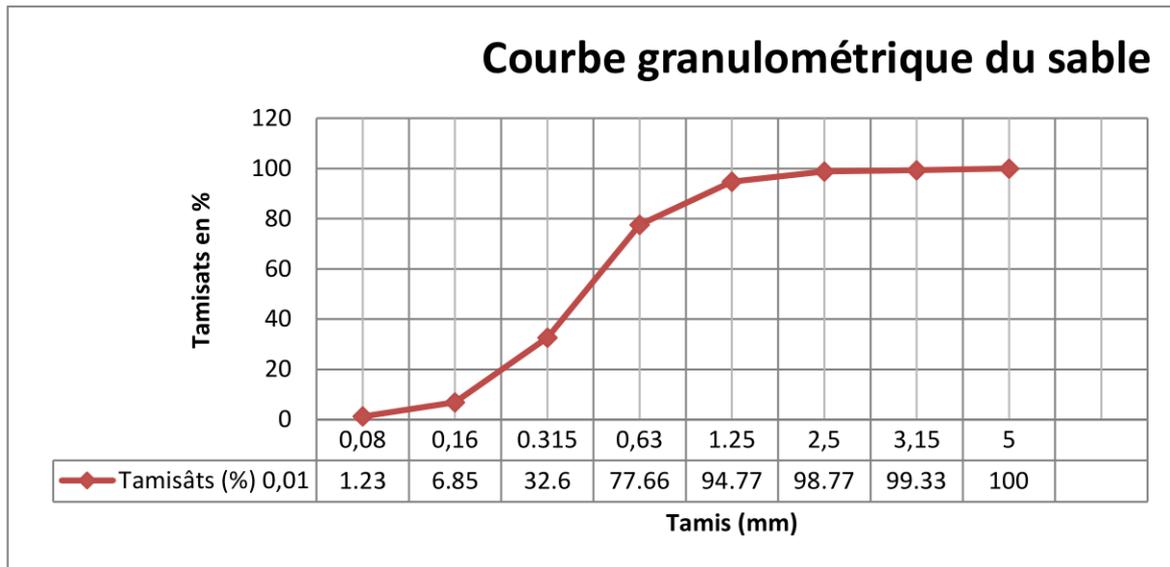
L'essai consiste à fractionner, au moyen d'une série de tamis, un matériau en plusieurs catégories de grains décroissantes.

Les résultats de l'analyse sont présentés dans le tableau II.6

Les résultats de l'analyse granulométrique sont représentés par le tableau II.6 et la courbe granulométrique par la figure II.7. La courbe est continue

**Tableau II.6:** Analyse granulométrique du sable de dune

<b>Dimension Des tamis</b>	<b>M<sub>i</sub></b>	<b>A<sub>i</sub></b>	<b>A<sub>i</sub></b>	<b>Tamisât (%)</b>
<b>En mm</b>	En (g)	(%)	(%)	(%)
<b>5</b>	0	0	0	100
<b>3.15</b>	6.6	0.67	0.67	99.33
<b>2.5</b>	5.5	0.56	1.23	98.77
1.25	39.4	4.00	5.23	94.77
<b>0.63</b>	168.5	17.12	22.35	77.66
<b>0.315</b>	443.3	45.05	67.40	32.60
<b>0.160</b>	253.6	25.77	93.15	6.85
<b>0.08</b>	55.1	5.60	98.77	1.23
<b>Fond</b>	12.3	1.25	99.99	0.01



**Figure II.7 :** Courbe granulométrique du sable utilisé

**II-3-6. Le module de finesse**

Le module de finesse a été déterminé selon la norme XP P 18-540,

**M.F= 1.89** (Sable à grains moyens)

**Tableau II. 7:** Classification du sable suivant les valeurs de module de finesse.

Sable	Module de finesse	
<b>Gros</b>	2.24	3.4
<b>Moyenne</b>	<b>1.8</b>	<b>2.5</b>
<b>Fin</b>	1.5	2



**Figure II-8** Série de tamis utilisés pour l'analyse granulométrique

## **II-4- Mortier d'étude**

### **II-4-1 Composition du mortier**

La méthode de composition du mortier classique utilisée est celle donnée par la norme EN-196-1. Sa composition massique est comme suit :

- 03 Parties de sable.
- 01 Partie de ciment.
- 0.5 Partie d'eau

Nous avons travaillé avec une ouvrabilité constante. Cette ouvrabilité est déterminée par l'essai d'étalement et cela pour l'optimisation du rapport  $E/C=0.60$  et l'obtention d'une meilleure ouvrabilité. Dans cette étude expérimentale, nous avons utilisé deux types de mortiers :

- Mortier témoin : (ciment + sable + l'eau)
  - Mortier à base de fibres végétales : (ciment + sable + l'eau + les fibres)
- Le mortier témoin est composé de 450g de Ciment, 1350g de Sable et 270g d'eau

### **II-4-2 Composition du mortier fibré**

Notre première démarche est le choix d'un mortier classique en le renforçant par des fibres végétales dont le volume des fibres remplace une partie du squelette granulaire. Trois longueurs des fibres végétales (1, 1.5 et 2 cm) ont été utilisées pour cette formulation

**Tableau II-8** : Composition des mortiers fibrés de jonc

Dénomination des mortiers fibrés	Dosages en constituants (g)			
	Ciment (g)	Sable (g)	Eau (ml)	Fibres (g)
Mortier témoin	450	1350	270	----
Mortier 0,5% de fibres	450	13	270	2.25 g
Mortier 1% de fibres	450	1336.5	270	4.5 g
Mortier 1.5% de fibres	450	1329.75	270	6.75 g
Mortier 2% de fibres	450	1323	270	9 g
Mortier 3% de fibres	450	1309.5	270	13.44 g

## II.5. Fabrication et préparation des spécimens

### II.5.1. Elaboration des éprouvettes

Les éprouvettes de mortier utilisées sont de forme prismatique (4×4×16) cm. Elles sont élaborées de la même façon afin d'assurer une reproductibilité dans les manipulations et les quantités de fibres

### II.5.2. Gâchage du mortier

Pour la préparation de la gâchée des mortiers, nous avons répété chaque fois le protocole suivant :

1/- Huiler l'intérieur des moules d'une légère couche pour faciliter le démoulage. Une attention particulière doit être donnée à la couche d'huile à mettre, car une présence trop prononcée d'huile peut affecter le mélange de mortier en s'infiltrant dans le mélange nuisant à la réaction d'hydratation et diminuant sa résistance à la compression.

2/- Préparer tout le matériel et matériaux nécessaires pour la confection des mortiers. Préparer les pesées des matériaux à utiliser (sable, ciment, eau, fibres). Tout le matériel

nécessaire est préparé (balance, récipient, spatules, truelles, bac plastique, table vibrante, éprouvettes graduées....).

. 3/- Après avoir déterminé les proportions de chaque composant, la séquence de malaxage retenue est la suivante :

- a. Humidifier tout le matériel à utiliser ;
  - b. Mettre le sable dans le bac en plastique humidifié ;
  - c. Mettre le ciment aussi, dans le bac et les fibres
  - d. mélanger le tout manuellement à l'aide d'une spatule pendant 1 min.
  - e. Verser 1/3 l'eau et mélanger le tout manuellement à l'aide d'une spatule, ensuite Verser l'eau restante graduellement jusqu'à obtention d'une pâte homogène
  - f. Disposer le moule 4×4×16 cm sur la table vibrante ;
  - j. Remplir le moule au 2/3, puis vibrer 07.0.7 s ;
  - h. Ajouter le reste du mélange, puis vibrer 3s
  - i. Araser à l'aide d'une règle le surplus de mortier ;
  - g. Démoulage des éprouvettes après 24 heures.
  - k. Identifier au feutre
- et les placer dans de l'eau à 20°C.



**Figure II.9 :** mélange manuellement d'un mortier    **Figure II.10 :** mélange d'un mortier fibré

Le mélange de mortier est gâché dans des moules (4 × 4 × 16) cm, préalablement huilés afin de permettre un décoffrage facile voir les figures II.11 et II.12



Figure II.11: Fabrication et moulage des éprouvettes.

Figure II.12 : table vibrante

### II.5. 3. Conservation des éprouvettes

Après coulage du mortier et assurer le surfaçage des faces supérieures des moules, les éprouvettes sont ensuite entreposées dans la salle du laboratoire pendant 24 heures. Une fois démoulées, les éprouvettes sont conservées dans un bac à eau pour une cure de 28 jours



Figure II.13 : Conservation des éprouvettes dans l'eau

## II.6. Caractérisation des mortiers à l'état frais

### II.6.1 Etalement sur la table à secousse

Selon la norme EN 12-358, cet essai d'étalement est une mesure testant plus particulièrement l'aptitude du béton et mortier à s'étaler par écoulement, L'essai est exécuté sur une table à laquelle on peut imprimer des secousses verticales à l'aide d'une manivelle (Figure II.14). On démoule sur la table un tronc de cône et on le soumit à un série de 30 secousses, en suite on mesure le diamètre d'étalement  $E\% = (D'2+D2)/2$



**Figure II.14** : Essai d'étalement à la table à secousses

### II.6.2. Densité des fibres de jonc

La densité du jonc testé est la moyenne arithmétique des trois déterminations. En utilisant la méthode du pycnomètre, les résultats obtenus de la densité c'est de l'ordre de  $d=0,81$ . Elle est inférieure à celles d'autres fibres végétales représentées dans le tableau II.5. En revanche, la densité de la fibre de jonc est très proche de celle de la fibre de diss. La différence de la densité est attribuée et influencée par plusieurs facteurs : l'origine de la plante, la variété, les conditions de croissance et de récolte [1].

**Tableau II.10** : Densité des fibres végétales

Fibre	Jonc	alfa	Palmier	diss	Chanvre	Jute
Densité	0.82	0.9	0.88	0.85	1.07	1.44

## II.7 Propriétés du mortier fibré à l'état durci

### II.7.1 Densité du mortier durci

La masse volumique du mortier à l'état durci est mesurée à partir de la masse de l'éprouvette rapportée à son volume après 28 jours de durcissement selon la norme NF EN 12390-7 [NF EN 12390-7, 2011], Les essais de la masse volumique ont été effectués sur des éprouvettes (4x4x16) cm



Figure II.15 : Eprouvettes à l'état durci

### II.7.2. Essai de traction par flexion trois points

La flexion centrée de l'éprouvette 4x4x16mm<sup>3</sup> est effectuée sur une machine de flexion décrite par la norme NF EN 196-1. Les éprouvettes sont exposées à l'air libre pendant 20 minutes pour qu'elles acquièrent l'état normal d'humidité

La valeur de la résistance et de la charge à la rupture est enregistrée directement au cours de l'essai.

Cette résistance aussi est déterminée par la formule suivante :

:

$$R_{tf} = \frac{3PL}{2bh^2} \text{ (MPa)} \quad \text{(II.9)}$$

P : l'effort de rupture en (N)

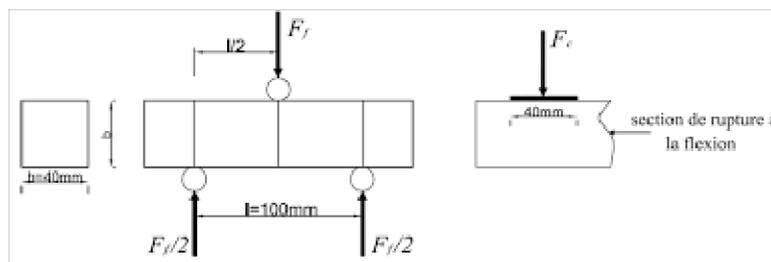
L: la distance entre les appuis en (mm)

b, h : dimensions de l'éprouvette en (mm)



**Figure II.16 :** Conduite de l'essai de traction par flexion

Nous avons testé les éprouvettes de  $(4 \times 4 \times 16)$  cm et conduit l'essai selon le schéma ci-dessous, la figure( II.17)



**Figure II.17 :** Dispositif de rupture en flexion trois points.

### II.7.3. Résistance à la compression

Les essais de compression ont été réalisés sur la même presse IBERTEST, avec un montage approprié à la compression. Ces essais ont été réalisés sur les demi-échantillons issus des essais de flexion trois points comme indiqué sur la figure (II.15) avec une vitesse de chargement 1.000kn/s. La résistance en compression a été évaluée selon la norme NF EN 196-1. Nous avons testé des cubes de  $4 \times 4 \times 4$  cm.

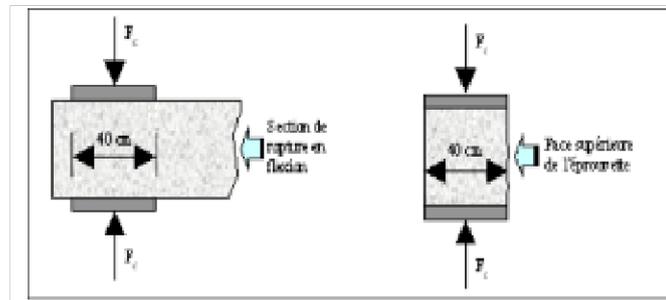
Cette résistance aussi est déterminée par la formule suivante

$$R_c = \frac{F_c}{S} \quad (\text{MPa}) \quad (\text{II.10})$$

$R_c$  : Résistance à la compression (MPa)

$F_c$  : Charge de rupture à la compression, (N)

$S$  : Section, ( $\text{mm}^2$ )



**Figure II.19** : Dispositif de rupture en compression



**Figure II.20** : Machine d'essai de compression

#### II.7.4. Absorption d'eau par capillarité

Le coefficient d'absorption d'eau par capillarité caractérise la capacité d'un mortier par remontée capillaire : l'essai consiste par pesée la quantité d'eau absorbée par un échantillon est mesuré sur des éprouvettes de mortier prismatiques, ( $4*4*16$  cm).

Après séchés les échantillons ( $80^{\circ}\text{C}$ ) jusqu'à masse constante, ensuite la surface latérale des échantillons est enduite à l'aide d'un papier aluminium la face clivée de l'éprouvette est immergée dans bac à une hauteur de 3 mm à une durée spécifique. (0,15min ,30min, 1h, 2h, 4h ,8h 24h )

On détermine alors l'augmentation de la masse à l'aide de l'équation suivante :

$$Cat = \frac{Mt - Mo}{A} \quad (\text{kg/m}^2) \quad (\text{II.11})$$

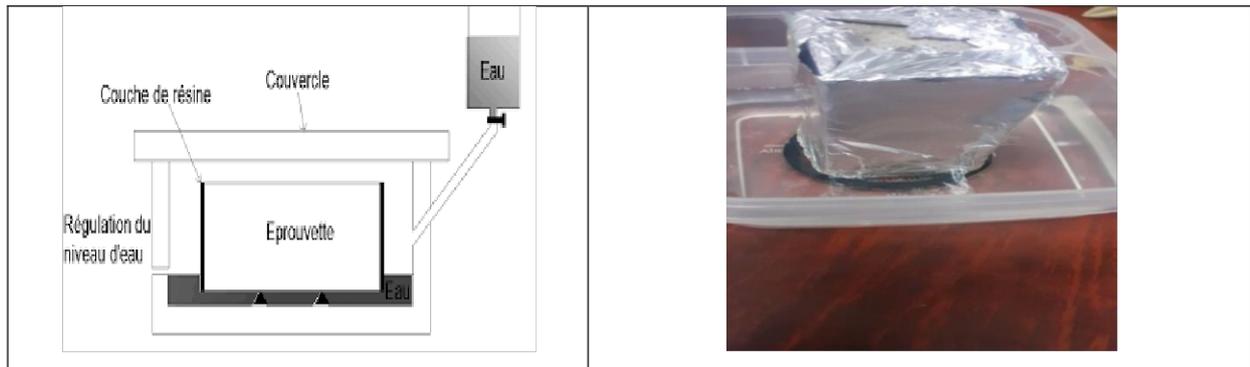
Dont :

Cat : coefficient d'absorption à l'échéance (Kg/m<sup>2</sup>)

Mt : masse de l'éprouvette à une échéance donnée (Kg)

M0 : masse initiale de l'éprouvette ( Kg)

A : section de l'éprouvette au contact de l'eau (m<sup>2</sup>)



**Figure II.21** : dispositif de mesure d'absorption d'eau par capillarité

### II.7.5 Absorption d'eau par immersion totale

L'absorption par immersion a été effectuée, en séchant les éprouvettes prismatiques (4x4x16) cm du mortier à l'étuve jusqu'à masse constante, ensuite en les immergeant totalement dans l'eau pendant 24h à 20°C, elle est définie par la formule suivante :

$$w = \left( \frac{M2 - M1}{M1} \right) \cdot 100\% \quad (\text{II. 12})$$

Avec

M2: masse d'éprouvette saturée d'eau (g)

M1 : masse sèche de l'éprouvette (g)



**Figure II.22** : dispositif de mesure d'absorption d'eau par immersion totale

## II.8. Conclusion

Dans ce second chapitre, nous avons présenté les matériaux et les méthodes expérimentales utilisées dans cette étude avec les caractéristiques et la formulation des différents mélanges.. Par ailleurs, nous avons également montré les protocoles d'essais utilisés dans cette recherche pour la détermination des propriétés physiques (étalement, masse volumique, absorption d'eau), mécaniques (résistance à la compression et de traction par flexion) et des composites cimentaires renforcés de fibres végétales. Les résultats expérimentaux et leurs interprétations seront étalés dans le troisième chapitre.

**CHAPITRE III**  
**RESULTATS ET DISCUSSIONS**

## Introduction

Dans ce chapitre nous étudions les propriétés physico- mécaniques du mortier à base des fibres végétales issues du jonc. Pour la caractérisation physique, nous avons déterminé la densité des mortiers à l'état frais et à l'état durci ainsi que la capacité d'absorption d'eau (capillaire et par immersion totale). Les résistances à la compression et à la traction par flexion sur des éprouvettes prismatiques (4x4x16) cm ont été déterminées.

### III. 1. Effet des fibres de jonc sur l'étalement à la table à secousses des mortiers

L'ouvrabilité des mortiers est une propriété importante : elle définit la quantité d'eau ajoutée au mélange sable - ciment.

D'après la norme EN 1015-3, la valeur d'étalement est mesurée par le diamètre moyen d'un prélèvement de mortier frais, mis en place à l'aide d'un moule donné sur le plateau d'une table à secousses. Nous avons pris en compte l'effet de l'absorption des fibres de jonc pour pouvoir manier notre mélange, le rapport E/C est maintenu constant pour tous les mélanges. L'étalement du mortier témoin a été déterminé et égal à **15,9 cm**.

Au vu des résultats obtenus, on observe une diminution de la valeur de l'étalement du mortier : ceci est du à l'absorption en eau élevée des fibres de jonc et au caractère poreux du nouveau mortier fibré. Ce dernier passe de 15,9 cm pour le mortier témoin à 12,30 pour un mortier fibré à 3% (longueur 2cm) ce qui donne une diminution de l'étalement de 22,23 %

**Tableau III.1** : Effet de la longueur et pourcentage des fibres végétales sur l'étalement du Mortier d'étude

Etalement des mortiers frais (cm)				
Longueurs des fibres de jonc	0	1 cm	1.5 cm	2 cm
0,5%	15,9	13,80	13,80	13,70
1%		13,5	13,50	13,60
1,5 %		13,30	13,30	13,30
2 %		12,80	12,80	12,80
3%		12,30	12,30	12,30

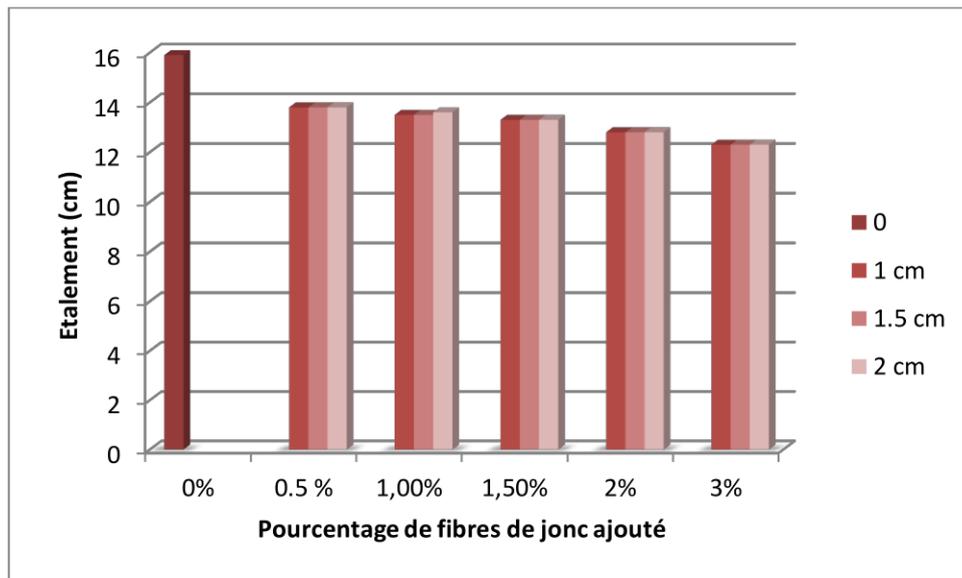


Figure III.1 a : Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur l'étalement du mortier d'étude.

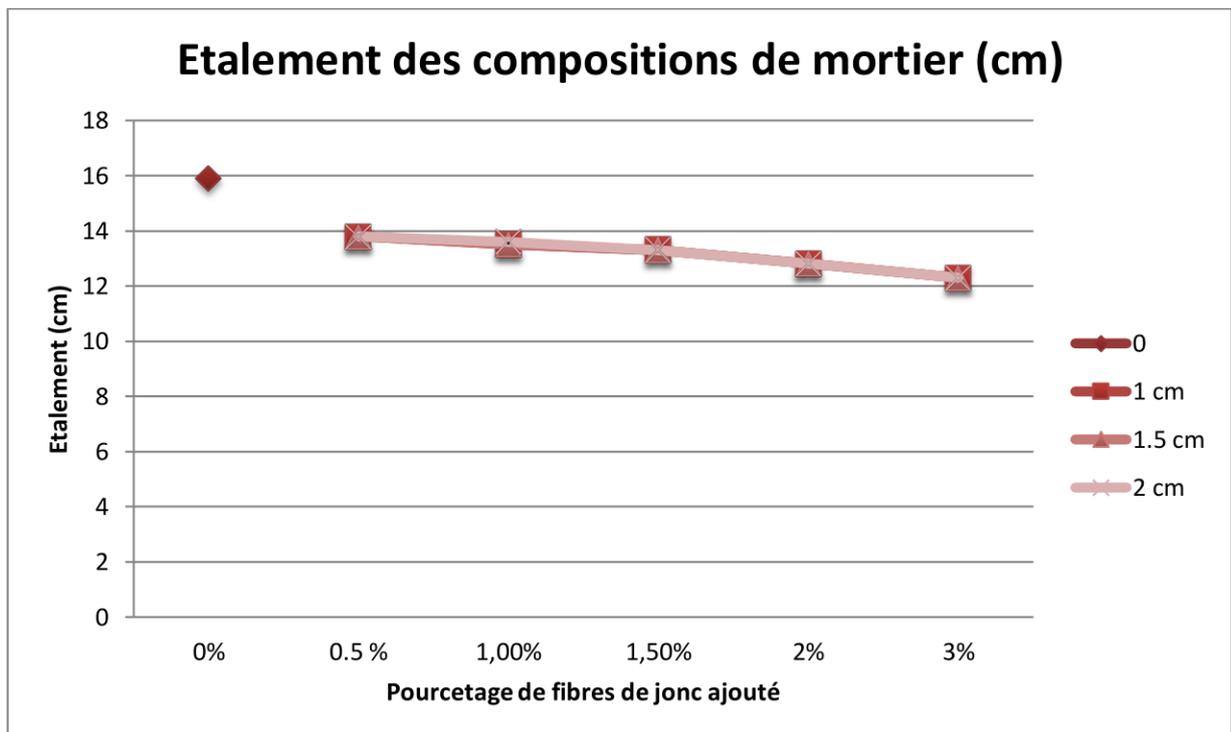


Figure III.1 b : Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur l'étalement du mortier d'étude.

La maniabilité des mortiers, caractérisée par les valeurs d'étalement, est affectée par l'augmentation de la longueur et du taux des fibres de jonc ajouté. On constate une diminution de la maniabilité des mortiers avec l'augmentation du taux des fibres et la longueur de celles-ci : ceci s'explique en effet par l'absorption et l'effet de surface des fibres.

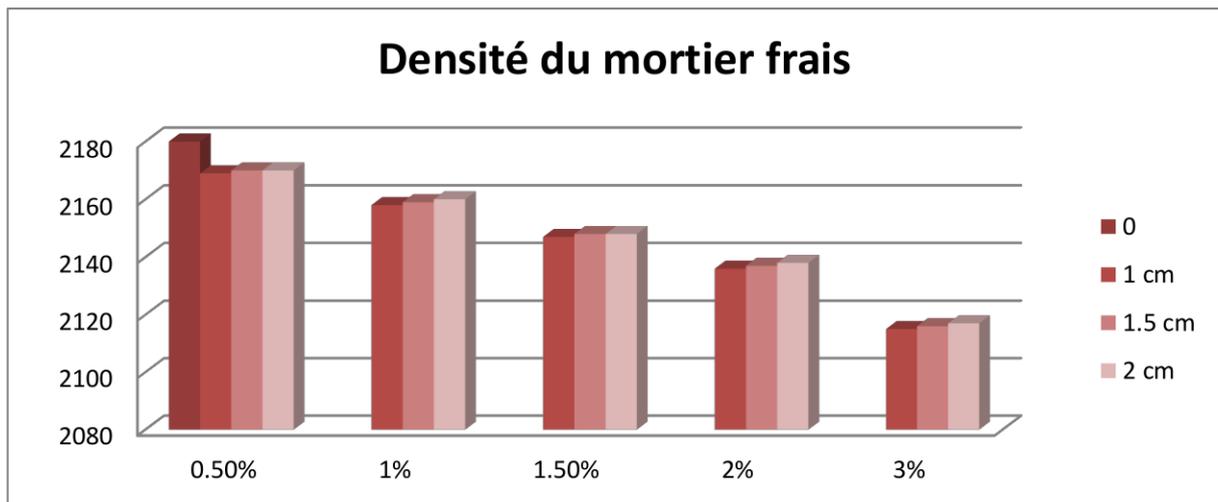
### III.2. Effet des fibres de jonc sur la densité des mortiers frais

Les masses volumiques des mortiers classiques et mortiers fibrés sont mesurés à l'état frais et après 28 jours de durcissement. Les résultats obtenus et illustrés par la figure III.2 et regroupés dans le tableau III.2 montrent l'effet du taux et de la longueur des fibres sur la densité des mortiers frais

**Tableau III.2:** Effet de la longueur et pourcentage des fibres de jonc sur la densité du mortier frais

Densité des mortiers à l'état frais (kg/m <sup>3</sup> )				
0%	0 cm	1 cm	1.5 cm	2 cm
0,50%	2180	2169	2170	2170
1%		2158	2159	2160
1,50%		2147	2148	2148
2%		2136	2137	2138
3%		2115	2116	2117

la densité du mortier passe de 2180 kg/m<sup>3</sup> pour un mortier témoin à 2117 pour un mortier fibré à 3 % de fibres de jonc (tableau III.2). En passant d'un mortier non fibré à un mortier fibré à 3%, la densité diminue de 63 kg/m<sup>2</sup> équivalent à un taux de 28,98%. Les mêmes constats ont été fait pour les mortiers durcis (tableau III.3 et figure II.3)



**Figure III.2:** Effet de la longueur et pourcentage des fibres de jonc sur la densité du mortier frais

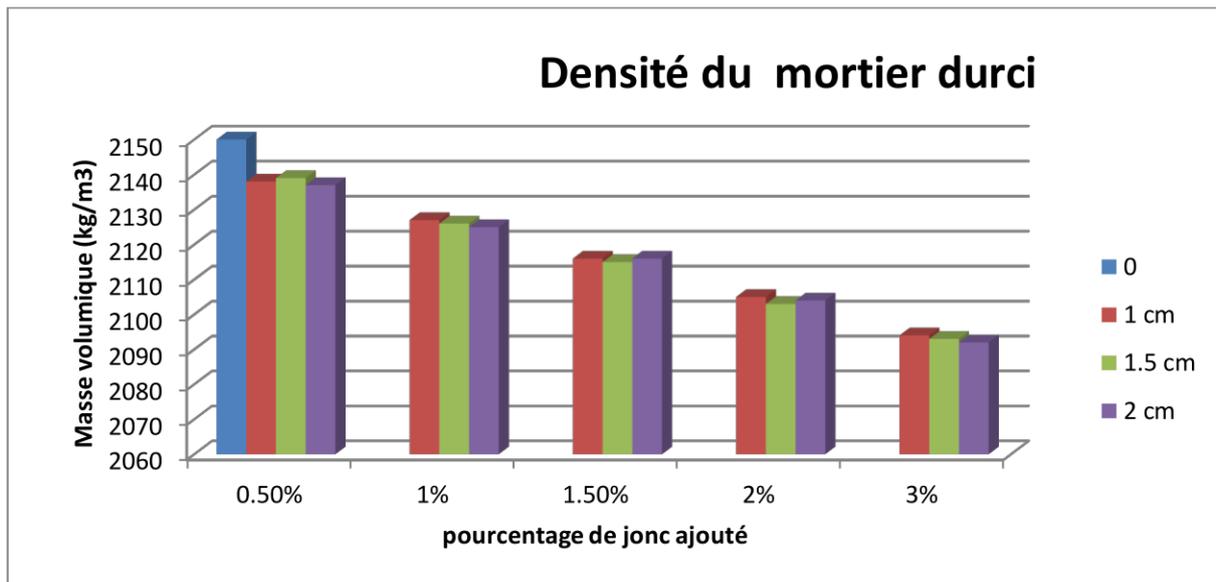
### III. 3. Propriétés des mortiers fibrés à l'état durci

#### III.3.1. Effet des fibres de jonc sur la densité des mortiers durcis

L'ajout des fibres de jonc influe sur la densité des mortiers fibrés. Les résultats sont regroupés dans le tableau III.3 ci-dessous.

**Tableau III. 3 :** Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la densité du mortier durci

Densité des mortiers à l'état durci ( kg/m <sup>3</sup> )				
Longueurs	0	1 cm	1.5 cm	2 cm
0,5%		2138	2139	2137
1%		2127	2126	2125
1,5 %	2150	2116	2115	2116
2 %		2105	2103	2104
3%		2094	2093	2092



**Figure III. 3** : Effet de la longueur et pourcentage des fibres de jonc sur la densité du mortier durci

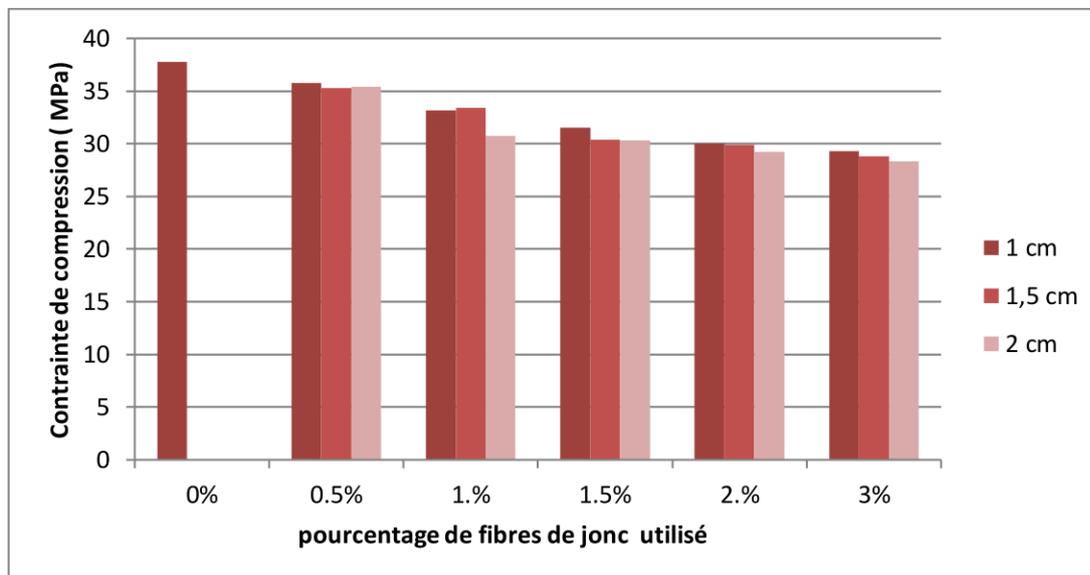
### III.4. Caractérisation mécanique des mortiers d'étude

#### III.4.1. Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la résistance en compression des mortiers

Le tableau III.4 représente les résultats de la résistance en compression obtenus à 28 jours pour les mortiers témoins et les mortiers renforcé par les fibres de jonc et leurs différentes longueurs. Au regard de ces résultats, nous constatons une diminution nette de la résistance en compression des échantillons fibrés par rapport à l'échantillon de référence, cette diminution est enregistrée pour toutes les longueurs de fibres. La chute des contraintes est due à la répartition des fibres, à leur morphologie et leur surface. Ces résultats sont confirmés par d'autres études similaires de mortier fibrés avec des fibres d'alfa, de diss et de palmier dattier [Boutarfa et Al 2018][Chafei 2015], [Ali-Boucetta 2016] et [Mokhtari2006]. Certains types de fibres par leur surface rugueuse comme le Diss, améliorent la résistance des mortiers par un bon encreage avec la matrice cimentaire [Boutarfa et Al 2018]. Nous avons aussi effectué des essais d'écrasement aux échéances de 7et 14 jours et nous avons observé la même chose. Les fibres de jonc augmentent l'hétérogénéité de la matrice cimentaire ce qui affecte les contraintes de compression. Ces valeurs sont illustrées par la figure III.4

**Tableau III.4** : Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur les résistances à la compression

Résistances à la compression à 28 jours (MPa)			
	1 cm	1,5 cm	2 cm
<b>0%</b>	37,70		
<b>0.5%</b>	35,74	35,25	35,37
<b>1.%</b>	33,19	33,41	30,75
<b>1.5%</b>	31,5	30,37	30,33
<b>2.%</b>	30	29,9	29,25
<b>3%</b>	29,3	28,8	28,3



**Figure III.4** : Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur les résistances à la compression

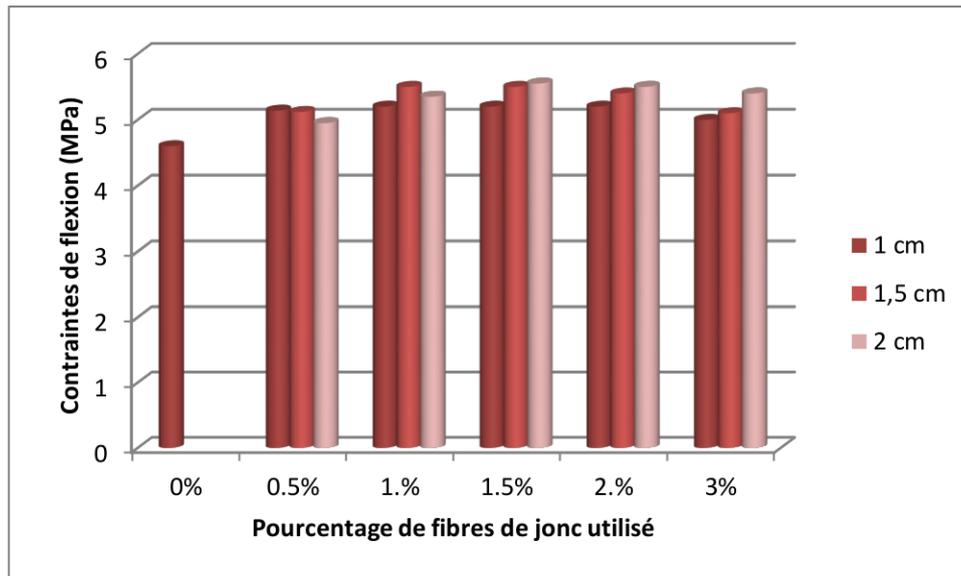
### III.4.2.Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la résistance à la flexion des mortiers

Le tableau III. 5 (figure III.5) montre les résultats de la résistance en flexion de mortier renforcé par les fibres de jonc et leur différentes longueurs. On remarque que l'incorporation des fibres végétales dans le mortier améliore leur comportement en flexion, cette augmentation croît avec la longueur des fibres végétales utilisées.. [Lima 2016], [Ali-Boucetta 2016] et [Mokhtari2006] ont remarqué que la résistance en flexion de ces matrices, telles que les mortiers ou les pâtes de ciment, peut être considérablement améliorée grâce aux propriétés mécaniques des fibres (résistance en traction élevée).

Pour le mortier de fibres de jonc, dans un premier temps plus la longueur des fibres est importante plus la résistance en flexion est améliorée, cependant au-delà d'une longueur critique de 1.5 cm, la résistance en flexion n'augmente plus. Ce gain de résistance se traduit par un taux d'amélioration pour le mortier de fibres de jonc de l'ordre de 20 % avec une longueur de 2 cm.( figure

**Tableau III. 5** : Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur les résistances à la flexion

Résistances à la flexion à 28 jours (MPa)			
	1 cm	1,5 cm	2 cm
<b>0%</b>	4,6		
<b>0.5%</b>	5,14	5,12	4,95
<b>1.%</b>	5,2	5,5	5,35
<b>1.5%</b>	5,2	5,5	5,55
<b>2.%</b>	5,2	5,4	5,5
<b>3%</b>	5	5,1	5,4



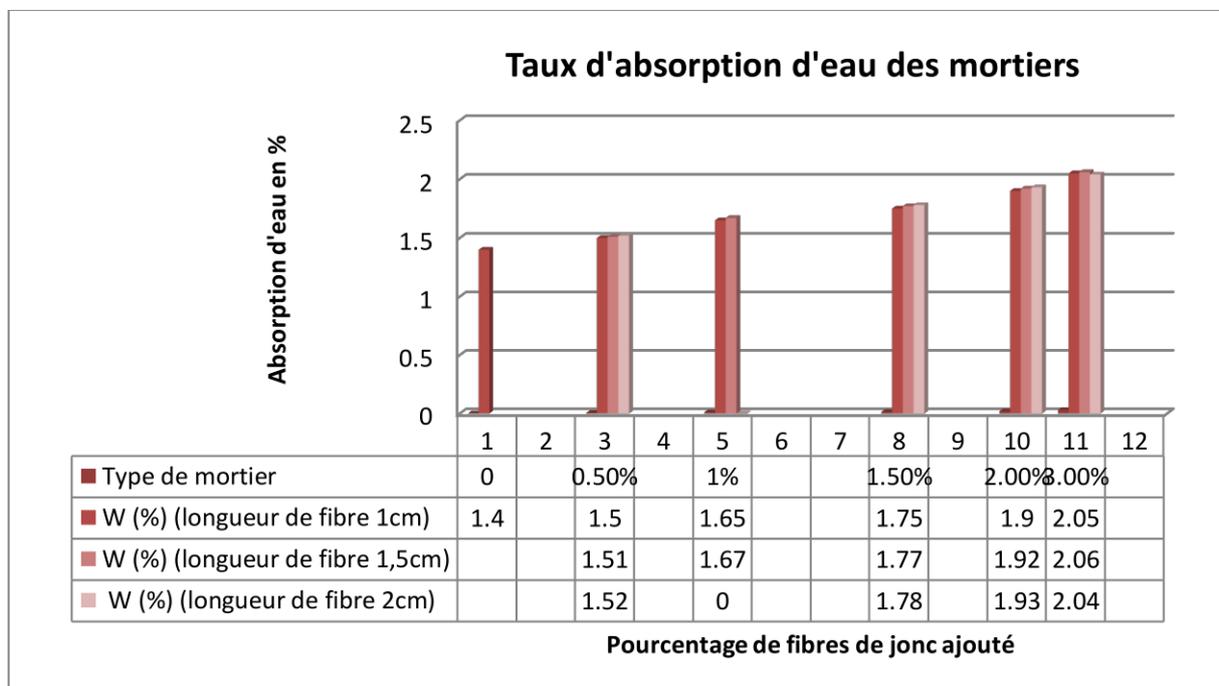
**Figure III.5** : Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur les résistances à la flexion

#### III.4.3. Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la capacité d'absorption d'eau par immersion

Tous les matériaux cimentaires absorbent de l'eau jusqu'à leur saturation, cependant les valeurs de cette absorption restent dépendantes de la porosité du matériau et des éléments ajoutés. L'ajout des fibres modifie l'absorption en eau du mortier. Les fibres de jonc ont une absorption en eau élevée (II.2.4.1). Lors de leur incorporation dans la matrice cimentaire une certaine porosité supplémentaire va être créée ce qui modifie la capacité d'absorption des éprouvettes vibrées. Les valeurs obtenues pour toutes les compositions sont représentées par le tableau III.5 et illustrées par la figure III.5.

**Tableau III.6 :** Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la capacité d'absorption d'eau par immersion

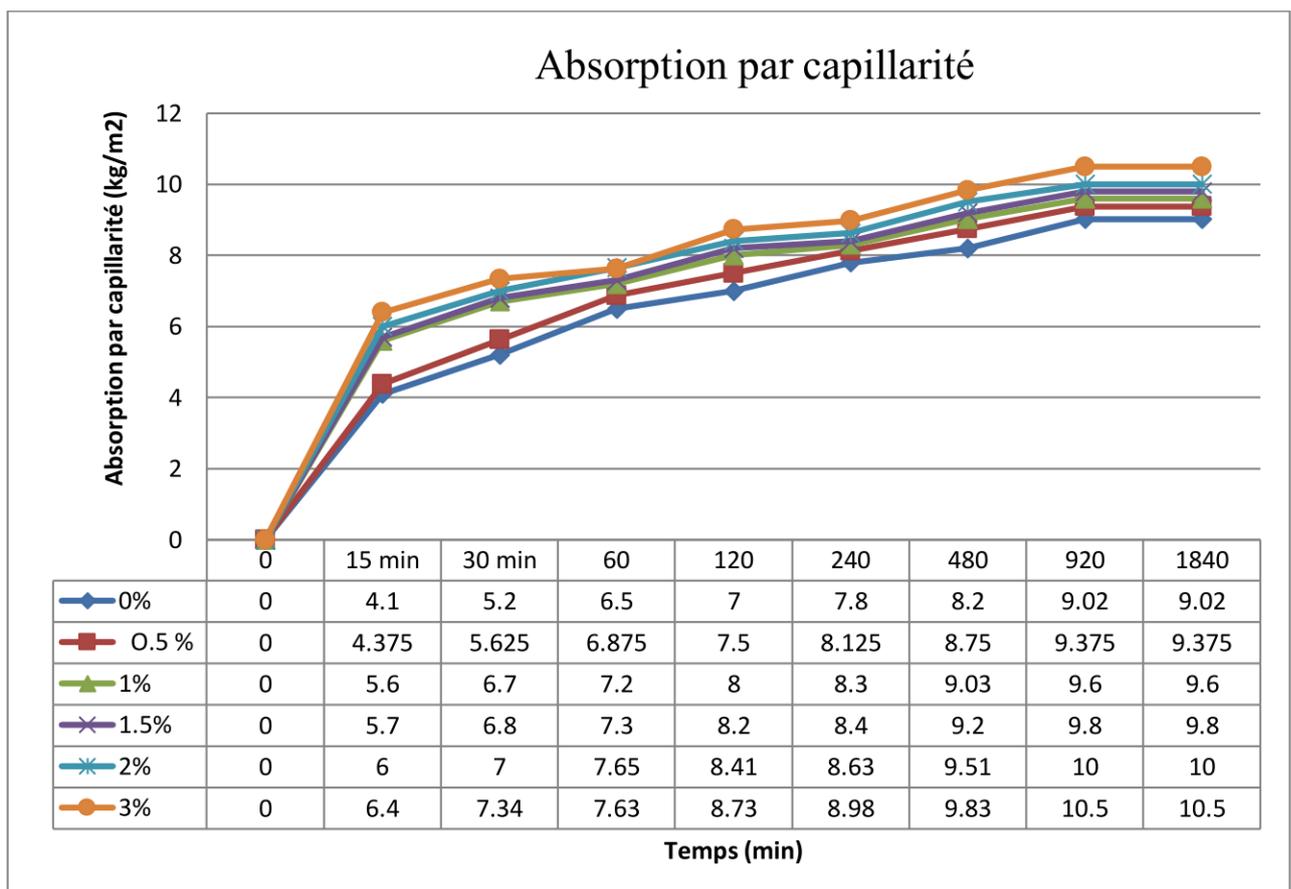
Type de mortier	W (%) (longueur	W (%) (longueur	W (%) (longueur
	de fibre 1cm)	de fibre 1,5cm)	de fibre 2cm)
<b>M Témoïn</b>		1,4	
<b>0,50 %</b>	1,5	1,51	1,52
<b>1 %</b>	1,65	1,67	1,68
<b>1,50 %</b>	1,75	1,77	1,78
<b>2,00 %</b>	1,9	1,92	1,93
<b>3,00 %</b>	2,05	2,06	2,04



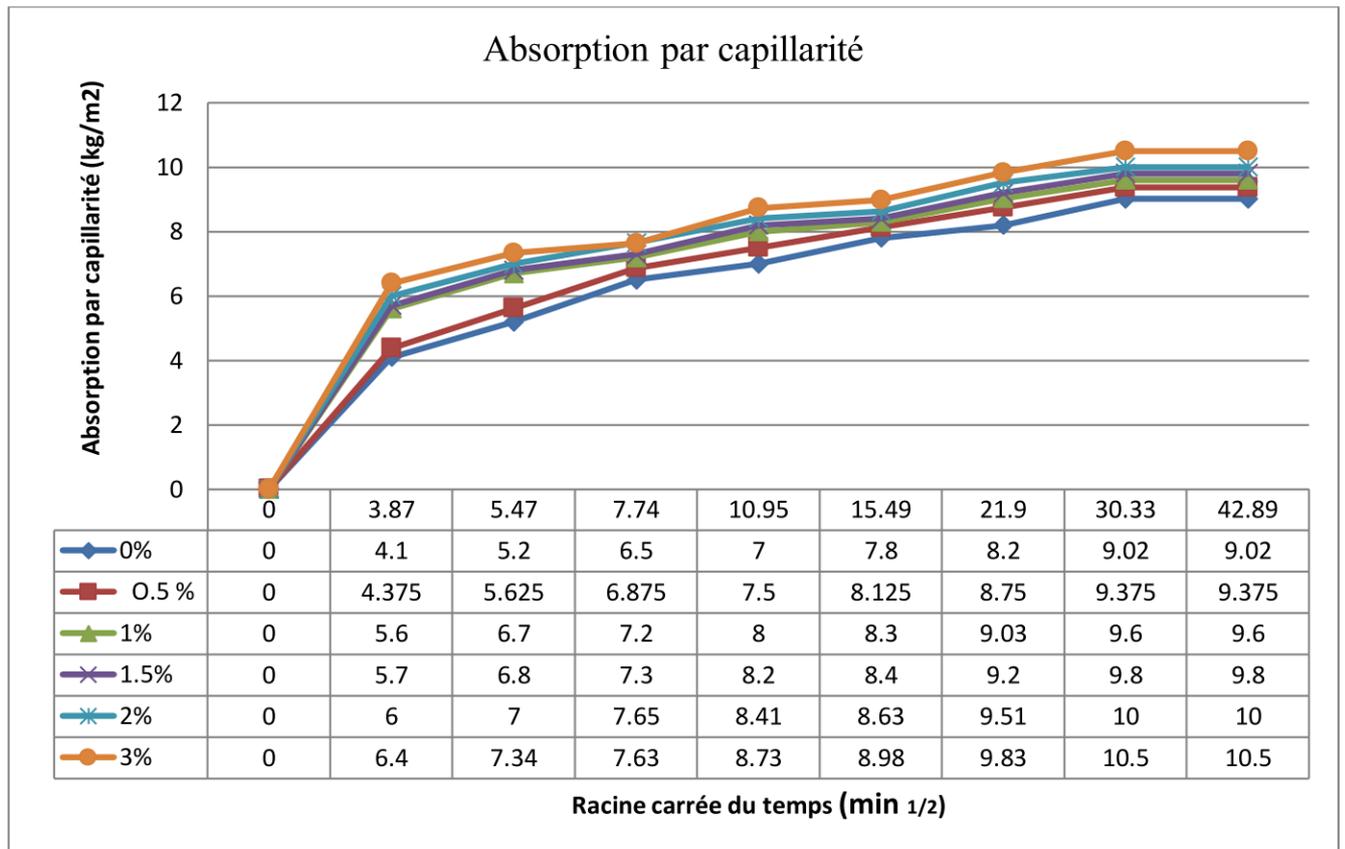
**Figure III.6 :** Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la capacité d'absorption d'eau du mortier

### III.4.4. Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la capacité d'absorption d'eau par capillarité

L'absorption par capillarité est une propriété hydrique qui témoigne de la capacité des matériaux à absorber une quantité d'eau par unité de temps et de surface, lorsqu'une seule face est en contact direct avec de l'eau. Pour cet essai, nous avons testé un mortier fibré par des fibres de longueur de 1,5 cm. On voit nettement l'effet de l'ajout des fibres de jonc sur cette propriété : les valeurs maximales d'absorption d'eau par unité de surface et de temps sont observées dans la composition du mortier vibré à 3 % de fibres de jonc (figures III.7 et III.8). Les valeurs de la capacité d'absorption capillaires dépendent de la quantité de fibres de jonc ajoutée dans la matrice cimentaire et du temps : on remarque une augmentation de l'absorption qui passe, pour un temps de 15 minutes, d'une valeur de 4,1 kg/m<sup>2</sup> pour un taux de 0 % à une valeur de 6,4 kg/m<sup>2</sup> pour un taux de fibres de jonc de 3%



**Figure III.7 :** Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la capacité d'absorption d'eau par capillarité



**Figure III.8** : Effet de la longueur et du pourcentage des fibres de jonc sur la capacité d’absorption d’eau par capillarité

### III.5. Conclusion

Les mortiers de ciment sont des mélanges de ciment de sable et d’eau. Leurs propriétés physico- mécaniques dépendent de beaucoup de facteurs :

- les composants : ciments, sable et eau
- les conditions de préparation et cure
- la qualité de tous les composants
- la granulométrie du sable et sa propreté
- les ajouts (adjuvants, fibres etc .....)

Cette étude du mortier fibré avec des fibres de jonc nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Une diminution de la valeur de l'étalement du mortier a été observée et due à l'absorption en eau élevée des fibres de jonc et au caractère poreux du nouveau mortier fibré.
- Les masses volumiques du mortier dépendent de la longueur de la teneur ajoutée en fibres de jonc : on observe une diminution des densités avec l'ajout des fibres de jonc.
- une diminution nette de la résistance en compression des échantillons fibrés par rapport à l'échantillon de référence, cette diminution est enregistrée pour toutes les longueurs de fibres. La chute des contraintes est due à la répartition des fibres, à leur morphologie et sa surface).
- l'incorporation des fibres de jonc dans le mortier améliore son comportement en flexion, cette augmentation croît avec la longueur des fibres de jonc utilisées.
- la capacité d'absorption d'eau par immersion du mortier fibré est supérieure à celle du mortier non fibré : les fibres de jonc ont un caractère absorbant et créent une porosité dans la matrice cimentaire ce qui provoque l'effet absorbant du mortier fibré.
- L'absorption par capillarité est une propriété hydrique qui témoigne de la capacité des matériaux à absorber une quantité d'eau par unité de temps et de surface, lorsqu'une seule face est en contact direct avec de l'eau : les résultats obtenus lors des essais des éprouvettes de mortier fibré avec des longueurs de fibres de 1,5 cm témoignent bien du caractère absorbant des éprouvettes dont les valeurs sont supérieures à celle du matériau témoin : les fibres de jonc à caractère absorbant créent une porosité dans le mortier et affectent son absorption capillaire.

## **CONCLUSION GENERALE**

## **Conclusion générale**

Les travaux présentés dans cette étude s'inscrivent dans l'objectif général de valorisation des fibres végétales en abondance sur tout le pourtour méditerranéen et à l'état sauvage qui présentent d'excellentes caractéristiques mécaniques et qui peuvent être utilisés comme renfort dans des composites à matrice cimentaire.

Dans ce contexte, ce manuscrit s'articule autour de trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à l'étude de l'état de l'art sur les mortiers et sur les fibres végétales ainsi le potentiel et les enjeux des matériaux à base de fibres végétales. Les caractéristiques des fibres végétales utilisées comme renfort dans cette étude sont étalées.

Le second chapitre est consacré à la caractérisation des matériaux utilisées et les différentes techniques expérimentales ainsi que les moyens d'essais développés spécifiquement lors de ce travail.

Dans le troisième chapitre, on présente une analyse des résultats des essais expérimentaux qui caractérisent l'influence de la longueur ainsi que le taux des fibres de jonc sur les propriétés des mortiers à l'état frais et durci.

Par l'analyse des résultats obtenus, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- La connaissance des propriétés physiques de ces fibres végétales est importante : ces fibres influent sur les caractéristiques rhéologiques du mortier (l'étalement des mortiers fibrés diminue avec l'ajout des fibres. Par contre, les fibres absorbent plus d'eau lorsqu'on augmente la longueur et le pourcentage. La fibre de jonc possède une absorption d'eau élevée
- Une diminution de la résistance en compression des échantillons fibrés par rapport à l'échantillon de référence, cette diminution est enregistrée pour toutes les longueurs de fibres. La chute des contraintes est due à la répartition des fibres, à leur morphologie et leur surface). Ces résultats sont confirmés par plusieurs études.

- l'incorporation des fibres de jonc dans le mortier améliore son comportement en flexion, cette augmentation croit avec la longueur des fibres végétales utilisées.
- la capacité d'absorption d'eau par immersion du mortier fibré est supérieure à celle du mortier non fibré : les fibres de jonc ont un caractère absorbant et créent une porosité dans la matrice cimentaire ce qui fait l'effet absorbant du mortier fibré
- 
- L'absorption par capillarité est une propriété hydrique qui témoigne de la capacité des matériaux à absorber une quantité d'eau par unité de temps et de surface, lorsqu'une seule face est en contact direct avec de l'eau : les résultats obtenus lors des essais témoignent bien du caractère absorbant des éprouvettes fibrées dont les valeurs sont supérieures à celle du matériau témoin
- Les résultats obtenus montrent bien l'effet de l'ajout des fibres de jonc (teneur et longueur) sur la résistance à la traction par flexion. Les fibres de jonc ligaturent les fissures de la matrice. Le renfort affecte positivement les contraintes de traction par flexion. L'ajout des fibres de jonc dans le mortier permet d'accroître les contraintes de traction par flexion

Les perspectives de cette étude sont nombreuses. Le programme expérimental pourrait être complété par les études suivantes :

- Contrôler l'absorption d'eau des fibres végétales
- Interactions physico-chimiques entre les fibres végétales et la matrice cimentaire
- Etude de l'effet de la température sur les propriétés mécaniques des composites renforcés de fibres

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références bibliographiques

- [1] : **M. BOUTARFA** « *Bétons renforcés de fibres naturelles : réponse au retrait et fissuration dans les betons et mortiers* » thèse de doctorat LMD UBMA 2018
- [2] : **M. BOUCHEMELLA** « *Effets des fibres végétales sur les propriétés physico-mécaniques du béton* » mémoire de master. Université de Jijel
- [3] : <https://fr.scribd.com/document/476263018/chapitre-Les-Mortiers#>
- [4] **H. DJELOUARI** « *Influence des fibres végétales sur les propriétés physico-mécaniques d'un béton* » mémoire de master. Université de Boumerdes
- [5] : <https://new.societechimiquedefrance.fr/wp-content/uploads/2019/12/2016-410-septembre-p63-douce-hd.pdf>
- [6] : **H. HOUARI** « *Contribution à l'étude de l'influence des différents ajouts sur les propriétés des matrices cimentaires (Caractérisation, Performances, Durabilité)* », Thèse, Doctorat en science en Génie Civil
- [7] : <https://www.univ-chlef.dz/FGCA/wp-content/uploads/2020/11/Mat%C3%A9riaux-de-Construction-L2-GC-BOUBEKEUR-Toufik.pdf>
- [8] : **NA 442**, Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants, (2005).
- [9] : <http://doc.lerm.fr/lhydratation-du-ciment-portland/>
- [10] : **H.E. TOUMIAT** « *Influence des fibres de diss et la poudre de verre sur les propriétés d'un beton ordinaire* » mémoire de master UBMA 2021
- [11] **A. KRIKER, A. BALI, G. DEBICKI et M. KHENFER**, « *Amélioration de la durabilité de matériaux cimentaire en environnement chaud et sec par valorisation des fibres végétales et sous produits industriel locaux* », Congrès international réhabilitation de construction et développement durable, Alger, 3-4 Mai 2005.
- [12] **A. DJOUDI**, « *Caractérisation structurale et rhéologique des bétons de plâtre et leurs renforcements par les fibres végétales du palmier dattier* », Mémoire de Magister, C.U Laghouat, 2001.

[13] : **C MAGNIONT,**. (2010). « *Contribution à la formulation et à la caractérisation d'un écomatériau de construction à base d'agroressources* » (Thèse, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

[14]:[https://www.m-habitat.fr/terrassement-et-fondation/maconnerie/le-beton-vegetal-2570\\_A](https://www.m-habitat.fr/terrassement-et-fondation/maconnerie/le-beton-vegetal-2570_A)  
<https://docplayer.fr/72703895-Etude-des-performances-des-mortiers-renforces-de-fibres-naturelles-valorisation-des-plantes-locales.html>

[15] : **D., SEDAN, C., PAGNOUX, A., SMITH, & T. CHOTARD,** (2007). « *Propriétés mécaniques de matériaux enchevêtrés à base de fibre de chanvre et matrice cimentaire* ». 18ème Congrès Français de Mécanique (Grenoble 2007).

[16] : Toledo Filho, R. D., Scrivener, K., England, G. L., & Ghavami, K. (2000). Durability of alkali-sensitive sisal and coconut fibres in cement mortar composites. *Cement and Concrete composites*, 22(2), 127-143.

[17] : **D., SEDAN, C., PAGNOUX, A. SMITH,, & T . CHOTARD,**. (2007). « *Interaction fibre de chanvre/ciment: influence sur les propriétés mécaniques du composite* ». *Matériaux & Techniques*, 95(2), 133-142.

[18] : **V. NOZAHIC,, & S. AMZIANE,**. (2012). *Vers des bétons de chanvre à hautes performances mécaniques*. AUGC, Chambéry.

[19] : **R.S.P. COUTTS,** "Flax fiber as reinforcement in cement mortar", the international Journal of cement composites and lightweight concrete, Vol.5, N°4, pp. 257-262, August 1983.

[20] : **J, BELDZKI AND A.K GASSAN.** "composition reinforced with cellulose based fibers" . el sevier : volume 24 pp.221 / 247, 1999.

[21] : **L.NILSON,**" reinforced concret with sisal and other vegetable composite" . 1999. pp 49 / 57.

[22] : **M.A. SAADAOUI et I.TATA** « *Caractérisation physico- mécanique d'un béton ordinaire renforcé de fibres de jonc* » MASTER 2022 UBMA

[23]: **M. BOUTARFA** "Comparative Study of Cement Mortar Reinforced with Vegetable Fibers Alfa, Date Palm and Diss: Mechanical Properties and Shrinkage" *J. Mater. Environ. Sci.*, 2018, Volume 9, Issue 8, Page 2304-2314

[24] : **K, TOLEDO F. R. D GHAVAMI.** " *develement of vegetable fivers mortar composite of improved durability*" *ellsvier*. 12, 2003, vol. 25.

[25]: **S. HOLMER and VAHAN A.** "*Transition zone studies of vegetable fibre-cement paste composites*», *Cement and concrete composites* 21, 1999, pp 49-57.

[26]: **W. Khelifi** « *Caractérisation d'un béton ordinaire à base de copeaux de bois* » thèse de doctorat, UBMA 2017

[27]: **A.Bessadok** « *Etude et caractérisation des fibres d'Alfa et d'Agave modifiées chimiquement en vue de les incorporer dans un composite à matrice polyester* » » thèse de doctorat, 2007

[28] : <https://www.travaux-maconnerie.fr/differents-types-mortier>

[29]file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/These-Boutarfa-Meriem.pdf

[30]file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/Mougari,%20Brahim.pdf

[31]file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/m%C3%A8moire%20nash%20thki%203la%20fibre.pdf

[32]file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/Mokhtar,%20Nadia%20m%C3%A8moire%20

[33]file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/m%C3%A9moire-corr24.01.2021ABBA-ABBASSI.pdf

[34]file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/Memoire-

[35]file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/Memoire

[36]file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/m%C3%A9moire%20Master%20II%20GC%20Mater%20MAHAMDI%20Marwa%20&%20MIHOUBI%20Yousra).pdf

[37]file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/memoire%20fin%20d'etude%20master%20mortier.pdf

[38]file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/m%C3%A8moire%20ciment.pdf

[39]file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/M7MOIRE%20POUR%20LE%20MORTIER.pdf

[40] file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/les%20propriétés%20ta3%20mortier%20de%20ciment.pdf

[41] file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/Influence%20des%20fibres%20m%C3%A9caniques%20issues%20de%20l'E2%80%99unit%C3%A9%20BCR%20sur%20le%20comportement%20m%C3%A9canique%20et%20physico-chimique%20des%20mortiers.pdf

[42] file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/bouklouche%20m%20f%20m%C3%A8moire.pdf

[43] file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/16%20rehioui%20mohamed%20lamine+%20oulad%20mansour%20ahmed%20.pdf

[44] file:///C:/Users/LA%20COLLONE/Downloads/SAADAOU%20FFFFINAL.pdf