

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

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

N° :



DOMAINE : SCIENCE ET TECHNIQUES

FILIERE : Génie Civil

OPTION : Matériaux

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par : Saidi Khadidja

Intitulé

*Etude d'un mortier au laitier granulé renforcé par des fibres
de jute*

Soutenu devant le jury composé de :

Pr : Beddar Miloud	Université de M'sila	Président
Dr : Maza Mekki	Université de M'sila	Rapporteur
Pr : Naceri A/G	Université de M'sila	Co-Rapporteur
Dr : Seddiki Ahmed	Université de M'sila	Examineur

Année universitaire : 2016 /2017

Remerciement

Au mon dieu le Clément et Miséricordieux

Je remercie avant tout mon dieu C'est grâce à lui seul que j'ai peu achevé ce modeste travail.

Je remercie ainsi : Pr. Naceri A/G et Dr. MAZA Meki

Je remercie : Mr DAHMANI Bachir : ingénieur de laboratoire physique (Lafarge M'sila).

Mr KHALIL Saadoune : Ingénieur Charge contrôle qualité (Lafarge M'sila).

- Mon camarade : GUETNI Hadj Tarek Pour leurs aides jusqu'à l'aboutissement de ce travail.

- Messieurs les membres de jury pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.

- Mes enseignants(es) du département de génie civil et les responsables du laboratoire

- Tous les employés de CCR Lafarge (M'sila).

- Tout les gens qui nous ont aidé de près au de loin dans la réalisation de ce modeste travail.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à

A mon père et ma mère et tous ceux qui aiment

Mes frères.....

Mes amies.....

Toutes mes connaissances.

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Caractéristique des matériaux	
I.1 - Introduction	3
I.2 - Le Mortier.....	3
I.2.1 - Généralité.....	3
I.2.2 - Le rôle d'utilisation de mortier.....	3
I.2.3 - Les différents mortiers.....	4
I.2.4 - Caractéristique principale.....	5
I.3 - Le ciment blanc.....	5
I.3.1- Introduction.....	5
I.3.2 - Blanchiment du clinker.....	6
I.3.3 - Performances et caractéristiques normalisées.....	7
I.3.3.1- Classe de résistance.....	7
I.4 - Les ajouts cimentaires.....	8
I.4.1- Définition.....	8
I.4.2 - Les Avantages d'utiliser les ajouts.....	9
I.5 - Le laitier de haut fourneau.....	9
I.5.1-Définition.....	9
I.5.2 - Origine.....	9
I.5.3 - Caractéristiques du laitier.....	10
I.5.4 - Facteur influencent sur l'activité de laitier.....	11
I.5.4.1 - Influence de la vitesse de refroidissement sur l'activité du laitier.....	11
I.5.4.2 - Influence du temps de stockage sur l'activité du laitier.....	11
I.5.4.3 - Influence de la finesse de mouture sur l'activité du laitier.....	11
I.5.5 -Types de laitier (propriétés et mode de fabrication).....	11
I.6- Les adjuvants.....	12
I.7- Les fibres Végétales.....	12
I.7.1- Introduction.....	12
I.7.2- Les défirent types de fibres.....	13
I.7.3- La fibre de jute.....	14
I.7.3.1- Définition.....	14
I.8- Conclusion.....	15

Chapitre II : Caractéristique des matériaux est méthode d'essais

II.1- Introduction.....	16
II.2 - Caractéristiques des matériaux utilisés et méthodes d'essais.....	16
II.2.1 - Sable d'oued (DJAMAA).....	16
II.2.1.1- Analyse physiques de sable utilisé.....	16
II.2.1.2 - Caractéristique chimique de sable utilisés.....	24
II.2.2-Ciment blanc.....	25
II.2.2.1- Analyse physique du ciment	25
II.2.2.2 - Analyse chimique du ciment.....	33
II.2.2.3 - Analyse minéralogique du ciment	33
II.2.3 - Essais sur mortier.....	33
II.2.3.1 - Préparation des Fibres.....	33
II.2.3.2-Composition du Mortier Classique.....	33
II.2.3.3-Malaxage du Mortier de Fibres	34
II.2.4 - Essais sur Le Laitier.....	37
II.2.4.1 - Analyses chimique du laitier.....	37
II.2.4.2 - Analyses minéralogique du laitier.....	37
II.2.5 - Essais sur Le Fibre de jute (fillase).....	38
II.2.5.1 - Analyses physiques de la fibre de jute (fillase).....	38
II.2.5.2 - Analyses chimiques de la fibre de jute (fillase).....	38
II.2.6 - Essais sur Les adjuvants.....	39
II.2.6.1- Les caractéristiques physiques et chimiques de super plastifiants	39
II.2.7- L'eau de gâchage.....	39
II.3 – Conclusion.....	40

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1- Introduction.....	41
III.2 - Détermination de la composition du mortier avec fibre.....	41
III.3 - Essais et procédures.....	42
III.3.1- Détermination de la fluidité.....	42
III.3.2 - Détermination de la masse volumique du mortier.....	42
III.3.2.1 - masse volumique de mortier sans fibre.....	43
III.3.2.2 - masse volumique de mortier avec fibre.....	43
III.3.2.3 - masse volumique de mortier témoin CPJ	44
III.3.3 - Détermination de la résistance de mortier.....	44
III.3.3.1- Résistance mécanique de mortier sans fibre.....	45

III.3.3.2 - Résistance mécanique de mortier avec fibre.....	45
III.3.3.3 - Résistance mécanique de mortier témoin CPJ	46
III.4 - Discussions des résultats.....	47
III.4.1 – Fluidité.....	47
III.4.2 - Masse volumique de mortier.....	47
III.4.2.1 - Influence de la longueur de fibres sur la masse volumique de mortier.....	47
III.4.2.2 - Influence de laitier sur la masse volumique de mortier avec et sans fibre.....	47
III.4.2.3 - Influence de l’adjuvant sur la masse volumique de mortier avec et sans fibre...	48
III.4.3 - Résistance mécanique.....	48
III.4.3.1 - Résistance à la compression.....	48
III.4.3.2 - Résistance à la Flexion.....	51
III.5 - Conclusion.....	53

Liste des tableaux

N° Tableau	Intitulé	N° page
1^{er} Chapitre		
Tableau I.1	Composition Chimique du Clinker Blanc et Gris calcine	06
Tableau I.2	Classes de résistance des ciments courants	08
Tableau I.3	Récapitulatif des avantages des ajouts cimentaires	09
Tableau I.4	Composition chimique type de laitiers de haut fourneau	10
2^{eme} Chapitre		
Tableau II.1	Masse volumique absolue du sable d'oued Djamaa	17
Tableau II .2	Masse volumique apparente du sable d'oued Djamaa à l'état lâche	17
Tableau II .3	Masse volumique apparente du sable d'oued Djamaa à l'état compact	18
Tableau II.4	La porosité, la compacité et l'indice de vide Pour le sable d'oued Djamaa	19
Tableau II.5	Les valeurs d'équivalent de sable indiquent la nature et qualité du sable. Appareillage pour l'essai d'équivalent de sable	21
Tableau II.6	Degré d'absorption du sable d'oued Djamaa	22
Tableau II.7	Teneur en eau du sable de d'oued Djamaa	22
Tableau II.8	Analyse granulométrique du sable d'oued Djamaa	24
Tableau II.9	Principaux constituants chimiques du sable d'oued Djamaa (Lafarge holcim M'sila)	25
Tableau II.10	Principaux constituants minéralogiques du sable d'oued Djamaa (Lafarge holcim M'sila)	25
Tableau II.11	Masse volumique absolue des ciments	26
Tableau II.12	Propriétés physiques des ciments préparés (SSB)	28
Tableau II.13	Propriétés physiques des ciments préparés (consistance normale).	30
Tableau II.14	Propriétés physiques des ciments préparés (début et fin de prise).	31
Tableau II.15	Propriétés physiques des ciments préparés (Expansion).	32
Tableau II.16	Principaux constituants chimique du clinker (Lafargeholcim M'sila)	34
Tableau II.17	Principaux constituants minéralogiques du clinker (Lafargeholcim M'sila)	34
Tableau II.18	Principaux constituants chimiques du laitier (Lafargeholcim M'sila)	39
Tableau II.19	Principaux constituants minéralogiques du laitier (Lafargeholcim M'sila)	39
Tableau II.20	Caractéristiques physiques de la fibre de jute a l'état naturel	40

Tableau II.21	Composition chimiques de la fibre de jute a l'état naturel, pourcentage en poids	40
Tableau II.22	Les caractéristiques du super-plastifiant utilisé.	40
3^{eme} Chapitre		
Tableau III.1	Composition de mortier témoin	41
Tableau III.2	Composition de mortier avec fibre L = 5cm	41
Tableau III.3	Composition de mortier avec fibre L = 10cm	41
Tableau III.4	Composition de mortier sans fibre L = 0cm	42
Tableau III.5	Masse volumique de mortier sans fibre.	43
Tableau III.6	Masse volumique de mortier avec fibre de longueur L=5cm.	43
Tableau III.7	Masse volumique de mortier avec fibre de longueur L=10cm.	43
Tableau III .8	Masse volumique de mortier témoin.	44
Tableau III .9	Résistance mécanique sans fibre L= 0cm.	45
Tableau III .10	Résistance mécanique avec fibre L=5cm	45
Tableau III .11	Résistance mécanique avec fibre L=10cm.	46
Tableau III .12	Résistance mécanique de mortier CPJ témoin.	46

Liste des Figures

N° Tableau	Intitulé	N° page
1^{er} Chapitre		
Figure I.1	Les ajouts cimentaire de droit à gauche cendre volante (type C), metakaoline, fumée de silice, cendre volante (type F), laitier, sèche calcine	08
Organigramme 1.1	Les différents types de fibres	13
Figure I.2	Laitier haut fourneau chloré (cimenterie M'sila)	09
Figure I.3	la plante de jute	14
Figure I.4	Défibrage manuel de tiges de jute (filasse)	14
Figure I.5	Fibres de jute	15
2^{eme} Chapitre		
Figure II.1	Agitateur mécanique	20
Figure II.2	Mesurée de L'équivalent de sable.	20
Figure II.3	Courbe granulométrique de sable d'oued Djamaa.	24
Figure II.4	Le Chate lier Flaks	26
Figure II.5	Perméabilimètre de Blaine	27
Figure II.6	Appareil de Vicat manuel.	29
Figure II.7	Appareil de Pr isomètre Vicat automatique.	30
Figure II.8	Les Aiguillé de chate lier	32
Figure II.9	La bouilloire de Chate lier.	32
Figure II.10	Préparation de mortier avec de fibre.	34
Figure II.11	Appareil de choc	35
Figure II.12	Enlèvement de l'excès de mortier	35
Figure II.13	Armoire humide	36
Figure II.14	Démoulage des éprouvettes	36
Figure II.15	Conservation des éprouvettes dans l'eau	36
Figure II.16	Appareil de compression et de flexion	37
Figure II.17	Composition minéralogique de laitier (Lafarge holcim M'sila)	38
Figure II.18	Distillateur (Lafargeholcim laboratoire)	40
3^{eme} Chapitre		
Figure III.1	Flexion de mortier 4x4x16	44
Figure III.2	Compression de mortier 4x4x16	44
Figure III.3	Effet de la longueur des fibres sur là de la masse volumique	47
Figure III.4	Variation de la masse volumique en fonction d'ajout de laitier	47

Figure III.5	Variation de la masse volumique en fonction différent pourcentage d'adjuvant	48
Figure III.6	Effet du laitier sur la résistance à la compression	48
Figure III.7	Variation de la résistance à la compression en fonction pourcentage l'adjuvant	49
Figure III.8	Variation de la résistance à la compression en fonction les langurs de fibre	50
Figure III.9	Variation de la résistance à la compression dans le temps	50
Figure III.10	Effet de la longueur de fibre sur la résistance à la flexion	51
Figure III.11	Variation la résistance à la flexion en fonction du % d'adjuvant	51
Figure III.12	Variation la résistance à la flexion en fonction là % laitier	52
Figure III.13	Comportement de la résistance en flexion dans le temps	50

الملخص

يتعين على مجال البناء أن يؤدي دورا هاما في حل المشاكل البيئية المتصلة بإعادة تصنيع واستغلال الكتلة الحيوية، ضمن فئة المواد الإسمنتية، أنواع مختلفة من النفايات ومخلفات منتجات الزراعة قد استخدمت بالفعل، إما في شكل جزيئات، كاستبدال كلي أو جزئي للمكونات المعدنية، أو في شكل ألياف للتدعيم.

في هذه الدراسة تطرقنا لإمكانية استخدام ألياف الجوت كعنصر تدعيم البغلي، تم استخدام الجوت مع خليط البغلي بأطوال مختلفة 5سم و10سم، المركب الإسمنتي المرجعي لا يحتوي على ألياف، مع إضافة محسنات وإضافات بنسب مختلفة من أجل الأداء الميكانيكي.

لقد قمنا بإجراء مجموعة من التجارب لدراسة حالة المكونات، فوجدنا أن الاختبارات الميكانيكية تظهر انخفاضا في الأداء الميكانيكي كل ما قمنا في زيادة طول الألياف.

ومن هذه النتائج نستنتج انه كلما كان طول الألياف أصغر كلما كان الأداء الميكانيكي أفضل.

الكلمات المفتاحية: الملاط - الاسمنت الابيض - اضافات اسمنتية - الملدنات - الياف الجوت - المقاومة الميكانيكية.

Résumé

Le domaine de la construction doit jouer un rôle important dans la résolution des problèmes environnementaux liés au recyclage et l'exploitation de la biomasse. Dans la catégorie des matériaux cimentaires, différents types de déchets et coproduits issus de l'agriculture ont déjà été utilisés, soit sous forme de particules, en remplacement total ou partiel des granulats minéraux, soit sous forme de fibres pour renforcement.

Dans cette étude, nous avons étudié la possibilité de l'utilisation de fibres de jute que le renforcement de mortier, a été jute utilisé avec un mélange de différentes longueurs de 5 cm et 10 cm, le composé de référence ne contient pas de fibres b, avec l'ajout de modifications et additions dans des proportions différentes pour les performances mécaniques.

Nous avons effectué une série d'expériences pour étudier le cas des compositions, nous avons constaté que les essais mécaniques diminuent dans le tout spectacle de performances mécaniques, nous devons augmenter la longueur de la fibre.

A partir de ces résultats, nous concluons que plus de fibres une longueur inférieure de la performance plus mécanique mieux.

Mots-clés : mortier - ciment blanc - additifs béton - plastifiants - fibres de jute - résistance mécanique.

Abstract

Construction field has to play an important role in resolving environ problems related to recycling and exploitation of the biomass. In the category of cementations materials, various types of wasters and byproducts derived from agriculture have already been used, either as particles, in total or partial replacement of mineral aggregates, or as fibers for reinforcement.

In this study we explored the possibility of using jute fibers as reinforcement mortar, was jute used with a mixture of different lengths of 5 cm and 10 cm, the reference compound does not contain fibers, with the addition of modifications and additions in different proportions for mechanical performance.

We have conducted a series of experiments to study the condition of composition, and we found that mechanical tests show a decrease in mechanical performance all we have to increase the length of fiber.

From these results, we conclude that more fibers a lower length of mechanical performance better.

Key words: Mortar - White cement - Cement additives - Plasticizers - Jute fibers - Mechanical resistance.

INTRODUCTION GENERALE

Les déchets de différentes sources sont à l'origine de divers problèmes environnementaux liés à leur stockage et leurs quantités croissantes. Par ailleurs, les matériaux de construction traditionnels d'origine naturelle sont confrontés, à terme, à l'épuisement. Il est donc important de penser à l'élaboration de matériaux composites à agrégats artificiels et agricoles. Ce type de matériaux répond aux exigences économiques et environnementales.

Dans le secteur de bâtiment, l'exploitation et la valorisation des déchets industriels ainsi que des coproduits agricoles ont donné lieu à un certain nombre de travaux de recherche sur de nouveaux matériaux composites [1-3].

La caractérisation mécanique de composites incorporant des matières renouvelables tels que les coproduits issus de l'exploitation agricole (lin, chanvre, coco, jute, palmier.....) en qualité d'agrégats, sous forme de particules, ou de fibres, dans une matrice cimentaire de mortier ou de béton a fait l'objet de nombreuses publications [4-6].

Cette valorisation des agro ressources constitue une solution d'un grand intérêt par rapport à leur élimination par brûlage sur place. De plus, ces composites sont caractérisés par une densité relativement faible par rapport aux matériaux traditionnels et présentent plusieurs intérêts d'applications potentielles, telles que l'isolation thermique ou l'isolation acoustique. En revanche, ils peuvent présenter une certaine sensibilité à l'eau et une instabilité dimensionnelle tels que le retrait et le gonflement en service ou en présence d'un environnement humide [7].

Ainsi, pour améliorer les performances de composites renforcés par des fibres végétales, plusieurs approches ont été étudiées y compris l'imprégnation des fibres ou particules avec un agent MEDAFLOW 30 [8].

Néanmoins, l'incorporation de résidus issus du végétal dans une matrice cimentaire nécessite dans certains cas un traitement chimique ou physique et parfois les deux. L'incompatibilité entre les deux matériaux se manifeste par un ralentissement de la fraction végétale. La partie lignocellulosique présente, en effet, un pouvoir inhibiteur vis-à-vis des réactions d'hydratation du ciment, par réduction, ce engendre un retard de prise. Ce phénomène freine le développement des propriétés mécaniques du composite. C'est pourquoi, l'incorporation de végétaux dans bétons ou des mortiers de ciment est limitée [9 -10].

On a cherché depuis longtemps à renforcer les matériaux de construction fragiles à l'aide de fibres de différentes natures, Citons par exemple, les briques en terres armées de pailles, le mortier de chaux armé de poils d'animaux, le plâtre armé de fillasse, le ciment renforcé de fibres d'amiantes, etc. En rappelant que l'état fragile des matériaux correspond à une faible résistance à la traction, une faible énergie de rupture ou une faible plasticité en compression ou en traction.

Des fibres de toute nature ont été expérimentées dans le renforcement des matériaux. Les plus répandues sont : l'amiante, le verre, l'acier, le plastique (nylon et polypropylène), le carbone, et les fibres végétales.

Notre étude s'intéresse à l'étude de la durabilité des fibres de jute dans les matrices cimentaires. Pour cela nous avons confectionné des mortiers renforcés de fibres végétales de fillasse, Nous exposons, ultérieurement en détail, les différents types de fibres notamment les fibres végétales utilisées dans la construction et dans les domaines pratiques. Dans un premier temps, et pour bien positionner le cadre scientifique de la recherche, nous allons commencer par donner la définition d'un matériau composite.

Objectif :

L'objectif principal de ce travail d'étudier l'utilisation de fibres de jute et comment renforcer les performances mécaniques, et la pièce en ajoutant différents pourcentages de laitier et plastifiée et cette proposition sera comme alternative aux fibres synthétiques et de l'acier.

Grâce à cette étude, nous avons plusieurs contre différentes combinaisons d'échantillons, leur performance a été évaluée en réalisant une étude pilote pour tester les propriétés des matériaux composites et l'étendue de son impact sur la résistance mécanique, la densité et à la flexion.

Structure du mémoire :

Notre mémoire est structuré en une introduction générale, trois chapitres et une conclusion générale, Introduction générale.

1^{ère} chapitre : Etude bibliographique.

2^{ème} chapitre : Caractéristiques des matériaux utilisés et méthode d'essais.

3^{ème} chapitre : Résultats et discussions.

Conclusion générale.

I.1- Introduction :

Le présent chapitre est une étude bibliographique des travaux de recherche sur et l'entrée des matériaux oust utilisés dans cette proposition de projet pour l'étude et la recherche.

I.2 - Le Mortier**I.2.1 – Généralité :**

Le mortier est obtenu par le mélange d'un liant (chaux ou ciment), de sable, d'eau et éventuellement d'additions. Des compositions multiples de mortier peuvent être obtenues en jouant sur les différents paramètres : liant (type et dosage), adjuvants et ajouts, dosage en eau.

En ce qui concerne le liant, tous les ciments et les chaux sont utilisables, leur choix et le dosage sont fonction de l'ouvrage à réaliser et de son environnement [11].

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

- ✓ Préparés sur le chantier en dosant et en mélangeant les différents constituants y compris les adjuvants.
- ✓ Préparés sur le chantier à partir de mortiers industriels secs préposés et avant l'utilisation, il suffit d'ajouter la quantité d'eau nécessaire.
- ✓ livrés par une centrale : ce sont des mortiers prêts à l'emploi. Les mortiers industriels se sont beaucoup développés ces dernières années, permettant d'éviter le stockage et le mélange des constituants sur des chantiers [11].

I.2.2 - Le rôle d'utilisation de mortier :

La pâte plastique obtenue peut jouer plusieurs rôles essentiels [11] :

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

I.2.3. Les différents mortiers :

Dans les travaux publics on utilise différents types de mortier :

a- Les mortiers de ciment :

Les mortiers de ciments sont très résistants, prennent et durcissent rapidement. Le dosage du rapport entre le ciment et le sable est en général volumétrique de 1/3 et le rapport de l'eau sur ciment est environ 1/2. De plus, un dosage en ciment les rend pratiquement imperméables [11].

b- Les mortiers de chaux :

Les mortiers de chaux sont moins résistants par rapport aux mortiers de ciment (gras et onctueux). La durée du durcissement des mortiers de chaux est plus lente que pour les mortiers de ciments [11].

c- Les mortiers bâtards :

Ce sont les mortiers, dont le liant est le mélange de ciment et de chaux. Généralement, on utilise la chaux et le ciment par parties égales, mais des fois on prend une quantité plus ou moins grande de l'un ou l'autre suivant l'usage et la qualité recherchée [11].

d- Les mortiers fabriqués sur chantier :

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

On emploie également des chaux hydrauliques et parfois des liants à maçonner. Le sable est le plus souvent roulé (nature silico-calcaires) parfois concassé et le gâchage s'effectue à la pelle ou à l'aide d'une petite bétonnière. Ces mortiers ne sont donc pas très réguliers et les sables peuvent être différents d'une livraison à l'autre, mais de toute façon 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 [11].

e- Le mortier industriel :

Ce sont des mortiers que l'on fabrique à partir de constituants secs, bien sélectionnés, conditionnés en sacs, contrôlés en usine et parfaitement réguliers. Pour utiliser ce type de mortiers, il suffit de mettre la quantité d'eau nécessaire et malaxer pour ensuite les mettre en œuvre.

Les mortiers peuvent contenir des liants et des sables variés ainsi que certains adjuvants et éventuellement des colorants [11].

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.2.4 - Caractéristiques principales :

Les caractéristiques principales des mortiers sont :

- ✓ Ouvrabilité.
- ✓ Prise.
- ✓ Résistances mécaniques.
- ✓ Retraits et gonflements, etc..... [11].

I.3 - Le ciment Blanc**I.3.1 - Introduction :**

Le ciment blanc est un ciment Portland, il est fabriqué à partir des matières premières brutes particulièrement choisies qui sont généralement la craie pure et l'argile blanche (kaolin) contenant de très petites quantités d'oxyde de fer et d'oxyde de manganèse. Le ciment blanc est fréquemment choisi par les architectes pour son utilisation dans la fabrication du béton blanc, blanc cassé ou coloré, qui sera exposé, à l'intérieur ou à l'extérieur des édifices, au regard du public [12].

Il est bien connu que la fabrication du ciment blanc exige un contrôle rigoureux et précis durant l'ensemble des étapes du processus technologique afin d'empêcher la contamination du produit avec le fer, le manganèse, et le titane. Le ciment blanc se caractérise par une teneur extrêmement basse de C4AF (moins de 1,5%) et une teneur élevée de C3S et de C2S.

La composition chimique du clinker de ciment Portland blanc en comparaison à celle du clinker du ciment gris est donnée dans le tableau suivant [12] :

Tableau I.1 : Composition Chimique du Clinker Blanc et Gris.

Composition	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Loi
Clinker Gris	20,8	5,5	3,61	65,6	2,13	0,91	0,19	0,87	0,24
Clinker Blanc	21,42	3,39	0,22	65,33	1,47	0,47	0,25	2,38	0,5

Le processus de fabrication du ciment blanc est tout à fait semblable à celui du ciment portland gris. Le processus inclut le choix des matières premières, la préparation du mélange cru, la cuisson du clinker, le blanchiment et le refroidissement et le broyage. La production se fait selon des conditions précises, qui sont contrôlées à chaque étape, afin d'éviter les contaminations possibles et les changements peu désirés.

Cependant, la principale différence technologique réside dans la combinaison du refroidissement et du blanchiment, nécessaires pour améliorer la blancheur du ciment et garantir l'homogénéité de la couleur.

Le ciment Portland blanc a donc essentiellement les mêmes propriétés que le ciment gris, excepté la couleur. La blancheur du ciment blanc est une des caractéristiques les plus importantes. Les spécifications de la blancheur font ressortir les grades suivants [12] :

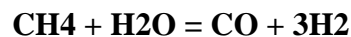
- ✓ 1er Grade : blancheur > 80 %.
- ✓ 2ème Grade : blancheur de 75 à 80 %.
- ✓ 3ème Grade : blancheur de 68 à 75 %.

I.3.2 - Blanchiment du clinker :

La majorité des documents bibliographiques traitant du ciment blanc soulignent l'importance du refroidissement pour l'obtention d'un niveau satisfaisant de blancheur du clinker. Une atmosphère non oxydante (absence d'oxygène) dans la première étape du blanchiment et le refroidissement rapide par jet d'eau ont été utilisés pour l'amélioration de la qualité de clinker. Un mélange gazeux destiné pour blanchir doit contenir moins de 0,2% d'O₂ et plus de 5% de CO.

Le processus de blanchiment est conduit à une température de (1100-1200) C° permettant la réduction de FeO₃ jusqu'en FeO et la réduction de MnO. Une température inférieure à 200 C° doit être maintenue dans la sortie de l'appareil de refroidissement.

Une autre possibilité consiste au refroidissement préliminaire du clinker en utilisant un gaz de convertisseur (pendant 1-2 minutes) à 1000-1400 C° et davantage de refroidissement dans un bassin d'eau. Le gaz de convertisseur peut être produit par une combinaison de gaz naturel et de vapeur d'eau à (900-1000) C° selon la réaction suivante :



Le CO et le H₂ résultants sont très actifs dans la conversion des oxydes de Fe et de manganèse. Le refroidissement rapide (extinction) du clinker dans l'eau (contenant un peu de HCl, de H₂SO₄ ou d'autres acides) fournit une amélioration significative de la blancheur [12].

I.3.3 - Performances et caractéristiques normalisées :

Les caractéristiques du ciment blanc sont les mêmes que celles du ciment gris à l'exception de la teinte, mais les spécifications normatives diffèrent d'un pays à l'autre et tiennent compte des technologies existantes. Nous donnons ci-après à titre d'illustration, les types, classes et certaines caractéristiques du ciment blanc pour montrer l'intérêt de la normalisation et du contrôle qui sont seuls capables d'offrir un ciment blanc de qualité et une régularité de sa production [12].

I.3.3.1 - Classes de résistance

Les ciments sont répartis en trois classes de résistance 32,5 - 42,5 - 52,5 définies par la valeur de la résistance du ciment (tableau I.2). Cette résistance correspond à la résistance mécanique à la compression mesurée à 28 jours sur éprouvettes de mortier conformément à la norme NF EN 196-1 et exprimée en MPa [13].

Tableau I.2 : Classes de résistance des ciments courants [13].

Classe de Résistance	Résistance à la compression (MPa)			
	Résistance à court terme		Résistance courante	
	2 jours	7 jours	28 jours	
32,5 N	-	$\geq 16,0$	$\geq 32,5$	$\leq 52,5$
32,5 R	$\geq 10,0$	-		
42,5 N	$\geq 10,0$	-	$\geq 42,5$	$\leq 62,5$
42,5 R	$\geq 20,0$	-		
52,5 N	$\geq 20,0$	-	$\geq 52,5$	-
52,5 R	$\geq 30,0$	-		

I.4 - Les ajouts cimentaires

I.4.1 - Définition :

Les ajouts cimentaires sont des matériaux qui, combinés au ciment portland, contribuent aux propriétés du béton durci par action hydraulique ou pouzzolanique ou les deux à la fois. Les pouzzolanes naturelles, les cendres volantes, le laitier de haut fourneau granulé broyée les fumées de silice sont des exemples courants une pouzzolane est un matériau siliceux ou alumino siliceux qui, finement divisé et en présence d'humidité, réagit chimiquement avec l'hydroxyde de calcium libéré par l'hydratation du ciment portland pour former des composés possédant des propriétés liantes [14].



Figure I.1 : Les ajouts cimentaire de droit à gauche cendre volante (type C), metakaoline, fumée de silice, cendre volante (type F), laitier, sèche calcine [14].

I.4.2 - Les Avantages d'utiliser les ajouts :

L'utilisation d'ajouts cimentaires dans les industries du ciment et du béton présente des avantages techniques, économiques et écologiques.

Tableau I.3 : Récapitulatif des avantages des ajouts cimentaires [14].

Avantages techniques	Avantages économiques	Avantages écologiques
<ul style="list-style-type: none"> - améliore la maniabilité - réduit la demande en eau - amélioration des propriétés mécaniques et de la durabilité du béton - diminution de la chaleur d'hydratation dégagée du béton - diminue la fissuration d'origine thermique 	<ul style="list-style-type: none"> - leur coût est souvent égal au coût du transport et de la manipulation. - réduit le prix du béton pour le coût du combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> - diminution de l'émission du CO2 par l'industrie cimentière - élimination des sous-produits de la nature

I.5 - Le Laitier de haut fourneau

I.5.1- Définition :

Les laitiers de haut fourneau sont des coproduits formés au cours de l'élaboration de la fonte à partir de minerai de fer [14].



Figure I.2 : Laitier haut fourneau chloré (cimenterie M'sila).

I.5.2 - Origine :

Le haut-fourneau est un réacteur à lit consommable à contre-courant [14]. Les deux réactions principales qui s'y déroulent sont des réactions de réduction des oxydes et d'échange entre le métal et le laitier. On introduit par le gueulard alternativement du coke, du minerai et du fondant, qui sont les matières premières utilisées pour l'élaboration de la fonte.

I.5.3 - Caractéristiques du laitier :

D'un point de vue chimique (tableau I.4), les laitiers ont une composition relativement constante à laquelle le métallurgiste porte une certaine attention puisque tout écart par rapport à cette composition chimique optimale se traduit par une augmentation des coûts énergétiques assez importants et donc à des coûts de production plus élevés pour la fabrication de la fonte.

Le laitier est fondu à une densité beaucoup plus faible (de l'ordre de 2.8) que celle de la fonte (qui est supérieure à 7.0) de telles sortes que le laitiers fondus flotte au – dessus de la fonte fondue au bas du haut fourneau si bien que l'on peut soutirer ces deux liquides séparément.

Tableau I.4 : Composition chimique type de laitiers de haut fourneau [15].

Oxydes	Laitier français	Laitier nord U .S .A	Laitier algérien
SiO ₂	29 à 36	33 à 42	38 à 42
Al ₂ O ₃	13 à 19	10 à 16	8 à 12
CaO	40 à 43	36 à 45	48 à 52
Fe ₂ O ₃	4%	0,3 à 20	2,0
MgO	6%	3 à 12	4,7
S	1,5%	-	0,15

Le laitier peut être mélangé avec du ciment après avoir été séparé ou après avoir été cobroyé avec le clinker. Le laitier retient moins bien l'eau de gâchage que le ciment Portland et craint donc d'avantage la dessiccation. Par contre il résiste normalement mieux à l'action destructrice des sulfates, à la dissolution de chaux par les eaux pures ainsi que par celles contenant du gaz carbonique.

La réactivité du laitier peut être augmentée de trois façons :

- ✓ Broyage poussé.
- ✓ Chaleur (étuvage, autoclavage).

- ✓ Produits chimiques (la chaux, la soude (Na OH) ou des sels de soude, le sulfate de calcium (gypse).

I.5.4 - Facteur influencent sur l'activité de laitier :

I.5.4.1 - Influence de la vitesse de refroidissement sur l'activité du laitier :

Le refroidissement long du laitier conduit à une baisse de l'activité de celui-ci vu la formation de la phase cristalline, tandis que le refroidissement rapide du laitier fondu donne une structure vitreuse métastable [16]. Seul le laitier suffisamment vitrifié est réactif.

I.5.4.2 - Influence du temps de stockage sur l'activité du laitier :

Si le laitier granulé est abandonné à l'air libre, et s'il subit l'effet des intempéries atmosphériques, il peut se conserver très longtemps sans altération d'où la possibilité de le stocker en tas sans précaution particulière, l'activité du laitier broyé, et le délai de prise du liant confectionné à sa base dépend généralement du temps de stockage [14].

Il a été établi que, après 1 à 2 mois de stockage du laitier finement broyé, il y a une augmentation de délai de prise du liant au laitier, son activité se baisse si la surface spécifique est plus grande. Le stockage de 6 mois de laitier finement broyé n'entraîne pas de modification sur le liant à obtenir [14].

I.5.4.3 - Influence de la finesse de mouture sur l'activité du laitier :

L'activité du liant remonte avec l'augmentation de la surface spécifique du laitier de **2000 cm²/g à 4800 cm²/g**. Il a été établi que le laitier trop broyé, ne se prête pas à un stockage de long durée. Il demande des quantités accrues d'eau lors de la fabrication du liant, d'où l'utilité d'utiliser des laitiers broyés ayant une surface spécifique de **(2200 cm²/g à 3000 cm²/g)** qui est rentable du point de vue économique [14].

I.5.5 - Types de laitier (propriétés et mode de fabrication) :

- **Laitier concasse** : C'est un granulat lourds d'aspect anguleux, rugueux, de structure micro alvéolaire de couleur grise il est inattaquable par l'eau, et sa porosité est inférieure à **10%** il s'obtient après le coulage des laitiers dans les poches de **1 à 2 m³** qu'on divise dans fausses de **200 à 300 m** de longueur, et de **10 à 12 m** de largeur, on laisse refroidir après concassage et criblage, on obtient un granulat normalise et classe [15].

- **Laitier granule** : C'est un sable vérifié, très poreux, jusqu'à **60%**, il a une couleur grise jaunâtre, de granulométrie jusqu'à 2 mm, et de composition chimique. **Silice = 29 à 38 %**, **chaux = 38 à 48 %**, **alumine = 13 à 20 %**, **magnésie = 06 %**. Pour avoir ce type de laitier, la coulée doit être refroidie brusquement dans courant d'air ou d'eau. On obtient un sable sec et finement moulu, qui constitue la base du ciment de laitier. Cette opération a pour but d'empêcher la cristallisation, et de maintenir le laitier à l'état vitreux [17].

- **Laitier expansé** : Il a une structure scoriacée alvéolaire ; de teinte grise, après criblage il se présente en trois classes granulaires de densité variable. Il a une composition chimique proche de. **Silice= 25 à 40%**, **chaux= 38 à 50%**, **alumine=10 à 20%**, **soufre =01%**. Il s'obtient par une puissante injection d'eau, en dessus du laitier en fusion, l'eau vaporise et on obtient des éléments alvéolaires légers [15].

I.6 - Les adjuvants :

L'adjuvant utilisé est un Super-Plastifiant- MEDAFLOW 30 haut réducteur d'eau de la troisième génération. Fourni par GRANITEX de Oued– Semar Alger. Il est conçu à base de poly carboxylates d'Ether qui améliorent Considérablement les propriétés des bétons [18].

Le MEDAFLOW 30 permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.

En plus de sa fonction principale de Super-Plastifiant, il permet de diminuer la teneur en eau du béton d'une façon remarquable.

Selon la norme **NF P18-103-335-336** il doit être utilisé à une dose de **0.5% à 5 %** du poids du liant. Mais les fiches techniques du fabricant de l'adjuvant utilisé sont de **0.5 % à 2%** du poids du liant [19].

I.7 - Les Fibres Végétales

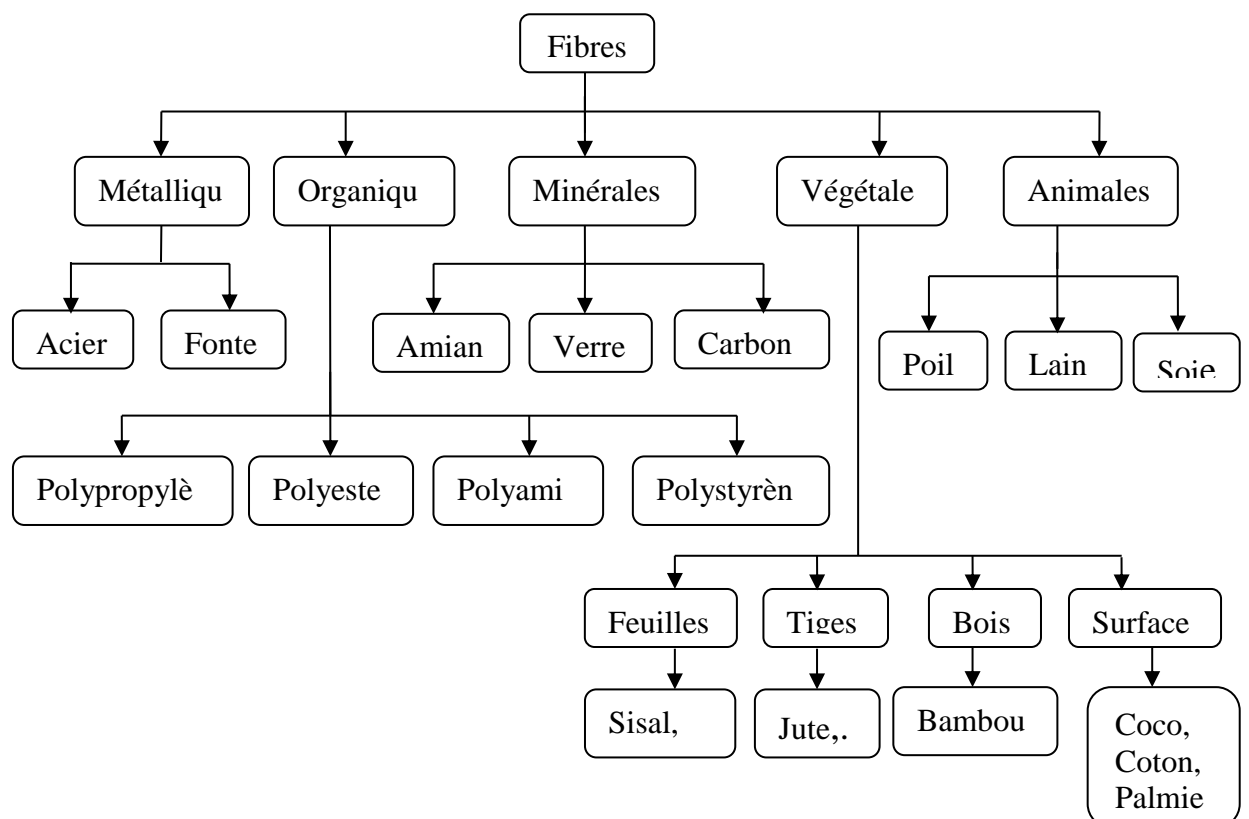
1.7.1 – Introduction :

L'utilisation des fibres naturelles d'origine végétales dans la construction remonte aux années où l'on fabriquait des briques renforcées par la paille ou des roseaux. Dans le temps moderne (depuis l'année 1970), le premier composite liant avec les fibres végétales était le plâtre. De ce fait, plusieurs ouvrages sont réalisés avec le plâtre renforcé de fibres végétales [20].

Actuellement le monde connaît de récents développements dans le domaine de renforcement du ciment et béton avec des fibres végétales. Suite aux problèmes de santé posés par les fibres d'amiante, plusieurs axes de recherches sont orientés vers la substitution de celles-ci par les fibres végétales [21]. isal,... Jute,... bambou,... coco, coton,

1.7.2 - Les différents types de fibres :

Organigramme 1.1 : Les différents types de fibres [21].



I.7.3 - la fibre de jute**I.7.3.1 - Définition :**

Le jute est une plante herbacée de la famille des Malvaceae (Malvacées), cultivée dans les régions tropicales pour ses fibres [22].



Figure I.3 : la plante de jute [22].

A - La Pante :

Le jute forme des arbustes de 2 à 4 m de hauteur, à tige rigide et fibreuse de 2 cm de diamètre environ, ramifiée seulement dans la partie supérieure. Ces espèces croissent sous un climat chaud et humide. Le berceau de leur culture se situe en Inde et dans le Bangladesh actuel, dans les vallées du Gange et du Brahmapoutre.

Ces deux pays rassemblent 80 % des surfaces consacrées à cette culture [22].



Figure I.4 : Défilage manuel de tiges de jute (filasse) [22].

B - La Fibre :

La fibre de jute est longue de 1 à 4 mètres et son diamètre de 17 à 20 microns. La grande proportion de lignine dans les tiges de jute apporte aux fibres une certaine rigidité. Traditionnellement, les tiges de jutes sont trempées dans l'eau stagnante après la récolte pour séparer plus facilement les fibres. C'est l'étape du rouissage permettant l'extraction des fibres [22].



Figure I.5 : Fibres de jute [22].

C – Utilisation :

Son débouché principal est longtemps resté la fabrication de cordes et de sacs d'emballage et de transport. C'est le cas à la Réunion, où l'on appelle ces sacs des gonis. On cherche désormais à diversifier son utilisation dans le tissu d'ameublement et notamment dans le domaine du géotextile : des tissus grossiers destinés à retenir la terre des talus [22].

I.8 - Conclusion :

Pour ce chapitre on a donné une présentation généralité des matériaux utilisés dans notre projet, ainsi concentré dans cette utilisé a la fibre végétale.

II.1 - Introduction :

L'emploi judicieux des matériaux utilisés dans la construction exige la connaissance de leurs diverses propriétés ; physiques, chimiques, minéralogiques et mécaniques, permettant de faire un choix répondant à leur destination.

Dans ce chapitre, nous intéressons à la présentation des caractéristiques de matériaux utilisés durant ce projet de recherche compositions chimique, minéralogiques et propriétés physiques, ainsi que les différents essais expérimentaux réalisés sur liant (la pâte pur), mortier à l'état frais et durci, les essais expérimentaux réalisés au cours de cette étude sont donnés avec leurs normes.

II.2 - Caractéristiques des matériaux utilisés et méthodes d'essais**II.2.1 - Sable d'oued (Djamaa)****II.2.1.1 - Analyse physiques de sable utilisé :**

Le sable a été soumis à plusieurs essais au laboratoire de Génie civil de l'université de M'sila, suivant les normes françaises AFNOR.

A- Masse volumique absolue (norme NF P 18-555) :

C'est la masse de l'unité de volume de la substance, c'est-à-dire le rapport entre sa masse et son volume absolu.

Mode opératoire :

- ✓ On détermine la masse volumique absolue du sable à l'aide du récipient de capacité 1000 ml.
- ✓ On prend 03 échantillons de masse 300g.
- ✓ On place l'échantillon dans le récipient de capacité 1000 ml et on y verse 300 ml d'eau préparé préalablement dans 2^{ème} récipient gradué, puis on malaxe soigneusement le contenu pour chasser l'air qui y existe. Après cette opération, on détermine le volume final occupé par le mélange sable – eau. Soit (V) ce volume.

Sachant que le volume (V_e) d'eau versé est 300 ml, il serait facile de déterminer le volume occupé par le sable seul

Volume de sable : $V_1 = V - 300$ (ml).

La masse volumique absolue du sable est déterminée par la formule : $\rho = \frac{M}{V_1}$

Avec : $M = 300g$, $V = V_1 - V_e$

Résultats obtenus :

Tableau II.1 : Masse volumique absolue du sable d'oued Djamaa.

N° d'essai	M (g)	V_e (cm ³)	V (cm ³)	ρ (g/cm ³)	ρ (g/cm ³)
1	300	300	115	2.61	2.656
2	300	300	110	2.73	
3	300	300	114	2.63	

B - Masse volumique apparente (Norme NF P 18-554) :

❖ **Masse volumique apparente à l'état lâche:**

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

Mode opératoire :

- ✓ On détermine la masse volumique apparente du sable à l'aide d'un entonnoir standardisé de capacité 2 à 2,5 litres.
- ✓ On remplit l'entonnoir avec du sable sec.
- ✓ On pèse le récipient vide M_1 .
- ✓ On place le récipient sous l'entonnoir à une distance de 10 à 15 cm et on le remplit avec du sable.
- ✓ Une fois le récipient est rempli, on nivelle la surface du sable et on pèse le tout. Soit M_2 ce poids.
- ✓ Volume de récipient $V_r = 900$ cm³.

La masse volumique apparente du sable est donnée par la formule suivante :

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

Tableau II.2 : Masse volumique apparente du sable d'oued Djamaa à l'état lâche.

N°d'essai	M_1 (g)	M_2 (g)	ρ (g/cm ³)	ρ_{moy} (g/cm ³)
1	114	1549	1.59	1.59
2	114	1537	1.58	
3	114	1550	1.60	

❖ **Masse volumique apparente à l'état compact :**

C'est la masse du matériau par unité de volume après compactage compris les vides restant entre les grains. Généralement elle est supérieure à la masse volumique à l'état lâche.

Mode opératoire :

Même méthode que celle de l'état lâche, après remplissage du récipient « après tassement » on soumet ce dernier à 30 secousses manuelles. On complète le remplissage du récipient après le tassement du sable, puis on nivelle ce dernier et on le pèse. Soit M_2 le poids de l'ensemble (sable + récipient), la masse volumique à l'état compacte est donnée par la formule suivante :

$$\rho_c = \frac{(M_2 - M_1)}{V_r}$$

Où : M_1 : Masse du récipient à vide.

M_2 : Masse du récipient plus le sable.

V_r : Volume du récipient $V_r = 900\text{cm}^3$.

Tableau II .3 : Masse volumique apparente du sable d'oued Djamaa à l'état compact.

N° d'essai	M_1 (g)	M_2 (g)	ρ_{app} (g/cm ³)	$\rho_{app\text{ moy}}$ (g/cm ³)
1	114	1672	1,73	1,74
2	114	1697	1,76	
3	114	1665	1,72	

C - Porosité (Norme NF P 18-554) :

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

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

On distingue deux cas :

✓ Etat lâche : $p_L = 40,13 \%$

✓ Etat compact : $p_c = 34,48 \%$

D – Compacité (Norme NF P 18-554) :

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

La compacité donnée par la formule : $C = \left[\frac{\rho_{app}}{\rho_{abs}} \right] = 100 - p$

On distingue deux cas :

- ✓ Etat lâche : $C_L = 59,87 \%$
- ✓ Etat compact : $C_C = 65.52 \%$

E - L'indice des vides (Norme NF P 18-554) :

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

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

On distingue deux cas :

- ✓ Etat lâche : $C_L = 0,67 \%$
- ✓ Etat compact : $C_C = 0,52 \%$

Les résultats de la porosité, la compacité et l'indice de vide sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau II.4 : La porosité, la compacité et l'indice de vide Pour le sable d'oued Djamaa.

Porosité (P)		Compacité (C)		Indice de vide (e)	
Lâche	Compact	Lâche	Compact	Lâche	Compact
40,13	34,48	59,87	65,52	0.670	0.526

F - Equivalent de sable (Norme NF P 18-598) :

Il est défini par la norme NFP 18-598 ; cet essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, est effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de **5mm**. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fin, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fin qui floclent.

Mode opératoire :

- ✓ Tamiser une quantité de sable (masse supérieure à 500 g).
- ✓ Prendre une pesée de **120 g**.
- ✓ Remplir l'éprouvette de solution la vente jusqu'au premier repère (**10cm**).

- ✓ A l'aide de l'entonnoir verser la prise d'essai (**120g**) dans l'éprouvette et taper fortement à plusieurs reprises avec la paume de la main afin de chasser toutes les bulles d'air et favoriser le mouillage de l'échantillon.
- ✓ Laisser reposer pendant **10 minutes**.
- ✓ Fermer l'éprouvette à l'aide du bouchon en caoutchouc et lui imprimer **90 cycles** de **20cm** de cours horizontale en **30 secondes** à la main à l'aide d'un agitateur mécanique.



Figure II.1 : Agitateur mécanique.

- ✓ Retirer ensuite le bouchon, le rincer avec la solution la vente au-dessus de l'éprouvette, rincé ensuite les parois de celle-ci.
- ✓ Faire descendre le tube laveur dans l'éprouvette, le rouler entre le pouce et l'index en faisant tourner lentement le tube et l'éprouvette et en imprimant en même temps au tube un léger piquage. Cette opération a pour but de laver le sable et de faire monter les éléments fins et argileux. Effectuer cette opération jusqu'à ce que la solution la vente atteigne le 2èmerepère. Laisser ensuite reposer pendant 20 minutes. on mesure les éléments suivants :

Hauteur **h1** : sable propre + éléments fins,

Hauteur **h2** : sable propre seulement.

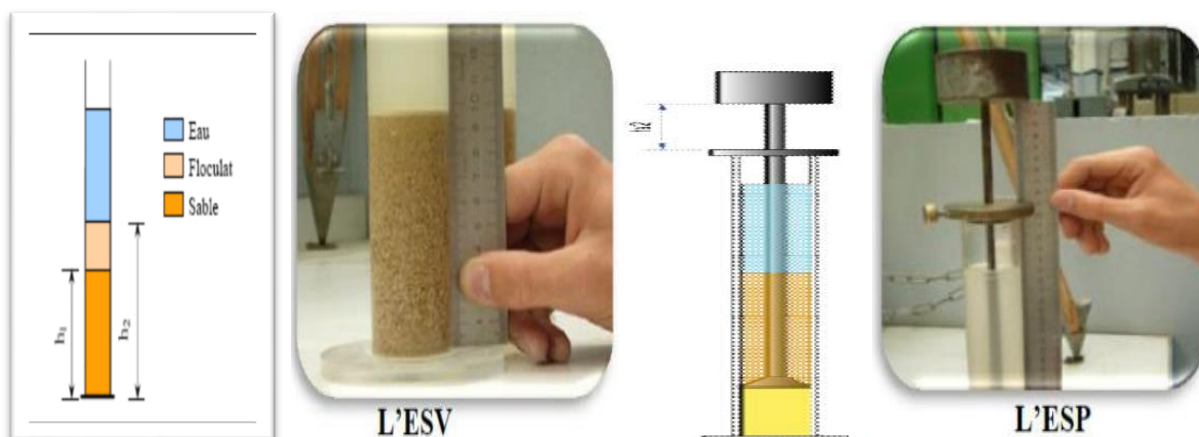


Figure II.2 : Mesure de L'équivalent de sable.

✓ On en déduit l'équivalent de sable qui, par convention, est :

$$ES = \frac{h_2}{h_1} \times 100 \dots\dots\dots$$

Selon que la hauteur h2 est mesurée visuellement ou à l'aide d'un piston, on détermine **ESV** (équivalent de sable visuel) ou **ESP** (équivalent de sable au piston).

Tableau II.5 : Les valeurs d'équivalent de sable indiquent la nature et qualité du sable.

Appareillage pour l'essai d'équivalent de sable.

ESV	ESP	Nature et qualité du sable
ES < 65%	ES < 65%	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement. Sable à rejeter pour des bétons de qualité ou vérification plus précise de la nature des fines par un essai au bleu de Méthylène.
65% ≤ ES < 75%	60% ≤ ES < 70%	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante quand le retrait n'a pas de conséquence notable sur la qualité du béton.
75% ≤ ES < 85%	70% ≤ ES < 80%	Sable propre à faible proportion de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.
ES ≥ 85%	70% ≤ ES < 80%	Sable très propre. L'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra compenser par une augmentation du dosage en eau.

Ensuite on mesure la hauteur dans l'éprouvette normalisée du sédiment (H1) et du sédiment + le flocculat (H2)

ES à vue = 82,47%, ES à piston = 78,34%.

Pour le sable d'oued Djamaa :

C'est un Sable propre à faible proportion de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.

G - Degré d'absorption d'eau (NF P 18-555) :

Elle est le pouvoir d'un matériau d'absorber et de retenir l'eau, elle est définie en pourcentage d'après la formule suivante.

$$A = \left(\frac{M2-M1}{M1} \right) \times 100 (\%)$$

Où :

- ✓ M1: La masse du matériau sec en (g).
- ✓ M2 : La masse du matériau saturé d'eau superficiellement sec en (g).

Tableau II.6 : Degré d'absorption du sable d'oued Djamaa.

N° d'essai	M1(g)	M2(g)	A(%)	A _{moy} (%)
1	300	307,98	2,66	2,83
2	300	308,66	2,88	
3	300	308,86	2,95	

H - Teneur en eau (NF P 18-555) :

Le sable à la capacité de retenir une quantité d'eau très grande (elle peut atteindre 20 à 25 % de son poids), si son humidité est comprise entre la limite de 0 à 3%, on l'appelle sec.

Mode opératoire :

- ✓ Peser un échantillon de sable humide, soit M_h son poids (**300 g**).
- ✓ Laisser l'échantillon dans une étuve à une température dans l'intervalle de **105°C à 110 °C** pendant **24** heures.
- ✓ Peser l'échantillon de nouveau, soit M_s son poids.

La teneur en eau du sable est :

$$W = \left(\frac{M_h - M_s}{M_h} \right) \times 100 [\%].$$

Où :

- M_h : Poids du sable humide en (g).
- M_s : Poids du sable sec en (g).

Tableau II.7 : Teneur en eau du sable de d'oued Djamaa.

<i>N° d'essai</i>	M_h (g)	M_s (g)	W (%)	W_{moy} (%)
1	300	298,78	0.41	0.38
2	300	298,96	0.35	
3	300	298,86	0.38	

H - Analyse granulométrique (Norme NF P 18-560) :

L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des éléments d'un matériau, elle comprend deux opérations :

1. Tamisage.
2. Sédimentation.

La granularité est exprimée par une courbe granulométrique qui donne la répartition de la dimension moyenne des grains, exprimée sous forme de pourcentage du poids total du matériau, elle est tracée en diagramme semi-logarithmique avec :

- ✓ En abscisse, le logarithme de la dimension des ouvertures des tamis en valeurs croissante.
- ✓ En ordonnée, le pourcentage, en poids du matériau total de la fraction du sable dont les grains ont un diamètre moyen inférieur à celui de l'abscisse correspondante (passant) on constate que la courbe granulométrique est un élément fondamental de classification du matériau. Les résultats de cette étude permettent de prévoir certaines propriétés du matériau comme la perméabilité, l'aptitude au compactage et l'utilisation comme filtre.

Mode opératoire :

- ✓ Prélever (1,5 kg) de matériau (sable sec).
- ✓ Peser chaque tamis à vide à 1 g près, soit la masse du tamis.
- ✓ Constituer une colonne de tamis propres et secs dont l'ouverture des mailles est respectivement de haut en bas : 5-2,5-1,25-0,63-0,315-0,125 et éventuellement 0,08mm.

La colonne est coiffée par un fond pour recueillir les éléments passant au dernier tamis et un couvercle pour éviter la dispersion des poussières. On commence par peser les tamis ainsi que le fond.

- ✓ Verser le matériau (sable sec) sur la colonne et la fixer soigneusement sur la machine d'agitation mécanique, agité pendant 5 minutes. Arrêter l'agitateur, puis séparer avec soin les différents tamis.
- ✓ Peser chaque tamis séparément à 1 g près. Soit M_i la masse du tamis (I) + le sable. La différence entre M_i et m_i (tamis de plus grandes mailles) correspond au refus partiel R_1 du tamis i .
- ✓ Reprendre l'opération pour le tamis immédiatement inférieur.
- ✓ Ajouter le refus obtenu sur le sixième tamis à R_1 , soit R_2 la masse du refus cumuler du tamis 2 ($R_2 = R_1 + \text{Refus partiel sur tamis}$).
- ✓ Poursuivre l'opération avec le reste des tamis pour obtenir les masses des différents refus cumulés R_3, R_4, \dots

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

Où :

- ✓ **T**: Tamisât en %, **R_c** : Refus cumulés en % Tamis (mm) refus part.

Tableau II.8 : Analyse granulométrique du sable d’oued Djamaa.

Tamis (mm)	Refus partiel (g)	Refus cumulés		Tamisât (%)
		(g)	(%)	
5	0	0	0	100
2,5	21	21	1,05	98,95
1,25	115	136	6,8	93,2
0,36	443	579	28,96	71,04
0,315	876	1455	72,78	27,22
0,16	485	1940	97,04	2,96
0,08	54	1994	99,75	0,25
Fond	5	1999	100	0

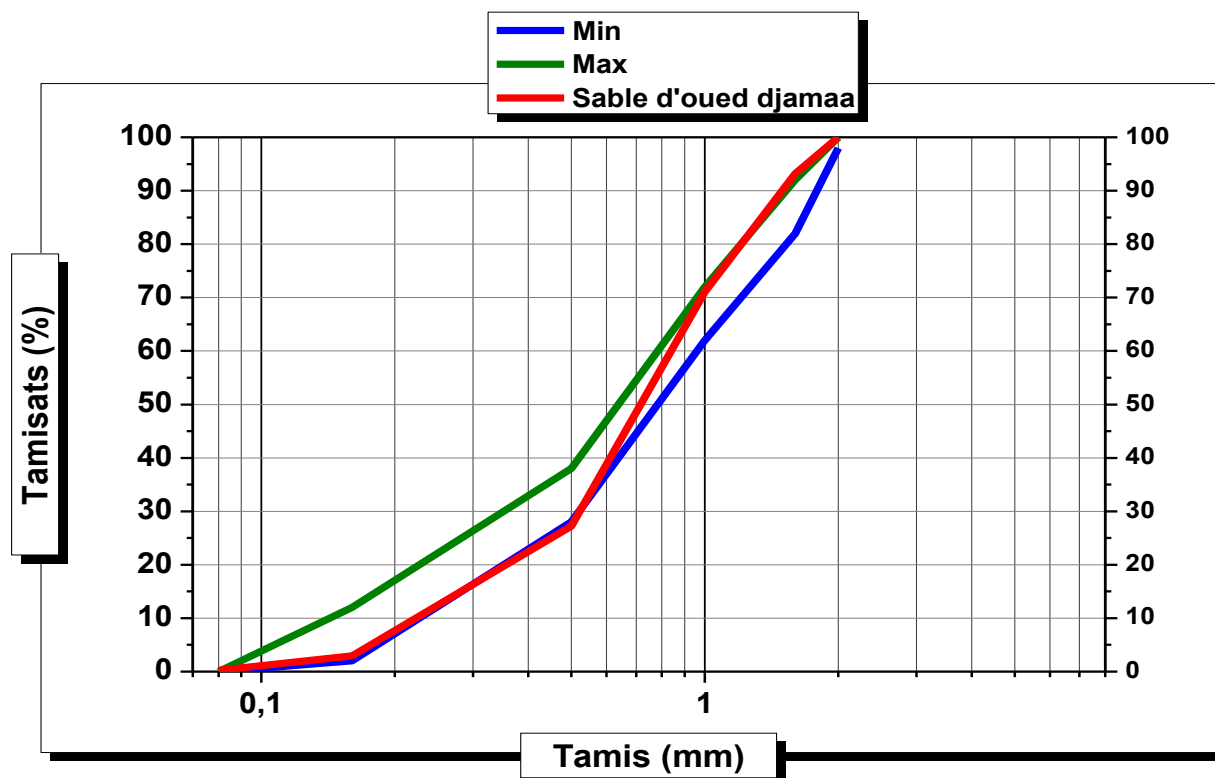


Figure II.3 : Courbe granulométrique de sable d'oued Djamaa.

II.2.1.2 - Caractéristiques chimique de sable utilisé :

La composition chimique du sable de dune est déterminée sur des grains inférieurs à 80µm ou laboratoire de Lafarge (Cimenterie M'sila).

Les résultats de l'analyse chimique obtenue par la méthode d'essai "Fluorescence aux rayons X" sont donnés par le (Tableau II.9).

Tableau II.9 : Principaux constituants chimique du sable d'oued Djamaa (Lafarge holcim M'sila) :

Constituants	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Mgo	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃
(%)	98,26	1,16	0,29	1,04	0,10	0,33	0,04	0,57

II.2.1.3 - Caractéristiques minéralogique de sable utilisé :

La composition minéralogique est indiquée dans le (Tableau II.10).Elle a été déterminée par l'essai de DRX au laboratoire de la cimenterie de (Lafarge holcim M'sila).

Tableau II.10 : Principaux constituants minéralogique du sable d'oued Djamaa (Lafarge holcim M'sila) :

Élément	Merwinite	Rulite	Priclase	Quartz	Calcite	mulite	BFS_amorphous
(%)	0,00	0,39	0,26	94.21	2,84	1,73	2.95

II.2.2 - Ciment blanc

II .2.2.1 - Analyse physiques du ciment :

❖ Essais sur ciment anhydre :

A- Masse volumique absolue :

La technique expérimentale utilisée est celle de l'appareil appelé "le Densimètre de Le Chate lier". Les résultats sont présentés dans le (Tableau II-11).

Conduite de l'essai :

- ✓ Peser 64 g de ciment.
- ✓ Introduire le benzène ou kérosène (liquide non réactif avec le ciment) jusqu'à la graduation inférieure trait marqué 0 soit V0.
- ✓ Placer le densimètre dans un bain thermostatique à température constante ($20 \pm 2^\circ\text{C}$).
- ✓ Attendre 20 minutes et corrigé le niveau si nécessaire après stabilisation de la température.
- ✓ Introduire la poudre de ciment dans le densimètre.
- ✓ Agité doucement en faisant tourner le densimètre pour chasser l'air entraîné par la poudre Remettre le densimètre dans le bain thermostatique.
- ✓ Après stabilisation du niveau lire le volume après introduction du ciment dans le densimètre soit V₁.
- ✓ Calcul de la masse volumique absolue par la : $\gamma_c = \frac{M}{V_1 - V_2}$

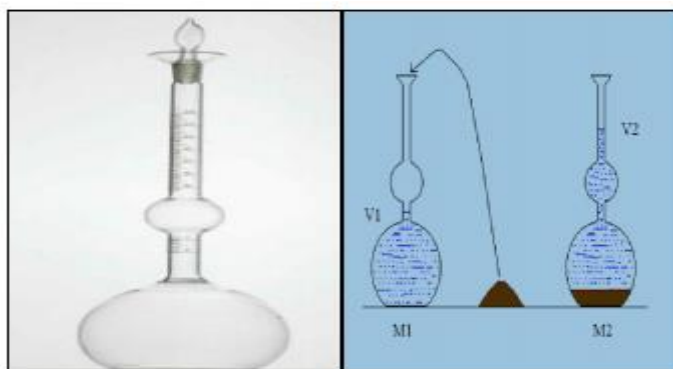


Figure II.4 : Le Chate lier Flaks.

Tableau II.11 : Masse volumique absolue des ciments

Types de Ciment	CPJ 1	CPJ 2	CPJ 3	CPJ 4
Laitier (%)	0%	5%	10%	15%

Masse volumique (g/cm ³)	3,15	3,13	3,11	3,1
---	------	------	------	-----

B- Mesure de la finesse du ciment (Norme NF P 15-442 -EN-196-6) :

Principe de l'essai :

Elle consiste à mesurer le temps mis par une quantité fixée d'air pour traverser un lit de ciment compacté à une dimension et une porosité spécifiées (Figure II-5).

La surface massique est proportionnelle au temps mis pour traverser la couche de ciment.

Conduite de l'essai :

- ✓ Peser une quantité de ciment pour obtenir un lit de ciment de porosité $e = 0.500$.
- ✓ Mettre la poudre de ciment dans la cellule puis compacter à l'aide du piston.
- ✓ Placer la surface conique de la cellule dans le rodage conique au sommet du manomètre.
- ✓ Obturer le dessus du cylindre avec bouchon adéquat. Ouvrir le robinet d'arrêt en amenant le niveau du liquide à la première ligne.
- ✓ Fermer le robinet d'arrêt et enlever le bouchon du cylindre.
- ✓ Démarrer le chronomètre dès que le liquide atteint la deuxième ligne.
- ✓ Arrêter le chronomètre dès que le liquide atteint le troisième repère.
- ✓ Relever le temps à 0.2s près et la température à 1°C près.
- ✓ Calculer la surface spécifique du ciment par la formule.

$$SSB = \frac{K}{\rho} \frac{\sqrt{e^3}}{(1-e)} \frac{\sqrt{t}}{\sqrt{(0,1n)}} \text{ (cm}^2\text{/g)}$$

Avec :

k : constante de l'appareil ($K = 2.106$) .

ρ : Masse volumique du ciment en g/cm³ .

η : Viscosité de l'air à la température de l'essai en poise .

t : Temps de passage de l'air dans la couche de la poudre de ciment en seconde.

m : est la masse à introduire dans la cellule de l'appareil Blaine.

$$m = \rho c \cdot v \cdot e$$

$v = 1.848$ volume de la cellule.

$e =$ porosité du ciment dans la cellule.

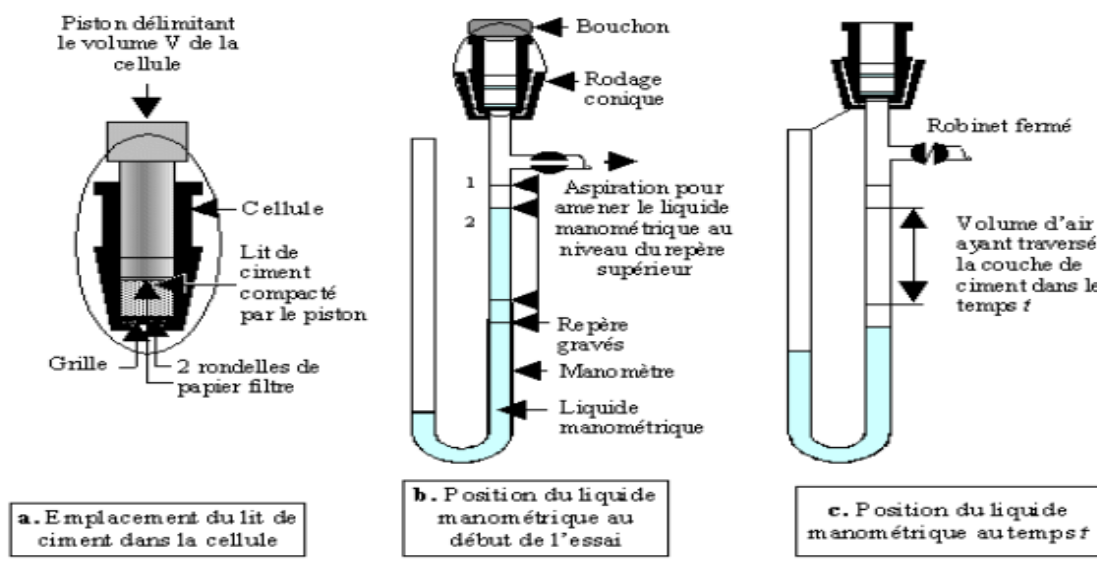


Figure II.5 : Perméabilimètre de Blaine.

Tableau II.12 : Propriétés physiques des ciments préparés (SSB).

Types de ciment	CPJ 1	CPJ 2	CPJ 3	CPJ
Laitier (%)	0%	5%	10%	15%
SSB (cm ² /g)	4450	4400	4380	4350

❖ Essais sur ciment hydraté (pâtes de ciment) :

A- Essai de Consistance (Norme EN 196-3 2005) :

L'essai consiste à déterminer la quantité d'eau de gâchage optimale qui définit une consistance dite normalisée elle est fonction du rapport E/C.

L'essai a été réalisé avec l'appareil de Vicat selon la norme EN 196-3 (Figures II.6).

Objectif de l'essai :

La consistance de la pâte de ciment est une caractéristique qui évolue au cours du temps. Pour pouvoir apprécier cette évolution qui est fonction de la teneur en ajout (calcaire) dans le ciment et la quantité d'eau de gâchage ; il faut partir d'une consistance qui soit la même pour toutes les pâtes étudiées.

Principe de l'essai :

La consistance est évaluée en mesurant l'enfoncement d'une aiguille cylindrique de ($\varnothing = 10$ mm) sous l'effet d'une charge constante (300g). L'enfoncement est d'autant plus rapide et important que la consistance est plus fluide. (Figure II.6).

Conduite de l'essai :

- ✓ Verser la quantité d'eau dans la cuve du malaxeur. La température dans la salle doit être de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ et une humidité relative supérieure ou égale à 50%.
- ✓ Verser 500 g de ciment au centre de la cuvette un temps compris entre 5 et 10 secondes. La fin du versement correspond au temps 0.
- ✓ Mettre immédiatement le malaxeur en marche à vitesse lente pendant 90 s.
- ✓ Arrêt du malaxage pendant 30 s, faire le raclage de la pâte.
- ✓ Remettre le malaxeur en marche pendant 90s à vitesse lente.
- ✓ Introduire la pâte immédiatement dans le moule tronconique de hauteur 40mm et de diamètre 70 et 80 mm posé sur une plaque en verre huilée sans tassement ni vibration excessive.
- ✓ Enlever l'excès de la pâte par un mouvement de va et vient avec une truelle maintenue perpendiculairement à la surface du moule.
- ✓ Placer l'ensemble sur la platine de l'appareil de Vicat.
- ✓ La sonde de diamètre $\varnothing = 10$ mm est amené à la surface de la pâte et lâchée sans vitesse initiale. La sonde s'enfonce dans la pâte. Quand elle s'immobilise ; ou au plus tard 30s après l'avoir relâchée.
- ✓ Mesurer la distance d entre l'extrémité de la sonde et le fond du moule, cette distance d caractérise la consistance. Si $d = 6\text{mm} \pm 2$; c'est la consistance normalisée Si d est différente de cette valeur, on refait l'essai avec un nouveau rapport E/C jusqu'à l'obtention de la valeur recherchée.

Tableau II.13 : Propriétés physiques des ciments préparés (consistance normale).

Types de ciment	CPJ 1	CPJ 2	CPJ 3	CPJ 4
Laitier (%)	0%	5%	10%	15%
Consistance normale E/C %	30	29.2	28.4	28

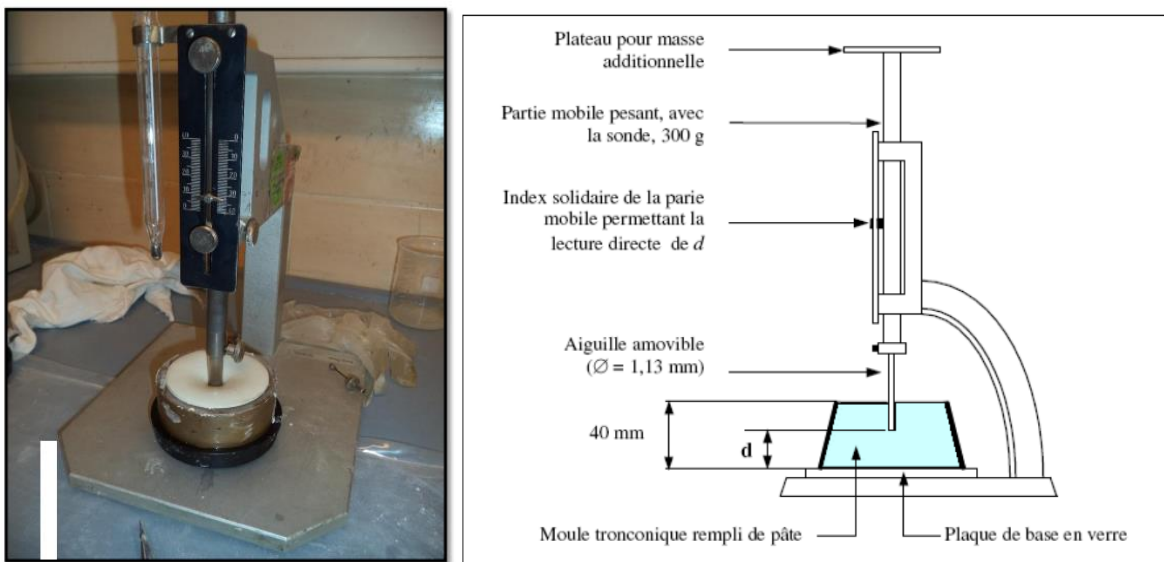


Figure II.6 : Appareil de Vicat manuel.

B -Essai de Prise :

Objectif de l'essai :

Il consiste à déterminer le début et la fin de prise des pâtes pures des ciments étudiées conformément à la norme EN 196-3.

Principe de l'essai :

L'essai consiste à suivre l'évolution de la viscosité de la pâte en utilisant l'appareil de Vicat manuel ou automatique. (Figure II.7).



Figure II.7 : Appareil de Pr isomètre Vicat automatique.

Le Vicat manuel équipée d'une aiguille de 1.13mm de diamètre ; sous l'effet d'une charge de 300g l'aiguille s'enfonce à une distance d du fond du moule.

Si $d = 6\text{mm} \pm 3$ On dit que c'est le début de prise, le temps est mesuré à partir du temps 0 du début de malaxage.

Si l'enfoncement de l'aiguille dans la pâte vaut $d=0.5\text{mm}$. On dit que c'est la fin de prise, alors la pâte devient un bloc rigide.

Equipement utilisé :

Une armoire climatique maintenue à $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative supérieure à 90% et l'appareil de Vicat équipé d'une aiguille de 1.13mm.

Conduite de l'essai (Norme EN 196-3) :

Le temps zéro est celui où le ciment a fini d'être ajouté à l'eau dans la cuve du malaxeur

L'aiguille est amenée à la surface de l'échantillon et relâchée sans vitesse initiale.

Lorsqu'elle s'immobilise (ou après 30s d'attente).

On relève la distance d séparant l'extrémité de l'aiguille à la plaque de base.

On recommence l'opération à intervalle de temps convenablement espacés jusqu'à ce que $d = (6 \pm 3)$ mm cet instant mesuré à 5 mn près correspond au temps de début de prise.

On continue l'opération en faisant tourner le moule sur l'autre face le temps de fin de prise correspond à l'enfoncement de l'aiguille dans la pâte que de 0.5mm pour la première fois.

➤ Appris essais en obtenus des résultats suivant :

Tableau II.14 : Propriétés physiques des ciments préparés (début et fin de prise).

Types de ciment	CPJ 1	CPJ 2	CPJ 3	CPJ 4
Début de prise (min)	171	178	185	198
Fin de prise (min)	265	270	285	295

C - Essai de stabilité :

Objectif de l'essai :

La stabilité du ciment est exprimée par son aptitude à développer une expansion en volume lors de sa mise en œuvre, L'expansion provient essentiellement et est reliée à la présence de chaux libre (FcaO) dans le ciment ou de péri clase (MgO) cristallisée.

Principe de l'essai :

L'essai consiste à faire accélérer la réaction d'hydratation par un traitement thermique de la pâte pour pouvoir observer une expansion éventuelle des CPJ testé.

Equipement nécessaire :

Une armoire humide maintenue à une température de $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ et au moins 90% d'humidité relative.

Une bouilloire dans la quelle les éprouvettes sont immergées et la température de l'eau est portée de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ jusqu'à ébullition en $3\text{h} \pm 5\text{mn}$ Deux moules en laiton élastique appelés "appareil le Chate lier".

Ces moules sont fondus de façon à pouvoir s'ouvrir en cas d'augmentation de volume de la pâte.

Conduite de l'essai :

La pâte de consistance normalisée (voir paragraphe 2-5-2-1) est introduite dans les deux moules en laiton.

Conservation des moules pendant 24h dans l'armoire humide.

Au bout de ce temps on mesure à 0.5mm près l'écartement A des pointes des aiguilles, Le moule est entreposé dans la bouilloire pendant $3\text{h} \pm 5\text{mn}$ à une température d'ébullition. Soit B l'écartement au bout de ce temps des pointes des aiguilles et soit C l'écartement après refroidissement à 20°C La stabilité est caractérisé par la valeur C et A

$$\text{Stabilité} = C - A$$

$$\text{Expansion} = B - A$$

Tableau II.15 : Propriétés physiques des ciments préparés (Expansion).

Types de ciment	CPJ 1	CPJ 2	CPJ 3	CPJ 4
SSB (cm²/g)	4450	4455	4500	4540
Expansion (mm)	1.5	1.5	1.5	1.5

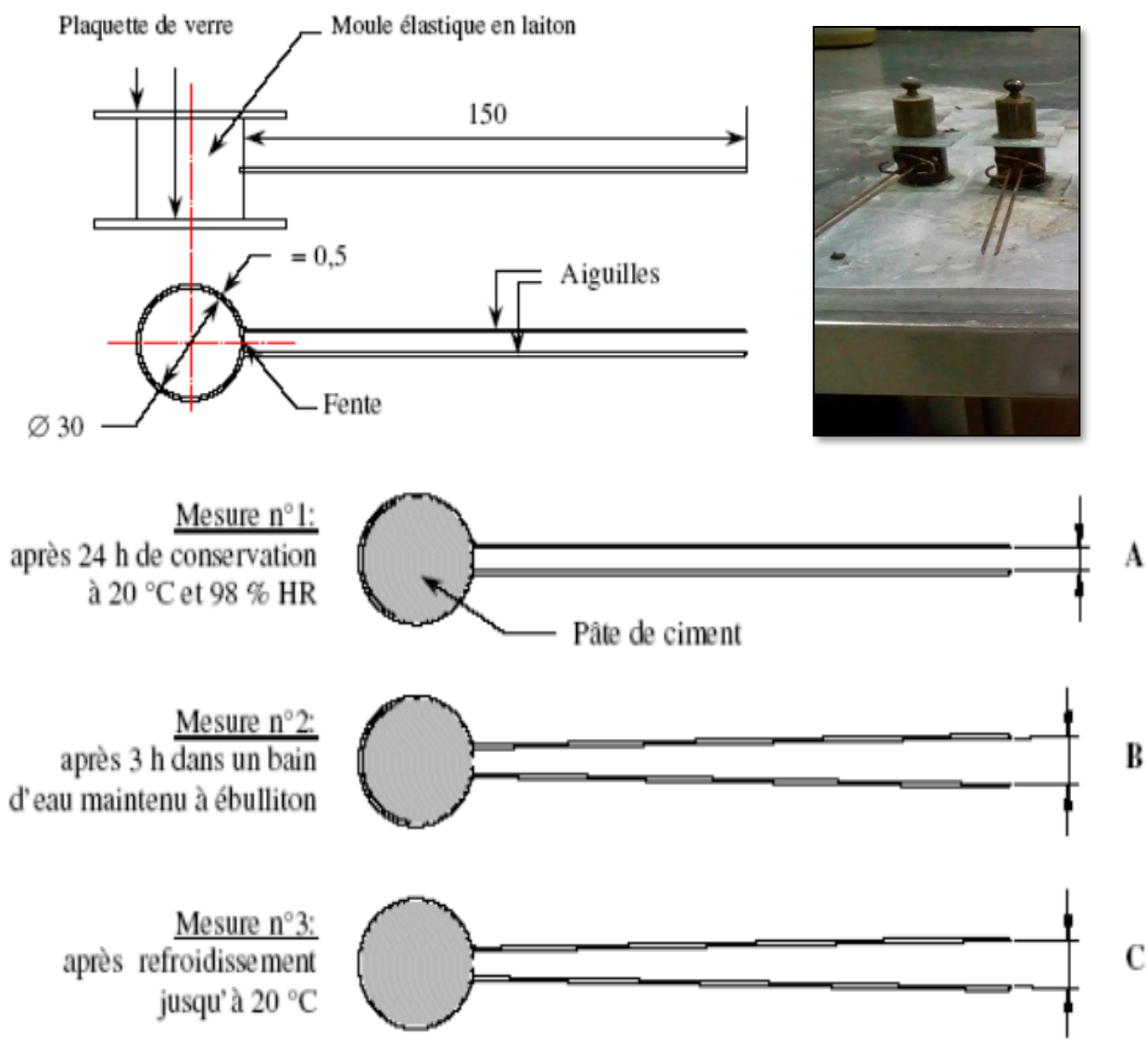


Figure II.8 : les Aiguillé de chate lier.



Figure II.9 : La bouilloire de Chate lier.

II.2.2.2 - Analyse chimique du ciment :

Les compositions chimiques du clinker utilisé sont présentées dans le (Tableaux II.16).

L’analyse chimique a été effectuée au laboratoire de la cimenterie (Lafarge holcim M’sila).

Tableau II.16 : Principaux constituants chimique du clinker (Lafargeholcim M’sila)

Elément	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	CaO	MgO	K₂O	Na₂O	SO₃
(%)	21,42	3,39	0,22	65,33	1,47	0,47	0,25	2,38

II.2.2.3 - Analyse minéralogique du ciment :

Les compositions minéralogiques du clinker utilisé sont présentées dans le (Tableaux III-17).

L’analyse minéralogique a été effectuée au laboratoire de la cimenterie (Lafarge holcim M’sila).

Tableau II.17 : Principaux constituants minéralogique du clinker (Lafargeholcim M’sila).

Elément	Alite	Bélite	Alum	Ferrite	Lime	Portlandite	FCaO	Periclase	Quartz	Arcanite	Aphthitalite
clinker	59,59	22,15	2,97	0,01	0,34	0,22	1	0,24	0,01	0,62	0,31

II.2.3 - Essais sur mortier :

Le mortier de fibres végétales est un matériau composite qui se compose de deux matériaux non homogènes à savoir le mortier et les fibres végétales. Les qualités fondamentales du mortier de fibres sont largement marquées par divers facteurs tel que :

La composition du mortier classique, le dosage et les dimensions des fibres, le malaxage, la maniabilité, la mise en place, la vibration, les dimensions de l’échantillon ainsi que le mode et la vitesse de chargement.

III.2.3.1 - Préparation des Fibres :

Les fibres de jute sont séparées en fibres individuelles dans l’eau, pour faciliter le mélange. Les fibres individuelles sont bien lavées à l’eau mélangée avec quelques gouttes de l’eau de javel pour enlever les impuretés et la couche de lignine qui entourent les fibres et qui gêne l’adhérence. Ensuite, elles sont coupées à des longueurs voulues.

III.2.3.2 - Composition du Mortier Classique :

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

- ✓ Sable normalisé : 1350 ± 5 g.

- ✓ Ciment : 450 ± 2 g.
- ✓ Eau de gâchage : 225 ± 1 g (le rapport eau/ciment est de 0,5)

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 et l'obtention d'une meilleure ouvrabilité.

III.2.3.3 : Malaxage du Mortier de Fibres.

Le malaxage et la confection du mortier de fibre sont effectués selon une méthode inspiré de la norme EN-196-1 en suivant les démarches développées par KRIKER [23], qui consiste à imbiber les fibres dans 10% d'eau de gâchage pendant 5 mn ensuite malaxer les agrégats (sable) avec 30 % d'eau de gâchage durant 30 s, par la suite introduire progressivement les fibres humides avec 30 % de l'eau de gâchage et malaxer durant 3 mn afin d'éviter d'une part, l'absorption brusque d'un être grande quantité d'eau de gâchage ce qui générerait l'opération de malaxage et d'autre part de faciliter la séparation des fibres, dans le but d'éviter leur regroupement.

Enfin ajouter le ciment et le reste de l'eau en continuant le malaxage durant 2 mn et 30s.

L'adjuvant est mélangé au préalable dans la totalité de l'eau de gâchage.



Figure II.10 : Préparation de mortier avec de fibre.

La procédure opératoire est la suivante :

- ✓ Verser l'eau dans le récipient et introduire le ciment soigneusement.
- ✓ Mettre le malaxeur en marche à petite vitesse.
- ✓ Après 30 secondes, introduire le sable régulièrement pendant les 30 secondes qui suivent et continuer à malaxer pendant 30 secondes.
- ✓ Arrêter le malaxeur pendant une minute et 30 secondes. Enlever à l'aide d'une raclette en caoutchouc tout le mortier adhérent à la paroi et au fond vers le milieu de celui-ci.

- ✓ Reprendre ensuite le malaxage à grande vitesse pendant une minute.

La préparation des éprouvettes doit suivre le mode opératoire suivant :

- ✓ Le moule et sa hausse fermement fixés à la table de choc (figure II.11)
- ✓ Remplir avec précaution à l'aide d'une cuillère convenable, le moule à moitié et dans chaque compartiment de celui-ci.
- ✓ Etaler la couche uniformément en utilisant une spatule adéquate ; la tenir verticalement et avec des mouvements de vas et viens.

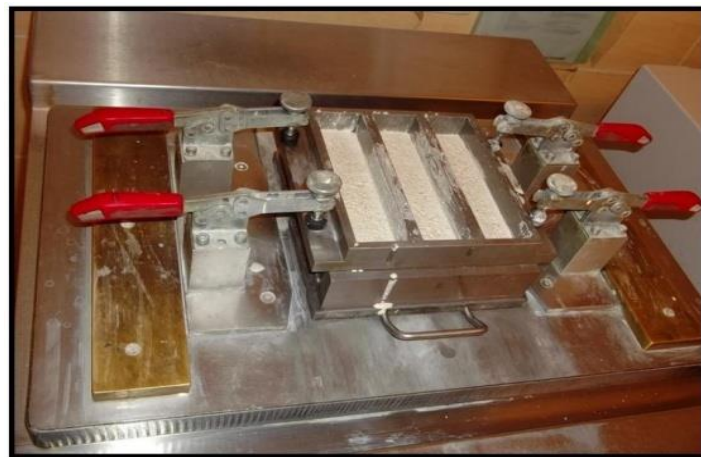


Figure II.11 : Appareil de choc.

- ✓ Démarrer ensuite l'appareil de choc pour 60 coups.
- ✓ Introduire la seconde couche, niveler avec la spatule et démarrer l'appareil pour 60 autres coups.
- ✓ Retirer avec précaution le moule de la table, puis enlever immédiatement l'excès de mortier avec une règle métallique plate.
- ✓ Lisser la surface des éprouvettes en tenant la règle presque à plat (figure II.12).



Figure II.12 : Enlèvement de l'excès de mortier.

- ✓ Etiqueter les moules pour identification.
- ✓ Placer sans tarder, les moules dans une armoire humide, pendant 24 h.



Figure II.13 : Armoire humide.

- ✓ Après 24 heures de cure, faire sortir les moules et procéder au démoulage des éprouvettes.

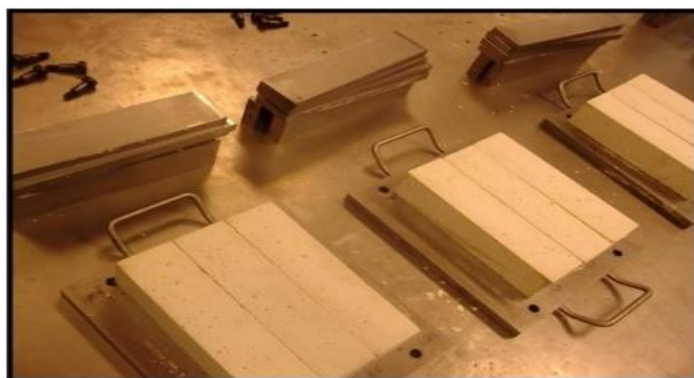


Figure II.14 : Démoulage des éprouvettes.

- ✓ Immerger sans tarder, les éprouvettes dans un bain d'eau de température $20 \pm 1^\circ\text{C}$.



Figure II.15 : Conservation des éprouvettes dans l'eau.

- ✓ Au jour prévu, les 3 éprouvettes sont rompues en flexion et en compression. Les normes ENV 197-1 et NFP 15-301 définissent les classes de résistance des ciments d'après leur résistance à 2 (ou 7 jours) et 28 jours. Ces âges sont donc impératifs pour vérifier la conformité d'un ciment.

**Figure II.16 : Appareil de compression et de flexion.**

Les résultats obtenus pour chacun des 6 demi-prismes sont arrondis à 0,1 MPa près et on en fait la moyenne. Si l'un des 6 résultats diffère de $\pm 10\%$ de cette moyenne, il est écarté et la moyenne est alors calculée à partir des 5 résultats restants. Si à nouveau un des 5 résultats s'écarte de $\pm 10\%$ de cette nouvelle moyenne, la série des 6 mesures est écartée. Auquel cas il convient de chercher les raisons de cette dispersion : malaxage, mis en place, conversation ?

Lorsque le résultat est satisfaisant, la moyenne ainsi obtenue est la résistance du ciment à l'âge considéré.

II.2.4 – Essais sur Le Laitier :

Le Laitier utilisé dans notre étude expérimentale comme ajout est laitier séché importé. le ciment a été substitué partiellement à différents pourcentages (0%, 5%, 10%, 15%) par rapport au poids massique de clinker par un ajout laitier,

II.2.4.1 - Analyse chimique du laitier :

La composition chimique est indiquée dans le (Tableau II.18). Elle a été déterminée par l'essai de Spectrométrie à Fluorescence aux rayons X au laboratoire de la cimenterie de (Lafarge holcim M'sila). L'analyse s'effectue sur un échantillon finement broyé, afin de déterminer sa composition chimique.

Tableau II.18 : Principaux constituant chimique du laitier (Lafargeholcim M'sila)

Elément	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃
(%)	35,33	10,78	0,37	42,07	7,10	0,26	0,46	0,55

II.2.4.2 Analyse minéralogique du laitier :

La composition minéralogique est indiquée dans le (Tableau II.19). Elle a été déterminée par l'essai de DRX au laboratoire de la cimenterie de (Lafarge holcim M'sila).

L'analyse s'effectue sur un échantillon finement broyé, afin de déterminer sa composition minéralogique.

- Phase vitreuse (teneur en verre) $\geq 2 / 3$ de la masse totale (Calculé par DRX)
- (CaO + MgO + SiO₂) $\geq 2 / 3$ de la masse des constituants
- (CaO + MgO) / SiO₂ ≥ 1 (l'indice de basicité).

Tableau II.19 : Principaux constituants minéralogique du laitier (Lafargeholcim M'sila).

Elément	Merwinite	Melilite	Bredigite	Quartz	Calcite	BFS_amorphous
(%)	0,00	0,18	0,07	0,17	1,36	98,23

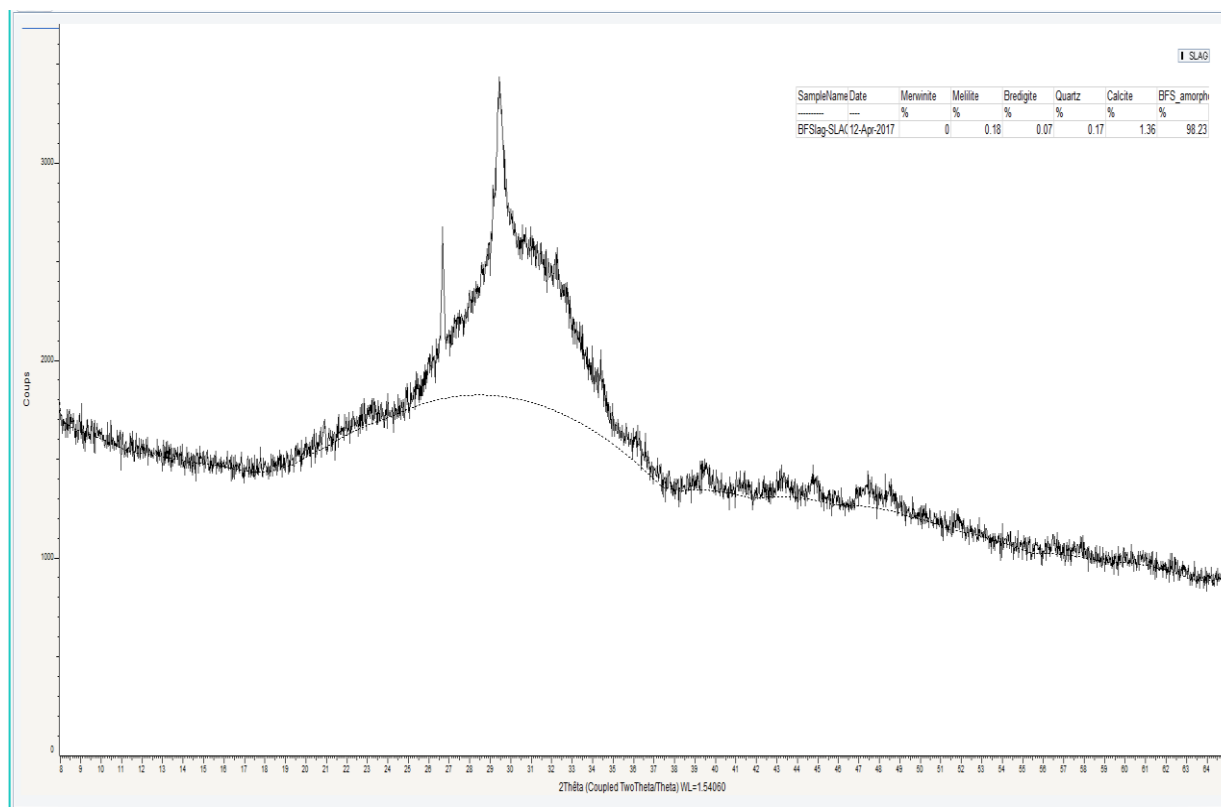


Figure II.17 : Composition minéralogique de laitier (Lafarge holcim M'sila).

II.2.5 – Essais sur Le Fibre de jute (filasse)

II.2.5.1 - Analyses physiques du fibre de jute (filasse) :

Tableau II.20 : Caractéristiques physiques de la fibre de jute a l’état naturel [24].

Masse volumique (g/cm³)	1,3 - 1 ,49
Longueur (mm)	1,5 – 120
Diamètre (µm)	20 – 200
Résistancea la traction (MPa)	320 – 800
Module de Traction (GPa)	8 -78
Module spécifique (N.m/kg)	30
Elongation (%)	1- 1,5
Angla Micro-fibrilaire (degrés)	8

II.2.5.2 - Analyses chimiques de la fibre de jute (filasse) :

Tableau II.21:Composition chimiques de la fibre de jute a l’état naturel [24], pourcentage en poids.

Cellulose	59 - 71,5
Hémicellulose	13,6 - 20,4
Lignine	11,8 – 13
Pectine	0,2 - 0,4
Cires	0,5
Eau	12,5 - 13,7

II.2.6 - Essais sur Les adjuvants

II.2.6.1- Les caractéristiques physiques et chimiques de super plastifiants :

Tableau II.22 : Les caractéristiques du super-plastifiant utilisé.

MEDAFLOW 30 (Liquide)	
Couleur	Brun clair
PH	6 - 6.5
Densité	1,07 + 0,01
Teneur en chlore (g/L)	< 0,1
Extrait sec (%)	30
Dosage recommandé du poids de ciment (%)	0,5 à 2,0
Effet	Ne présente pas d’effet Retardateur

II.2.7 - L'eau de gâchage :

L'eau utilisée pour la confection des mortiers est une eau distillée préparé au laboratoire de la cimenterie (Lafarge holcim M'sila).



Figure II.18 : Distillateur (Lafargeholcim laboratoire).

II.3 - Conclusion :

Dans ces chapitres ont utilisé essais physique et chimique et minéralogique dans un différend laboratoire, et nous devons donner une idée générale des principales caractéristiques des matrice cimentaire utilisés dans la formulation des mortiers qui ont été étudiés de performances mécaniques.

La connaissance de ces caractéristiques nous aider beaucoup dans le commentaire sur les résultats des tests expérimentaux.

III.1 - Introduction :

Dans ce on présente les différents résultats expérimentaux des essais effectués sur les différents composants du ciment anhydre, les mortiers suivis par des discussions et interprétations basés sur la littérature.

III.2 - Détermination de la composition du mortier avec fibre :

Pour la composition de mortier de fibre, nous avons utilisé la même démarche que celle du mortier classique. De ce fait la quantité de ciment et l'eau sont celles d'un mortier classique. Pour la quantité de sable, nous avons substitué le volume de fibre du volume de sable de sorte que le volume de fibre plus le volume du sable reste constant et égale à celui d'un mortier classique comme les tableaux suivant.

Tableau III.1 : composition de mortier témoin.

Fibre de jute (Filasse) = 0cm					
Adjuvant (%)	Laitier (%)	C/E	E/C	Af (cm)	Eau utilisé (g)
0	0	1/3	0,5	6,8	225

Tableau III.2 : composition de mortier avec fibre L = 5cm.

Fibre de jute (Filasse) L = 5 cm					
Adjuvant (%)	Laitier (%)	C/E	E/C	Af (cm)	Eau utilisé (g)
1	5	1/3	0,4	6,5	180
	10	1/3	0,395	6,5	177,75
	15	1/3	0,391	6	175,95
1,5	5	1/3	0,380	5,8	171
	10	1/3	0,378	5,7	170,1
	15	1/3	0,370	5,3	166,5

Tableau III.3 : composition de mortier avec fibre L = 10cm.

Fibre de jute (Filasse) L = 10 cm					
Adjuvant (%)	Laitier (%)	C/E	E/C	Af (cm)	Eau utilisé (g)
1	5	1/3	0,4	6,1	180
	10	1/3	0,395	6,4	177,75
	15	1/3	0,391	6	175,95
1,5	5	1/3	0,380	5,5	171
	10	1/3	0,378	5,7	170,1
	15	1/3	0,370	5	166,5

Tableau III.4 : composition de mortier sans fibre L = 0cm.

Sans fibre de jute (Filasse) = 0 cm					
Adjuvant (%)	Laitier (%)	C/E	E/C	Af(cm)	Eau utilisé (g)
1	5	1/3	0,4	6,3	180
	10	1/3	0,395	6,1	177,75
	15	1/3	0,391	6	175,95
1,5	5	1/3	0,380	5,8	171
	10	1/3	0,378	5,5	170,1
	15	1/3	0,370	5,1	166,5

III.3 - Essais et procédures :

III.3.1 - Détermination de la fluidité :

Définition :

La consistance ou ouvrabilité d'un mortier est une facture important, il est mesuré lors de l'essai d'affaissement par le cône d'Abrams est probablement affectée par la teneur en eau.

Les résultats d'essais au cône ont fluidité dans notre investigation été prise plus au moins constant et on analyse la réduction d'eau et le rapport E/C.

On présente les résultats obtenus comme suite :

On introduisant le laitier et les fibres peu de variation concernant le rapport E/C qui prend une valeur entre 0,40 et 0,370. Ce rapport est uniquement influencé par l'ajout de l'adjuvant qui a permis de réduire ce rapport E/C de 0.4 à 0.370.

III.3.2 - Détermination de la masse volumique du mortier :

On détermine la masse volumique après avoir retiré les éprouvettes des bacs et les avoir laissés à l'air libre pendant 20 minutes afin qu'elles aient une humidité nominale juste avant l'essai mécanique aux différents âges, on détermine la masse volumique est donnée par la formule suivante : $P = (M/V)$

Ou :

- ✓ M : masse de l'éprouvette.
- ✓ V: volume de l'éprouvette.

Les résultats d'essai masse volumique de mortier et obtenue a 28 jours décrite les étapes et les tableaux suivant :

III.3.2.1 – masse volumique de mortier sans fibre :

Tableau III.5 : Masse volumique de mortier sans fibre.

Fibre (cm)	Adjuvant (%)	Laitier (%)	Masse volumique (g/cm ³)
0	1	5	2,04
		10	2,042
		15	2,029
	1,5	5	2,045
		10	2,081
		15	2,047

III.3.3.2 – masse volumique de mortier avec fibre :

a-Longueur de fibre L = 5cm :

Tableau III.6 : Masse volumique de mortier avec fibre de longueur L=5cm.

Fibre (cm)	Adjuvant (%)	Laitier (%)	Masse volumique (g/cm ³)
5	1	5	2,112
		10	2,063
		15	2,051
	1,5	5	2,148
		10	2,087
		15	2,068

b-Longueur de fibre L = 10 cm :

Tableau III.7 : Masse volumique de mortier avec fibre de longueur L=10cm.

Fibre (cm)	Adjuvant (%)	Laitier (%)	Masse volumique (g/cm ³)
10	1	5	2,072
		10	2,034
		15	2,026
	1,5	5	2,093
		10	2,076
		15	2,054

III.3.4.3 – masse volumique de mortier témoin CPA :

Tableau III .8 : Masse volumique de mortier témoin.

Fibre (cm)	Adjuvant (%)	Laitier (%)	Masse volumique (g/cm ³)
0	0	0	2,033

III.3.3 - Détermination de la résistance du mortier :

Cette instruction à pour objet la détermination des résistances mécaniques à la compression et la flexion sur mortier de ciment, selon les spécifications de la norme européenne EN 196-1.

b-Résistance à la flexion :

- ✓ Placer le prisme dans le dispositif de flexion avec une face latérale de moulage sur les rouleaux d'appui.
- ✓ Appliquer la charge verticalement et faire augmenter uniformément a charge jusqu'à rupture. Conserver les deux demi-prismes.

Calculer la résistance à la flexion R_f au moyen de la formule suivante :

$$R_f = 1,5 F_f .L/b^3 \quad (N/mm^2) \text{ ou } (Mpa)$$

b : est le coté de la section carrée du prisme en (mm)

F_f : est la charge appliquée au milieu du prisme à la rupture (Newton)

L : est la distance entre les appuis en (mm).

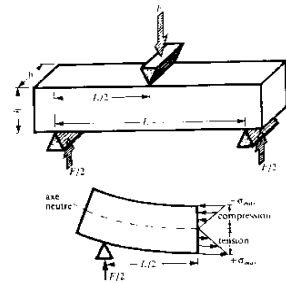


Figure III.1 : flexion de mortier 4x4x16.

a-Résistance a la compression :

- ✓ Placer le demi prisme en compression sur les faces latérales de moulage.
- ✓ Centrer chaque demi prisme dans le compartiment d'essai.
- ✓ Appliquer la charge verticalement et faire augmenter uniformément la charge jusqu'à rupture.

F : charge appliquée en KN.

S : surface du demi-prisme cm²

σ : Contrainte appliquée Mpa ou N/mm²

$$\sigma = F/S$$

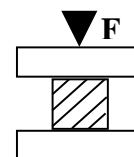


Figure III.2 : compression de mortier 4x4x16.

Les résultats expérimentaux des essais mécaniques obtenus sont des tableaux donnant la valeur moyenne de trois essais comme suite.

III.3.3.1–Résistance mécanique de mortier sans fibre :

Tableau III .9 : Résistance mécanique sans fibre L= 0cm.

		Résistance mécanique					
		Rc (Mpa)			Rf (Mpa)		
Adjuvant(%)	Laitier(%)	7j	14j	28j	7j	14j	28j
1	5	36	42,5	44,5	6,3	6,7	7,8
	10	37,3	43,5	52,9	6,4	6,8	8,6
	15	35,8	40,1	43,5	6,3	6,6	7,5
1,5	5	37	44,5	48,5	6,4	6,6	7,9
	10	38,2	45,5	55,5	6,6	7	8,7
	15	38	43,3	50,5	6,5	6,8	8,2

III.3.3.2–Résistance mécanique de mortier avec fibre :

a- avec fibre de longueur L=5cm

Tableau III .10 : Résistance mécanique avec fibre L=5cm.

		Résistance mécanique					
		Rc (Mpa)			Rf (Mpa)		
Adjuvant(%)	Laitier(%)	7j	14j	28j	7j	14j	28j
1	5	42,2	43,3	53,5	7	7,8	8,8
	10	40,2	42,2	50,7	6,8	7,4	7,6
	15	37	39,9	47,5	6	7,3	7,2
1,5	5	44,1	45,8	60,2	7,4	8,1	8,9
	10	41,3	42,1	57,3	7,2	7,9	8,5
	15	36,6	39,8	51,9	6,5	7,4	8,4

b- avec fibre de longueur L=10cm

Tableau III .11: Résistance mécanique avec fibre L=10cm.

		Résistance mécanique					
		Rc (Mpa)			Rf (Mpa)		
Adjuvant(%)	Laitier(%)	7j	14j	28j	7j	14j	28j
1	5	42,2	46,3	50,8	6,5	7,2	8
	10	37,15	42,5	49,3	6,1	6,7	6,8
	15	35,3	41,5	48,3	6,4	6,3	6
1,5	5	43,9	48,5	52,6	7	7,6	8,1
	10	43,1	47,8	52,2	6,8	7	7,6
	15	41,9	46,2	45,5	6,6	6,8	7

III.3.3.3–Résistance mécanique de mortier CPJ témoin :

Tableau III .12 : Résistance mécanique de mortier CPJ témoin.

		Résistance mécanique					
		Rc (Mpa)			Rf (Mpa)		
Adjuvant(%)	Laitier(%)	7j	14j	28j	7j	14j	28j
0	0	37,2	47,5	51,9	6,4	6,7	7,8

III.4 - Discussions des résultats :

III.4.1 - Fluidité :

La fluidité est maintenue ce constaté et la réduction d'eau est affectée par l'ajout de laitier est fibres avec différentes longueur seulement en introduisant l'adjuvant ou constaté une réduction de l'eau de gâchage.

III.4.2 - Masse volumique de mortier :

III.4.2.1 - Influence de la longueur de fibre sur la masse volumique de mortier :

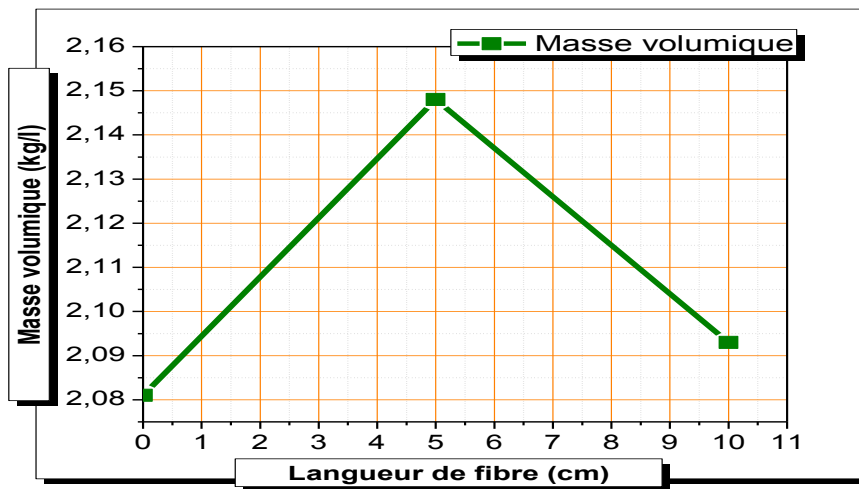


Figure III.3 : Effet des longueurs de la fibre sur la masse volumique.

D'après la figure III.3 montrant les résultats de la masse volumique obtenus, on constate que l'utilisation des fibres végétale et que la longueur de l = 5cm nous permet d'atteindre l'optimum dans cette investigation, cela est du principalement à la courte longueur qui ne gêne pas l'arrangement des grains dans la matrice cimentaire.

III.4.2.2 - Influence du laitier sur la masse volumique de mortier avec et sans fibre :

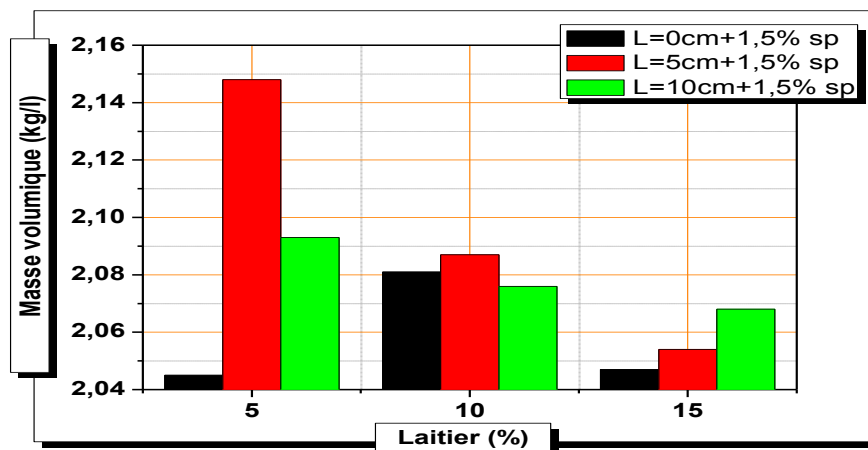


Figure III.4 : variation de la masse volumique en fonction d'ajout de laitier.

L'utilisation du laitier granulé a permis l'amélioration de la masse volumique pour tous les pourcentages utilisés, la figure (III.4), montre que l'utilisation de 5% de laitier dans le mortier permet une amélioration optimale de la masse volumique pour les deux longueurs de fibre utilisées, la valeur optimale de la masse volumique en utilisant une longueur de fibre de 5cm avec 5% de laitier atteint 2,148 kg/l.

III.4.2.3 -Influence de l'adjuvant Sur la masse volumique avec et sans fibre :

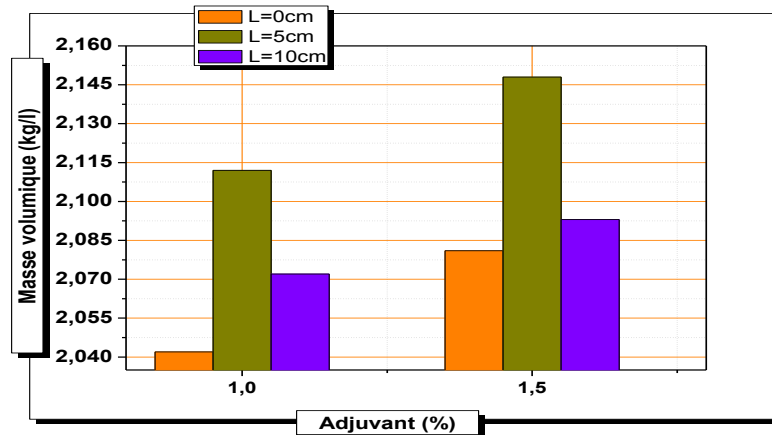


Figure III.5 : variation de la masse volumique en fonction différent pourcentage d'adjuvant.

L'utilisation de l'adjuvant améliore la masse volumique pour toute longueur de fibre utilisé, la figure III.5, l'amélioration optimale est réalisée pour les mortiers à dosage de 1,5% d'adjuvant et l'utilisation de la fibre court (L = 5cm).

III.4.3 – Résistance mécanique :

III.4.3.1 -Résistance a la compression :

a- Influence du laitier sur la résistance à la compression :

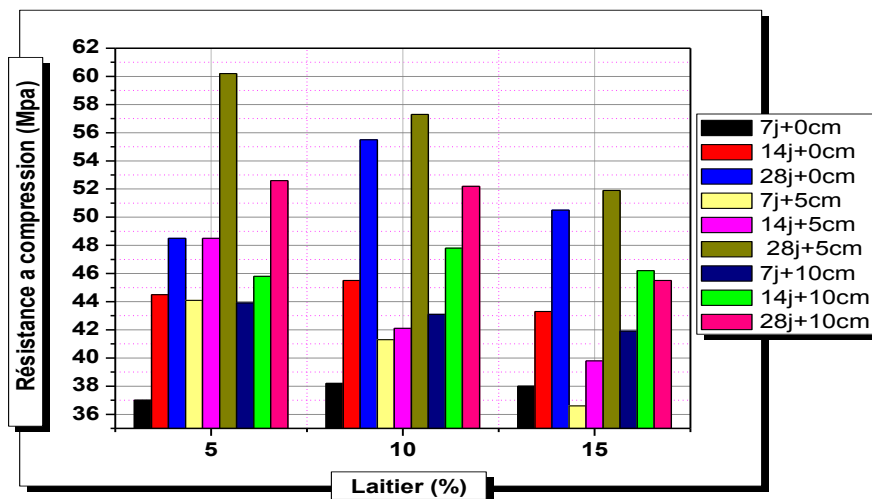


Figure III.6 : Effet du laitier sur la résistance a la compression.

Pour tout âge et pour tout ajout de laitier utilisé une amélioration de la résistance en compression du mortier est constatée, la figure III.6, montre clairement que l'ajout de 5% de laitier est suivi par une amélioration optimale de la résistance à la compression du mortier sur tous si on utilise des fibres courtes avec un dosage en adjuvant de 1,5% , on dépassant 10% de laitier la résistance à devenir faible et avec l'utilisation des fibres de longueurs de 10cm la résistance du mortier devient plus faible.

b- Influence de l'adjuvant sur la résistance à la compression du mortier :

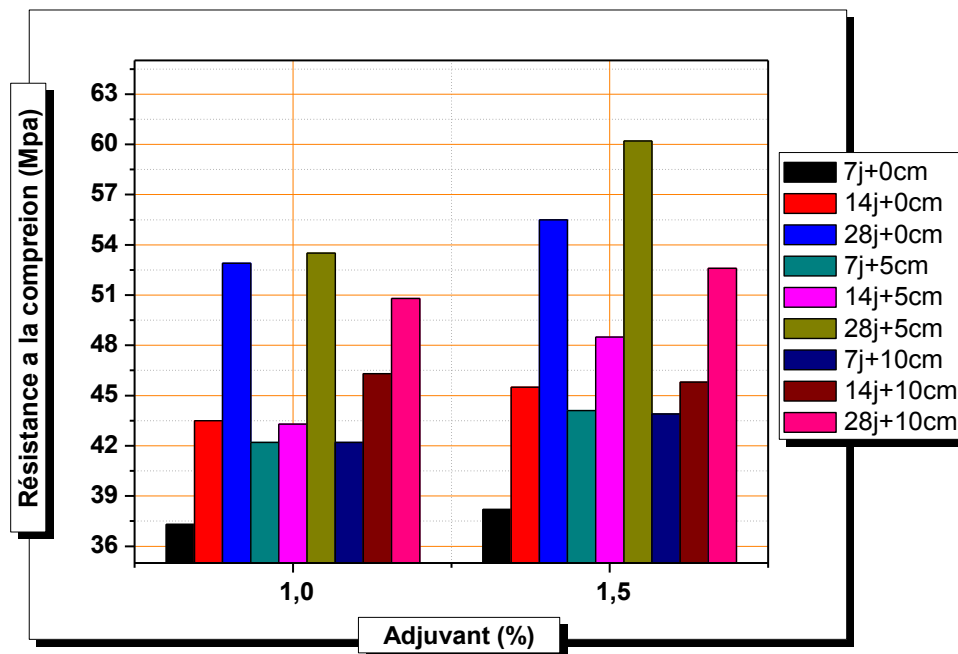


Figure III.7 : variation de la résistance a la compression en fonction pourcentage l'adjuvant.

L'incorporation de l'adjuvant (1%, 1,5%) permet l'amélioration de la résistance à la compression du mortier à tout âge et pour différentes longueurs de fibre, la figure III.8, nous permet de constater que l'ajout de 1,5% d'adjuvant avec des fibres de longueurs courte (L=5cm) engendre la résistance à la compression du mortier optimal à l'âge de 28jours ,cela est bien sure du au rôle principal de l'adjuvant en lubrifiant les particules de la matrice cimentaire et permettre ainsi le meilleur réarrangement des grains dans la matrice cimentaire et sa sa valeur optimale atteint 60Mpa.

c- Influence de la longueur de la fibre sur la résistance à la compression :

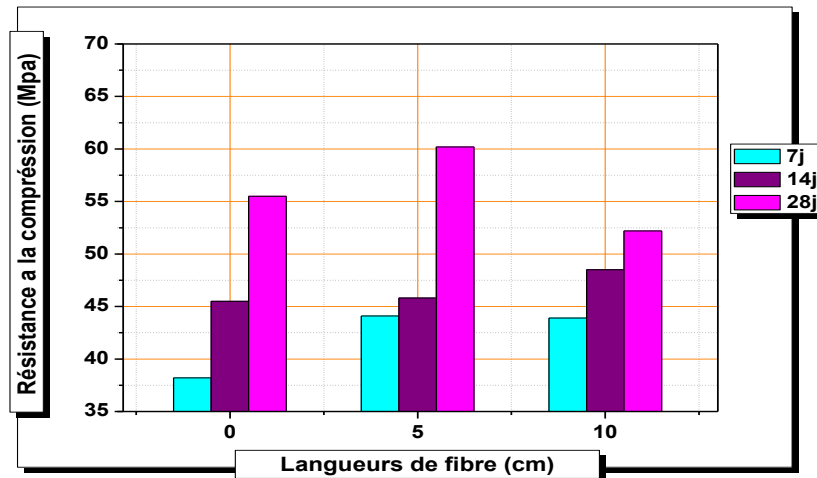


Figure III.8 : variation de la résistance a la compression en fonction les langueurs de fibre.

D’après la figure III, 8, on constate que la longueur de la fibre influe positivement la contrainte de compression du mortier et cela est bien visible, à l’âge de 28 jours avec un dosage en adjuvant de 1,5% et un ajout de 5% de laitier et en utilisant la courte fibre la résistance du mortier est optimale atteint 60Mpa.

d- Comportement dans le temps du mortier :

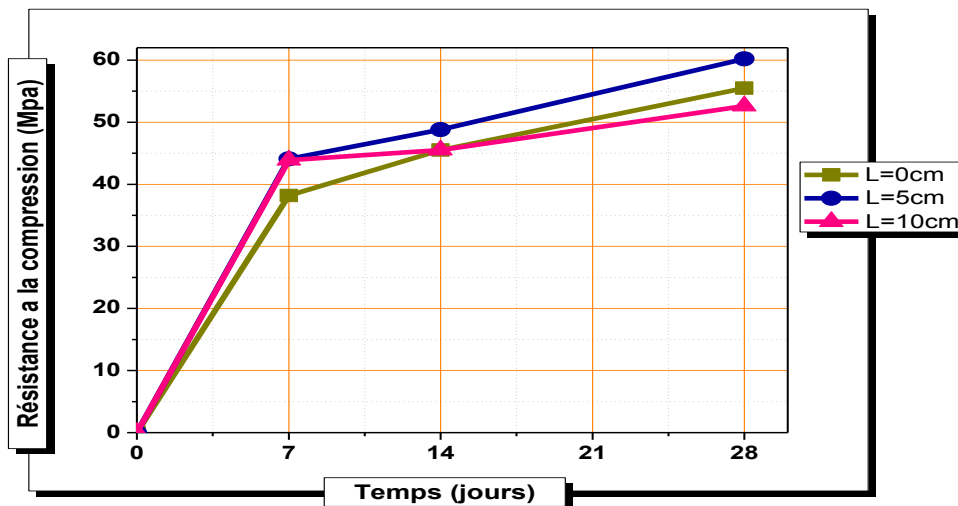


Figure III.9 : variation de la résistance a la compression dans le temps.

La figure III.9, montre que le comportement du mortier n’est pas affecté par l’ajout de laitier, l’utilisation des différentes longueurs de fibres et l’incorporation d’un adjuvant la loi régissant le comportement reste toujours parabolique rapide dans l’intervalle 0 – 7jours et lente dans l’intervalle 14 – 28jours.

III.4.3.2 - Résistance a la Flexion :

a- Effet de différente longueur de fibresur la flexion :

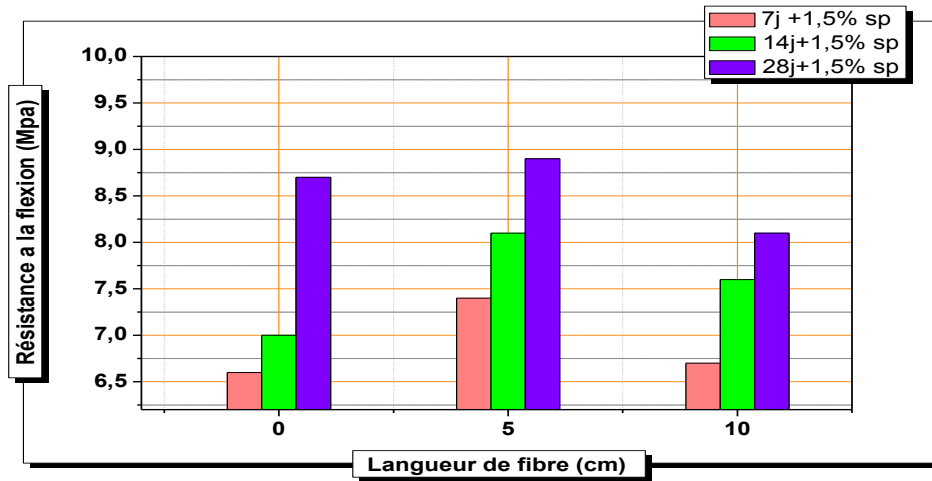


Figure III.10 : Effet de la longueur de fibre sur la résistance a la flexion.

L’incorporation des fibres végétales dans le mortier de longueurs 5,10cm influe positivement la résistance en flexion du mortier cela est bien visible sur la figure III.10 qui confirme que les longueurs de fibres utilisées améliorent la réponse mécanique de la matrice cimentaire et l’optimum est obtenu pour la longueur de 5cm avec un dosage en adjuvant de 1,5% et l’incorporation de 5% de laitier la résistance en flexion atteint la valeur de 8,85Mpa.

b- Effet de l’adjuvant sur la résistance en flexion :

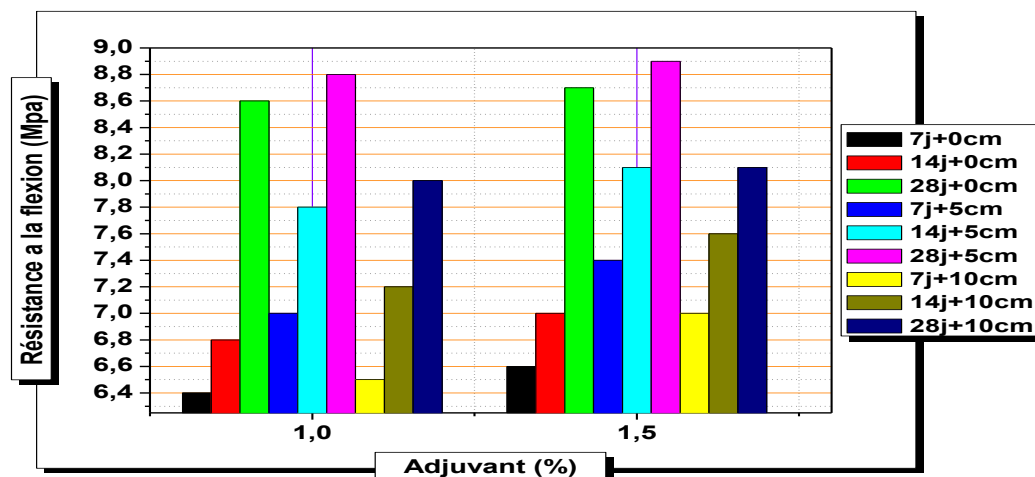


Figure III.11 : variation la résistance a la flexion en fonction du % d’adjuvant.

L’ajout de l’adjuvant dans la matrice cimentaire est bien connu pour sa performance mais le combiner avec d’autres additions permet d’améliorer sa performance sur la réponse mécanique surtout ce qui est montré sur la figure III.11, pour tous dosage en super plastifiant est suivi d’une

amélioration de la réponse mécanique à tout âges, combiner avec 5% de laitier et des fibres végétales de courte longueur (5cm) donne un optimum de résistance en flexion d'une valeur proche de 9Mpa.

c- Influence du laitier sur la résistance a la flexion :

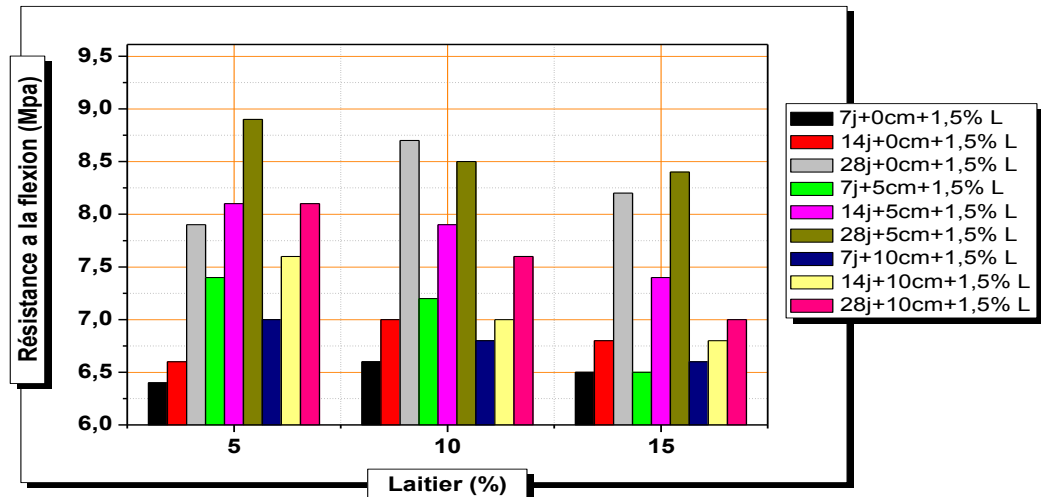


Figure III.12 : variation la résistance a la flexion en fonction la % laitier.

l'ajout du laitier granulé à grande finesse de mouture avec des pourcentages de 5, 10 et 15% combiné avec des fibres végétale de longueurs (5 et 10 cm) permet de réaliser des mortier de meilleurs qualités, on constate à travers la figure III.12, représentant les résultats d'essais effectués que l'utilisation de 5% de laitier combiné à un adjuvants et des fibres végétale donne de bonne réponses mécanique en flexion.

a- Comportement de la résistance en la flexion du mortier dans le temps :

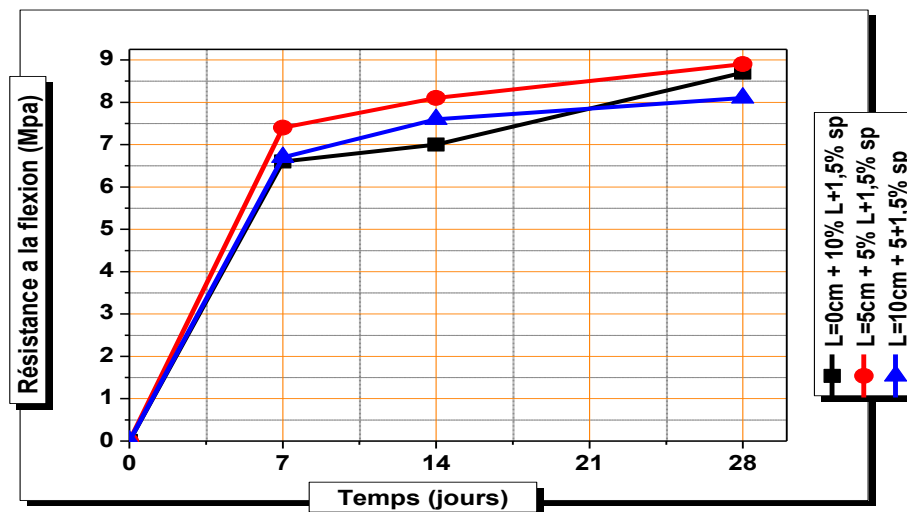


Figure III.13 : Comportement de la résistance en flexion dans le temps.

La figure III 13. Montre que le comportement du mortier n'est pas affecté par l'ajout de laitier, l'utilisation des différentes longueurs de fibres et l'incorporation d'un adjuvant la loi régissant le comportement reste toujours parabolique rapide dans l'intervalle 0 – 7jours et lente dans l'intervalle 14 – 28jours.

III.5 - Conclusion:

Cette investigation nous a permis de tirer plusieurs conclusions dont on cite :

- La valorisation des déchets issus de l'industrie dans les matériaux de construction est une bonne alternative pour améliorer les caractéristiques des mortiers et bétons et de contribuer positivement dans la préservation de l'environnement.
- L'utilisation du laitier granulé avec une grande finesse améliore les caractéristiques mécaniques du mortier (masse volumiques, résistance mécaniques).
- L'utilisation de 5% de laitier permet d'obtenir la meilleure performance des caractéristiques mécaniques.
- L'utilisation des fibres végétales améliore la résistance à la flexion et à la compression du mortier.
- L'incorporation de fibres de courtes longueurs permet une meilleure amélioration de la résistance.
- La combinaison du super-plastifiant avec des fibres végétales de longueurs courtes avec 5% de laitier permet d'obtenir les meilleures performances du mortier.

Conclusion générale

Les additions minérales utilisées dans cette investigation sont choisies dans le but d'améliorer les performances de la matrice cimentaire par le renforcement, du squelette granulaire et de réduire la porosité du sable de dune utilisé et par l'incorporation des fibres de jute afin de renforcer la résistance en flexion et de limiter la fissuration du mortier à l'état durci. Ces additions présentent des intérêts incontestables du point de vue technique, économique, écologique. Les résultats menés à travers cette étude permettent de dégager la conclusion générale et les perspectives pour des futurs travaux de recherche.

Dans notre étude expérimentale on a formulé différentes compositions de mortiers renforcées avec plusieurs pourcentages d'ajout de laitier granulé finement broyé (5%, 10% et 15%), et des fibres végétales de différentes longueurs (5cm et 10cm).

Plusieurs essais ont été réalisés sur le mortier à l'état frais et durci afin d'analyser l'effet des ajouts administrés dans la matrice cimentaire ce qui nous a permis de déboucher à plusieurs conclusions dont on cite les plus importantes qui sont résumées comme suite :

- La valorisation des déchets issus de l'industrie dans les matériaux de construction est une bonne alternative pour améliorer les caractéristiques des mortiers et bétons et de contribuer positivement dans la préservation de l'environnement.
- L'utilisation du laitier granulé avec une grande finesse améliore les caractéristiques mécaniques du mortier (masse volumiques, résistance mécaniques).
- L'utilisation de 5% de laitier permet d'obtenir la meilleure performance des caractéristiques mécaniques.
- L'utilisation des fibres végétales améliorent la résistance à la flexion et à la compression du mortier.
- L'incorporation de fibres de courtes longueurs permet une meilleure amélioration de la résistance.
- La combinaison du super-plastifiant avec des fibres végétales de longueurs courtes avec 5% de laitier permet d'obtenir les meilleures performances du mortier.

Futurs travaux :

Dans le but de compléter et d'enrichir cette recherche on propose :

- L'utilisation des fibres végétales et de développer ses activités de recherche et en particulier des analyses chimiques.
- Proposer des ajouts cimentaire variés et efficaces.
- L'utilisation d'autres additifs.

REFERENCES

- [1] - **Aamr-daya E. and al**, « Feasibility study of lightweight cement composite containing flax by-product particles », Physico-mechanical properties, cement and concrete composite, Elsevier, 2008, Vol. 30, p957 – 963.
- [2] - **Merzoud M. ET Habita M. F**, « Elaboration de composite cimentaire à base de *Dioscorea* Mauritanica », Afrique Science, Elsevier, 2008, Vol. 4, (2) p236 – 242.
- [3] - **Mir A. and al**, « Studie of Mechanical and thermo mechanical properties of jute/epoxy composite Laminate », Journal of reinforced plastics and composites, Elsevier, 2010, Vol. 29, (11) p1669 – 1680.
- [4] - **Boghossian E. and al**, « use of flax fibres to reduce plastic shrinkage cracking in concrete », Cement and concrete Composites, Elsevier, 2008, Vol. 30, p929 – 937.
- [5] - **Kriker A. and al**, « Mechanical properties of date palm fibres and concrete in hot-dry climat », Cement and concrete Composites, Elsevier, 2005, Vol. 27, p554 – 564.
- [6] - **Elsaid A. and al**, « Mechanical properties of kenaf fiber reinforced concrete », Construction and Building Materials, Elsevier, 2011, Vol. 25, p1991 – 2001.
- [7] - **Romildo D. and al**, « Free restrained and drying shrinkage of cement mortar composites reinforced with vegetable fibres », Cement and concrete Composites, Elsevier, 2005, Vol. 27, p573 – 546.
- [8] - **Moslemi A.A and Lim Y.T**, « Compatibility of southern hardwoods with Portland cement », Forest Product Journal,34, 1984, Vol. 4/7, p22 – 26.
- [9] - **David B. and al**, « Critical Review of Recent Publications on Use of Natural Composites in Infrastructure Composites », Applied Science and Manufacturing, Elsevier, 2012, Vol. 43 (8), p1419-1429.

[10] – **Karade S.R.**, « Cement bended composites from lignocellulosique wastes », Construction and Building Materials, Elsevier, 2010, Vol. 24, p1323 – 1330.

[11] - **Salmi sara**, «Etude de l'influence du laitier granulé sur le comportement des mortiers à haute température», mémoire de master en génie civil, université de M'sila, juin 2014, p4 -5- 6.

[12] - **Khanous Amar**, « Optimisation du taux calcaire pour la production d'un nouveaux ciment blanc ». Mémoire de master en génie civil, Université de d'Oran, 28 / 09/ 2014, p21-22-23-25.

[13] - « guide de prescription des ciment pour de construction durables », p13.

[14] - **Salhi khamel**, « Etude de l'influence de l'ajout de sable de dune et le laitier granulé finement broyés au ciment sur stabilité de béton », mémoire de magister universitaire Mohamed Khider Biskra, 3 juillet 2007, p25.

[15] - **Mohamed Boubakri** . « Influence de l'ajout du laitier sur les caracteristiques physico-chimiques et mécaniques du ciment portland au laitier (CEM II) et ciment de haut Fornoue (CEM III) . Mémoire Master, Universitaire de m'sila ,2015/2016 , p -26-35.

[16] - **Loukhovski G., Pakhanov V.D., Clakocht V.A.**, “ Chelotchimie tsmenty I Betony”, Kiev. Budivelnik, 1978, P184.

[17] - **Boudraa Mohamed ; Chouiter Amar**. « Caractérisation physico-mécanique d'un ciment confectionne a basse de laitier ». Mémoire master universitaire M'sila, 2011/2012, p33.

[18] - **RCE-CTC-EST-GRANITEX**. « les Adjuvant définitions et opportunités d'utilisation » Année 2004, p8.

[19] - **INFORMATION MTERIAUX.**, « fiche technique ». CIIC Édition 2002./ RECUEIL

[20] - **Khenfer,M.M.** « Caractérisation et rhéologique des ciment et des plâtres renforcés de fibres cellulosique ».thèse de docteur, Université de bordeaux, juin1990.

[21] - **Mokhtari abdessamed.** « Influences mécaniques des béton renforcés de fibres végétales de palmier dattier ». Mémoire de magister ,université de Ouargla, 06/11/2006, p12.

[22] - **Laetitia f et al,** « Matières en fibre », mémoire du diploma de specialization et d'approfondissement, DSA-Architecture de terre, ENSAG, 18 septembre 2014, p16.

[23] - **Kriker. A,** « Caractérisation des fibres de palmier dattier et propriétés des bétons et mortiers renforcés par ces fibres en climat chaud et sec »,Thèse de doctorat d'état, ENP, Alger, 2005.

[24] - **David B et al,** « Critical review of recent publications on use of natural composites in infrastructure », Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Elsevier, August 2012, vol. 43(8), p1419-1429.

ANNEXES



ALGÉRIE

ملكي
" Malaki



La Haute performance pour vos ouvrages architecturaux

CPJ - CEM II/A 52.5 N

Malaki Ciment blanc pour bétons de haute-performance ; destiné à la construction des Ouvrages d'Art esthétiques et éléments décoratifs.

Malaki
CPJ - CEM II/A 52.5 N.

Malaki est certifié, conforme à la norme algérienne (NA 442) et européenne (EN CE 197-1)

AVANTAGES PRODUIT



- Le ciment le plus résistant de la gamme.
- Idéal pour les structures en béton apparent.
- Permet de réaliser des éléments en béton avec un niveau de finition inégalé.

APPLICATIONS RECOMMANDÉES

- Construction des Ouvrages d'Art esthétiques et éléments décoratifs.



FORMULATION CONSEILLÉE

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

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

• Analyses chimiques

	Norme
Perte au feu (%) (NA5042)	6.0±2
Teneur en sulfates (SO3) (%)	2.5±0.5
Teneur en oxyde de magnésium MgO (%)	1.7±0.5
Teneur en Chlorures(NA5042) (%)	0.02-0.09

• Temps de prise à 20° (NA 230)

	Norme
Début de prise (min)	160±40
Fin de prise (min)	250±40

• Composition minéralogique du Clinker (Bogue)

	Norme
C3S (%)	55±3
C3A (%)	9.0±1

• Résistance à la compression

	Norme
2 jours (MPa)	≥ 20.0
28 jours (MPa)	≥ 52.5

• Propriétés physiques

	Norme
Consistance Normale (%)	28±3.0
Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231)	4 300 - 5 200
Retrait à 28 days (µm/m)	< 1 000
Expansion (mm)	< 3.0

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

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

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



LAFARGE ALGÉRIE

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

LAFARGE
لافارج

<p>FILASSE EN JUTE</p>	<p><i>Matériaux de construction</i></p>	
<p>Fibres naturelles en jute traitées et conditionnées en rouleaux dans des sacs en PE.</p> <p>Cette filasse en jute se prête parfaitement à la fabrication de staff en plâtre</p>		
<p>Applications</p>		
		
<p>Conditionnement</p>		
<p>Rouleaux de 10 KG, 20 KG ou 30 KG</p> <p>Chargement Container 20' : 10 Tonnes Chargement Container 40' : 20 Tonnes</p>		
		

MEDAFLOW 30

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

Super plastifiant
Haut réducteur d'eau

DESCRIPTION

Le **MEDAFLOW 30** est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la troisième génération. Il est conçu à base de polycarboxylates d'Ether qui améliorent considérablement les propriétés des bétons.

Le **MEDAFLOW 30** permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.

En plus de sa fonction principale de superplastifiant, il permet de diminuer la teneur en eau du béton d'une façon remarquable.

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

DOMAINES D'APPLICATION

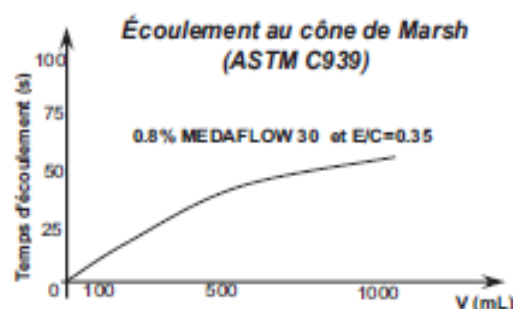
- Bétons à hautes performances
- Bétons auto - plaçant
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons architecturaux.

PROPRIÉTÉS

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

Sur béton frais :

- Obtention d'un rapport E/C très faible
- Amélioration considérable de la fluidité
- Une très bonne maniabilité
- Éviter la ségrégation
- Faciliter la mise en œuvre du béton



Sur béton durci :

- Augmenter les résistances mécaniques à jeune âge et à long terme (voir tableau).
- Diminuer la porosité
- Augmenter la durabilité
- Diminuer le retrait et le risque de fissuration

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

CARACTÉRISTIQUES

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

MODE D'EMPLOI

Le **MEDAFLOW 30** est introduit dans l'eau de gâchage.

Il est recommandé d'ajouter l'adjuvant dans le béton après que 50 à 70% de l'eau de gâchage ait déjà été introduite.

DOSAGE

Plage de dosage recommandée :

0,5 à 2,0 % du poids de ciment soit 0.46 à 1.85 litre pour 100 Kg de ciment.

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

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

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



الملخص

يتعين على مجال البناء أن يؤدي دورا هاما في حل المشاكل البيئية المتصلة بإعادة تصنيع واستغلال الكتلة الحيوية، ضمن فئة المواد الإسمنتية، أنواع مختلفة من النفايات ومخلفات منتجات الزراعة قد استخدمت بالفعل، إما في شكل جزيئات، كاستبدال كلي أو جزئي للمكونات المعدنية، أو في شكل ألياف للتدعيم.

في هذه الدراسة تطرقنا لإمكانية استخدام ألياف الجوت كعنصر تدعيم البغلي، تم استخدام الجوت مع خليط البغلي بأطوال مختلفة 5سم و10سم، المركب الإسمنتي المرجعي لا يحتوي على ألياف، مع إضافة محسنات وإضافات بنسب مختلفة من أجل الأداء الميكانيكي.

لقد قمنا بإجراء مجموعة من التجارب لدراسة حالة المكونات، فوجدنا أن الاختبارات الميكانيكية تظهر انخفاضا في الأداء الميكانيكي كل ما قمنا في زيادة طول الألياف.

ومن هذه النتائج نستنتج انه كلما كان طول الألياف أصغر كلما كان الأداء الميكانيكي أفضل.

الكلمات المفتاحية: الملاط - الاسمنت الابيض - اضافات اسمنتية - الملدنات - الياف الجوت - المقاومة الميكانيكية.

Résumé

Le domaine de la construction doit jouer un rôle important dans la résolution des problèmes environnementaux liés au recyclage et l'exploitation de la biomasse. Dans la catégorie des matériaux cimentaires, différents types de déchets et coproduits issus de l'agriculture ont déjà été utilisés, soit sous forme de particules, en remplacement total ou partiel des granulats minéraux, soit sous forme de fibres pour renforcement.

Dans cette étude, nous avons étudié la possibilité de l'utilisation de fibres de jute que le renforcement de mortier, a été jute utilisé avec un mélange de différentes longueurs de 5 cm et 10 cm, le composé de référence ne contient pas de fibres b, avec l'ajout de modifications et additions dans des proportions différentes pour les performances mécaniques.

Nous avons effectué une série d'expériences pour étudier le cas des compositions, nous avons constaté que les essais mécaniques diminuent dans le tout spectacle de performances mécaniques, nous devons augmenter la longueur de la fibre.

A partir de ces résultats, nous concluons que plus de fibres une longueur inférieure de la performance plus mécanique mieux.

Mots-clés : mortier - ciment blanc - additifs béton - plastifiants - fibres de jute - résistance mécanique.

Abstract

Construction field has to play an important role in resolving environ problems related to recycling and exploitation of the biomass. In the category of cementations materials, various types of wasters and byproducts derived from agriculture have already been used, either as particles, in total or partial replacement of mineral aggregates, or as fibers for reinforcement.

In this study, we explored the possibility of using jute fibers as reinforcement mortar, was jute used with a mixture of different lengths of 5 cm and 10 cm, the reference compound does not contain fibers, with the addition of modifications and additions in different proportions for mechanical performance.

We have conducted a series of experiments to study the condition of composition, and we found that mechanical tests show a decrease in mechanical performance all we have to increase the length of fiber.

From these results, we conclude that more fibers a lower length of mechanical performance better.

Key words: Mortar - White cement - Cement additives - Plasticizers - Jute fibers - Mechanical resistance.