



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم

Abdelhamid Ibn Badis University of Mostaganem

كلية العلوم و التكنولوجيا

Faculty of Sciences and Technology

قسم الهندسة المدنية

Department of Civil Engineering



N° d'ordre : M/GC /2023

Mémoire de Master académique

Filière : Génie Civil

Spécialité : Voies et Ouvrages d'Art

Influence du taux de fibres métalliques sur les caractéristiques des mortiers de ciment

Présenté par :

TEKOUK AMINA

MEKKI SAMIA

Présidente : BELAS Nadia Professeure UMAB Mostaganem

Examineur : BELARIBI Omar M.C.A UMAB Mostaganem

Encadrant : MEBROUKI Abdelkader Professeur UMAB Mostaganem

Année Universitaire : 2022 / 2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements :

Tout d'abord, nous remercions Dieu, le Tout Puissant, de nous avoir donné la volonté et le courage afin d'arriver à la finalité de ce modeste travail.

Ensuite, nous remercions nos parents qui nous ont soutenus beaucoup pendant toute la vie et qui continuerons à nous aider dans tous les projets de l'avenir.

Ainsi que tous les membres de nos familles qui ont participé de près ou de loin à nous encourager et nous aider dans notre projet

Un grand merci à notre encadrant, le Professeur MEBROUKI Abdelkader. Nous Lui adressons toute notre reconnaissance pour ses réflexions scientifiques et ses Nombreux conseils qui ont contribué au bon avancement de ce travail. Nous avons Particulièrement apprécié sa disponibilité son soutien.

Nous adressons aussi nos vifs remerciements à chacun des membres du jury, Professeure BELAS et Docteur BELARIBI pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger ce travail.

Nous remercions sincèrement Monsieur, Monsieur KHLIFA Belkacem
Responsable du laboratoire sol et géotechnique ainsi que Monsieur EDEBI Brahim
Responsable du laboratoire matériaux.

Nous tenons aussi à remercier tous les Enseignants du Département de Génie
Civil qui a contribué à notre formation.

Dédicace :

Dédicaces Je dédie ce travail A nos parents et à notre famille qui m'ont soutenu seulement durant la préparation de ce travail, mais aussi dès le premier jour qu'on a vu la lumière de ce monde.

A tous nos amis de la promotion 2ème master voie et ouvrage d'art 2022/2023 A toute l'équipe de laboratoire de génie civil de l'université de MOSTAGANEM a tous ceux qui aiment et respectent le droit du savoir

Résumé :

Les mortiers de ciment sont utilisés dans de nombreuses applications de construction en raison de leur résistance et de leur durabilité. L'ajout de fibres métalliques dans les mortiers de ciment peut modifier leurs caractéristiques et améliorer leurs performances dans certaines situations. L'incorporation des fibres métalliques dans les mortiers de ciment peut augmenter leur résistance mécanique globale. Les fibres métalliques telles que les fibres d'acier améliorent la résistance à la traction, la résistance à la flexion et la résistance à la fissuration du mortier. Elles agissent comme des renforts structurels en dispersant les contraintes et en améliorant la ténacité du matériau.

Dans ce contexte, le présent travail a consisté à préparer des mortiers de ciment et d'injecter des fibres métalliques à des taux de 1%, 3%, 7% et 10% et d'étudier l'influence de ces fibres sur la maniabilité des différents mortiers puis sur leurs résistances mécaniques (Traction par flexion et compression) à 2j, 7j, 14j et 28j puis de comparer ces caractéristiques à celles des mortiers de référence sans fibres.

Les résultats trouvés montrent qu'un taux maximal de 3% de fibres suffit à améliorer les caractéristiques à l'état frais et à l'état durci des mortiers.

Mots clés: Mortier, Fibres métalliques, Maniabilité, Résistances mécaniques .

ملخص:

يستخدم ملاط الاسمنت في العديد من تطبيقات البناء بسبب قوته و متانته يمكن أن يؤدي إضافة الألياف المعدنية في ملاط الاسمنت الى تعديل خصائصها و تحسين أدائها بشكل معين يمكن ان يؤدي دمج الألياف المعدنية الى زيادة قوى الملاط الميكانيكية تعمل على شكل تعزيزات هيكلية عن طريق تشتيت الضغوط و تحسين صلابة المادة في هذا السياق اشتمل عملنا على طريقة التحضير لملاط إسمنتي وحقنه بألياف معدنية بنسب 1 % , 3 % , 7% , 10 % ودراسة تأثيرها تعتمد هذه الالياف على قابلية عمل الملاط و مقاومته الميكانيكية (جر الانحناء والطغط) عند 28.14.7.2 يوم ثم مقارنة هذه الخصائص مع تلك الخاصة بالملاط المرجعي بدون الياف أظهرت النتائج أن الحد الأقصى لمعدل 3% من الألياف كافٍ لتحسين الخصائص في الحالة الجديدة وفي الحالة الصلبة لملاط

الكلمات المفتاحية: الملاط ، الألياف المعدنية ، قابلية التشغيل ، المقاومة الميكانيكية .

Abstract:

Cement mortars are used in many construction applications in due to their strength and durability. The addition of metallic fibers in the mortars of cement can modify their characteristics and improve their performance in certain situations. The incorporation of metal fibers in cement mortars can increase their overall mechanical strength. Metallic fibers such as steel fibers improve tensile strength, bending strength and crack resistance mortar. They act as structural reinforcements by dispersing stresses and improving the toughness of the material.

In this context, the present work consisted in preparing cement mortars and to inject metal fibers at rates of 1%, 3%, 7% and 10% and to study the influence of these fibers on the workability of the different mortars then on their mechanical resistance (traction by flexion and compression) at 2d, 7d, 14d and 28d then to compare these characteristics at those of reference mortars without fibers.

The results found show that a maximum rate of 3% fiber is sufficient to improve the fresh and hardened characteristics of mortars.

Keywords: Mortar, Metallic fibers, Workability, Mechanical resistances.

Table de Matière :

REMERCIEMENTS	I
DEDICACE	II
RESUME.....	III
SOMMAIRE.....	V
LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS.....	VI
LISTE DES FIGURES.....	XIV
LISTE DES TABLEAUX	XVI
INTRODUCTION GENERALE.....	1

Sommaire

Chapitre I : Synthèse bibliographiques

1. Introduction :	19
2. Définition :	19
3. Les mortiers :	19
3.1 Généralités :	19
3.2 Définition des mortiers :	20
3.3 Caractéristiques principales d'un mortier :	20
3.4 Les Constituants des mortiers :	21
3.4.1 Les ciments :	21
3.4.2 La chaux :	22
3.4.3 Les sables :	22
3.4.4 L'eau de gâchage :	22
3.4.5 Les adjuvants :	22
3.5 Différents types des mortiers :	23
3.5.1 Les mortiers de ciment Portland :	23
3.5.2 Les mortiers de chaux :	23
3.5.3 Les mortiers bâtards :	23
3.5.4 Mortier de terre :	23
3.5.5 Mortier de chaux grasse :	24
3.5.6 Mortier rapide :	24
3.5.7 Mortier de plâtre :	24

3.5.8	Mortier réfractaire :.....	24
3.5.9	Mortier industriel:.....	25
3.6	Les caractéristiques essentielles du produit utilisé sont les suivantes :.....	25
3.6.1	Maniabilité :.....	25
3.6.2	Perméabilité :.....	25
3.6.3	Conditions d'hydratation :.....	25
3.6.4	Déformabilité :.....	26
3.6.5	Retrait :.....	26
3.6.7	Adhérence :.....	26
3.6.8	Durabilité :.....	26
3.7	Caractéristiques principales :.....	Erreur ! Signet non défini.
3.7.1	Ouvrabilité :.....	Erreur ! Signet non défini.
3.7.2	Prise :.....	Erreur ! Signet non défini.
3.7.3	Masse volumique apparente :.....	Erreur ! Signet non défini.
3.7.4	Masse volumique absolue :.....	Erreur ! Signet non défini.
3.8	Préparation de mortier :.....	26
4.	Les fibres :.....	27
4.1	Introduction :.....	27
4.2	Types de fibres :.....	27
4.2.1	Fibres minérales :.....	28
4.2.2	Fibres synthétiques :.....	28
4.2.3	Fibres de verre :.....	28
4.2.4	Fibres de polypropylène :.....	28
4.2.6	Fibres d'acier :.....	30
4.2	Distribution des fibres et leur orientation :.....	31
4.3	Dosage en fibre :.....	32
4.4	Rôle des fibres :.....	32
4.5	Mortier fibré :.....	33
4.6	Diverses applications de la fibre métallique :.....	33
4.7	La résistance de la fibre métallique :.....	34
5.	Etude à l'état frais :.....	34
6.	Etude à l'état durci :.....	35
6.1	Influence du pourcentage de fibres d'acier sur la résistance à la compression :.....	36

6.2 Influence du rapport E/C sur la résistance à la compression des mortiers renforcés de fibres d'acier :	38
6.3 Résistance à la traction par flexion sur éprouvettes Prismatiques :.....	39
6.4 Résistance à la flexion sur éprouvettes Prismatiques :	40
6.5 Résultat :.....	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion :.....	41
Chapitre II : Matériaux et Méthodes	
1. Introduction :.....	46
2. Les matériaux utilisés :.....	46
2.1 Matériaux :.....	46
2.1.1 Le ciment :	46
2.1.2 Composition du ciment :.....	47
2.1.2 Autres constituants des ciments :.....	48
2.1.3 Caractéristiques du ciment :.....	48
2.2 Essai sur le ciment :.....	50
2.2.1 La masse volumique apparente et absolue du ciment :.....	50
2.2.3 La masse volumique absolue de ciment :	51
2.2.4 Essai de masse volumique absolue de ciment :	52
2.3 Le sable :.....	52
2.3.1 Caractéristiques physicochimiques :.....	52
2.3.2 Propriétés physiques :	52
2.3.3 Sable de mer :.....	53
2.3.4 Sable de carrière :.....	53
2.3.5 Les caractéristiques des sables :.....	54
2.3.4 Module de finesse : (NF P 18 304)	55
2.3.5 Caractéristique physico-chimiques :.....	58
2.3.6 Caractéristiques physiques et mécaniques :.....	59
2.3.4 La masse volumique apparente de sable :.....	59
2.4 L'eau de gâchage :.....	60
2.5 Les adjuvants :.....	60
3. Le mortier :.....	61
3.1 Formulation et conservation des éprouvettes :	61
3.2 Principe :.....	61
3.3 Mode opératoire :.....	Erreur ! Signet non défini.

3.4 Objectif de l'essai :	Erreur ! Signet non défini.
3.5 Le but de l'essai :	Erreur ! Signet non défini.
3.6 Matériel utilisées :	62
3.7 Procédure expérimentale :	63
3.7.1 Préparations des éprouvettes et déroulement des essais :	63
3.8 Remplissage et conservation des moules :	64
4. Les essais sur les mortiers :	65
4.1 A l'état frais :	65
4.1.2 Objectif de l'essai:	65
4.1.3 Principe de l'essai:	65
4.1.4 Equipement nécessaire :	65
5. Maniabilimètre à Mortier :	Erreur ! Signet non défini.
5.1 Mode opératoire :	66
5.2 Conduite de l'essai :	68
6. A l'état durci :	68
6.1 Essai de traction :	68
6.1.1 Le but de l'essai :	68
6.1.3 Mode opératoire :	68
7. Essai de compression :	70
7.1 Le but de l'essai :	Erreur ! Signet non défini.
7.2 Matériel utilisé :	71
Conclusion :	71

Chapitre III : Résultats et Analyse

1. Introduction :	74
2. Résultats des essais à l'état frais :	74
3. Résultats des essais sur mortiers à l'état durci :	75
3.1 Essais de résistances mécaniques :	76
3.1.1 Résultats sur les essais de traction par flexion :	76
3.1.2 Résultats sur les essais de compression :	78
3.1.3 Evolution des résistances à la traction par flexion et à la compression:	79
3.2 Variations et Pertes de masses :	82
4. Conclusion :	84
Conclusion générale :	86

La liste des symboles et abréviation :

E/C : Rapport massique de l'eau sur ciment.

M : la masse

V : le volume

T : Température mesurée (C°)

RC : refus cumulé en (%).

MF : Module de finesse

ESP : équivalent de sable mesuré au piston.

ESV : équivalent de sable visuel mesuré visuellement

ρ_s : Masse volumique absolue

ρ_{ap} : Masse volumique apparente

Rc : Résistance à la compression en MPa.

Rf : Résistance à la flexion en MPa.

Rc : Résistance à la compression en MPa.

Fc : Charge de rupture en N. b

Ff : Charge de rupture de l'éprouvette en flexion N.

L : Longueur qui sépare les deux appuis inférieurs en mm

b : Côté de l'éprouvette en mm

La liste des figures :

Chapitre I : synthèse bibliographiques

Figure I-1 : Exemple d'un mortier	Erreur ! Signet non défini.
Figure I-2: exemple d'un ciment.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure I-3: mortier de terre.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure I-4 : les fibres métalliques utilisées dans cette étude	Erreur ! Signet non défini.
Figure I-5: fibres polypropylène	29
Figure I-6 : différent nature de fibres	Erreur ! Signet non défini.
Figure I-7 : influence de la direction du carottage sur le comportement en traction d'un béton fibré	Erreur ! Signet non défini.
Figure I-8 : illustration de l'apport du renfort par des fibres	Erreur ! Signet non défini.
Figure I-9: la résistance de compression du mortier	Erreur ! Signet non défini.
Figure I-10 : la résistance de compression du mortier	Erreur ! Signet non défini.
Figure I-11 : l'influence du rapport E/C sur la résistance à la compression à 7 jours en fonction du pourcentage de fibres d'acier	38
Figure I-12 : l'influence du rapport E/C sur la résistance à la compression à 28 jours en fonction du pourcentage de fibres d'acier.....	39
Figure I-13 : résistance à la traction par flexion d'un mortier renforcé de fibres d'acier	39
Figure I-14 : résistance à la traction par flexion d'un mortier renforcé de fibres d'acier	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre II : Matériaux et Méthodes

Figure II-1 : échantillon de ciment.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure II-2 : un entonnoir monté sur trépied	50
Figure II-3 : les étapes d'essai pycnomètre.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure II-4 : sable de mer	Erreur ! Signet non défini.
Figure II-5 : sable de carrière	Erreur ! Signet non défini.
Figure II-6 : essai de granulométrie de sable de mer.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure II-7 : Courbes granulométriques des sables utilisés.....	57
Figure II-8 : Eprouvettes de l'essai Equivalant de sable.....	57
Figure II-9 : échantillons de sable de carrière	59
Figure II-10 : appareil du malaxeur de mortier	Erreur ! Signet non défini.
Figure II-11 : moule pour moulage des mortiers.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure II-12: appareil de vibration	Erreur ! Signet non défini.
Figure II-13 : un maniabilimètre	65
Figure II-14: principe de fonctionnement du maniabilimètre	65
Figure II-15 : les étapes de l'essai de la maniabilité des mortiers	67
Figure II-16 : machine d'essai flexion compression.....	69
Figure II-17 : dispositif de l'essai de traction	69
Figure II-18 : dispositif de l'essai de compression	71

Chapitre III : Résultats et Analyse

Figure III-1 : variation de la maniabilité des mortiers	75
Figure III-2a : variation des résistance à la traction des différents mortiers	77
Figure III-2b: résistance à la traction des mortiers avec et sans fibres.....	77
Figure III-3 a: variation des résistances à la compression des différents mortiers.....	78

Figure III-3b: résistances à la compression des mortiers avec et sans fibres	79
Figure III-4 a : Evolution des résistances à la traction	Erreur ! Signet non défini.
Figure III-4 b : Evolution des résistances à la traction	Erreur ! Signet non défini.
Figure III-5 a : Evolution des résistances à la compression	Erreur ! Signet non défini.
Figure III-5 b : Evolution des résistances à la compression	Erreur ! Signet non défini.
Figure III-6: Variation des masses des mortiers	82
Figure III-7 : Pertes de masses des différents mortiers	84

La liste des tableaux :

Chapitre I : synthèse bibliographiques

Tableau I-1 : dosage du mortier utilisé dans cette étude	27
Tableau I-2 : les résultats d'essai de la maniabilité	35
Tableau I-3 : les résultats des résistances obtenues avec les mélanges élaborés sur une moyenne de trois essais par éprouvettes	35
Tableau I-4 : valeurs des résistances de flexion sur éprouvette prismatiques 4×4×16cm	40

Chapitre II : Matériaux et Méthodes

Tableau II-1 : paramètres physico-chimique du ciment.....	47
Tableau II-1 : caractéristique chimiques du ciment	48
Tableau II-2 : caractéristique mécanique du ciment	48
Tableau II-3 : caractéristiques minéralogiques du ciment	49
Tableau II-4 : classement du sable	Erreur ! Signet non défini.
Tableau II-5 : analyse granulométrique du sable de carrière	56
Tableau II-6 : analyse granulométrique du sable de mer	56
Tableau II-7: essai d'équivalent de sable de carrière + sable de mer	57
Tableau II-8 : masse volumique absolue et apparente des granulats	59
Tableau II-9 : la formulation des mortiers normalisés	61
Tableau II-10 : opérations de malaxage du mortier normal	62
Tableau II-11 : type de mortier selon le temps de maniabilité.....	68

Chapitre III: Résultats et Analyse

Tableau III-1 : Résultats de l'essai de maniabilité.....	74
Tableau III-2: Résultats des essais de traction par flexion.....	76
Tableau III-3 : Résultats des essais de la compression	78
Tableau III-4 : Variation des masses des mortiers	Erreur ! Signet non défini.
Tableau III-5 : Pertes des masses des différents mortiers	Erreur ! Signet non défini.

Introduction Générale :

Les mortiers de ciment renforcés par des fibres métalliques présentent une meilleure résistance à la fissuration. Les fibres métalliques agissent comme des barrières physiques pour limiter la propagation des fissures dans le mortier. Cela peut être particulièrement bénéfique dans les applications où la fissuration due aux contraintes thermiques, aux charges cycliques ou aux contraintes de retrait est un problème.

Les mortiers contenant des fibres métalliques ont généralement une meilleure résistance aux chocs et à l'impact. Les fibres métalliques absorbent et dispersent l'énergie des chocs, réduisant ainsi les dommages causés par les impacts.

Il est important de noter que le taux de fibres métalliques utilisé dans les mortiers de ciment peut avoir un impact sur ces caractéristiques. Un taux de fibres plus élevé peut généralement entraîner une amélioration plus importante de la résistance et des performances globales du mortier, mais il peut également augmenter le coût et la viscosité du mélange. Un dosage approprié des fibres métalliques doit donc être déterminé en fonction des exigences spécifiques de chaque application.

Les mortiers de ciment, composés de ciment, de sable et d'eau, sont largement utilisés dans la construction pour diverses applications telles que la maçonnerie, le revêtement de sol et la réparation des structures. Cependant, ces mortiers traditionnels ont tendance à présenter des caractéristiques limitées en termes de résistance à la fissuration et de durabilité.

L'introduction de fibres métalliques dans les mortiers de ciment offre une solution efficace pour améliorer ces caractéristiques. Les fibres métalliques, généralement sous forme de fils fins ou de fils ondulés, sont ajoutées au mélange de mortier pour renforcer la matrice cimentaire.

L'un des principaux avantages de l'ajout de fibres métalliques est l'amélioration de la résistance à la fissuration. Les fibres agissent comme des renforts dans le mortier, répartissant les contraintes et les contraintes sur une plus grande surface, ce qui réduit les chances de formation de fissures. Cela est particulièrement important dans les structures soumises à des charges dynamiques, telles que les planchers industriels et les dalles de béton, où les contraintes peuvent causer des fissures.

En plus de la résistance à la fissuration, les fibres métalliques améliorent également la résistance à la traction, la ductilité et la résistance aux chocs du mortier de ciment. La présence de fibres métalliques permet de limiter la propagation des fissures et d'absorber l'énergie lorsqu'une contrainte est appliquée, ce qui confère une meilleure résistance globale au matériau.

Le taux de fibres métalliques ajoutées au mortier de ciment a un impact significatif sur ses caractéristiques. Un taux plus élevé de fibres métalliques entraîne généralement une amélioration plus importante de la résistance à la fissuration et de la résistance mécanique.

Cependant, il est important de trouver un équilibre entre la quantité de fibres ajoutée et la facilité de mise en œuvre du mortier. Un taux trop élevé de fibres peut rendre le mélange plus difficile à travailler et nécessiter des ajustements dans les procédures de construction.

En résumé, l'ajout de fibres métalliques dans les mortiers de ciment est une technique efficace pour améliorer leurs caractéristiques, en particulier la résistance à la fissuration, la résistance à la traction, la ductilité et la résistance aux chocs. Le taux de fibres métalliques doit être soigneusement évalué pour trouver le bon équilibre entre les performances améliorées et la facilité de mise en œuvre du mortier.

Dans ce mémoire, le premier chapitre est une étude bibliographique des mortiers, fibres (définitions, types, classifications et propriétés ...etc.). Les mortiers seront définis, ainsi que leurs compositions et leurs types seront présentés. Leurs caractéristiques à l'état frais et à l'état durci seront aussi étalées.

Dans le deuxième chapitre on a essayé de faire une étude expérimentale concernant sur les mortiers à l'état frais (la maniabilité) et à l'état durci (essais de compression traction / compression ainsi que les variations et les pertes des masses des mortiers à plusieurs jours (2jr, 7 jr, 14jr et 28jr).

Dans le troisième chapitre, nous présentons les résultats des essais quand a réaliser et leurs interprétations, en comparant ces derniers aux règles normatives et aux résultats de littérature.

Enfin, une conclusion générale permet de faire une synthèse des principaux résultats obtenus.

Chapitre I : Synthèse bibliographiques

1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons les principaux composants des mortiers, leurs différents types ainsi que les caractéristiques principales telles que l'ouvrabilité. Leurs caractéristiques à l'état frais et à l'état durci seront aussi étalées.

2. Définition :

Une construction est généralement réalisée par des éléments structuraux en béton armé, dont il faut assurer la liaison ou qu'il faut protéger par un revêtement. On doit alors effectuer des scellements à l'aide d'un matériau composé de sable, de l'eau et de ciment et éventuellement d'un adjuvant pour obtenir un « Mortier » qui se distingue du béton par l'absence de gravillons.

Le mortier est un matériau complexe dont les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques des divers constituants sont différentes. Composé essentiellement de sable, de ciment et d'eau de gâchage et d'adjuvant pour améliorer certaines caractéristiques ou propriétés pour faire face à des situations bien définies. Chacun de ses composants joue un rôle bien précis dans le mélange. Les mortiers sont d'usage très répandu : maçonnerie réparation, scellements enduits sols, passe de revêtements lourds...etc. en fonction de leur utilisation, leur dosage varie de façon importante.

C'est le mortier qui par la qualité de sa mise en œuvre va assurer la cohésion et la bonne répartition des charges entre assises. Il assure également un rôle de colle, et lorsqu'il comble chacun des espaces entre la pierre à bâtir, il permet de réaliser des ensembles monolithiques à la résistance variable selon la nature du mortier.

3. Les mortiers :

3.1 Généralités :

Une construction est généralement réalisée par éléments, dont il faut assurer la liaison ou qu'il faut protéger par un revêtement.

On doit alors effectuer des scellements ou divers travaux de reprise, de bouchage, etc. Toutes ces opérations se font à l'aide d'un liant toujours mélangé à du sable, de l'eau et

Chapitre I : Synthèse bibliographique

éventuellement un adjuvant pour obtenir un « Mortier », qui se distingue du béton par l'absence de gravillons.

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

3.2 Définition des mortiers :

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



Figure I-1 : Exemple d'un mortier

Les mortiers sont très utilisés pour des travaux de tous types, ces derniers se déclinent en divers produits, qu'ils soient de ciment, de chaux ou de résine, tous ne s'utilisent pas de la même façon.

3.3 Caractéristiques principales d'un mortier :

Dans toute construction, il est indispensable de réunir entre eux les différents éléments (blocs de béton, briques, éléments en béton préfabriqué, etc.) au moyen d'un mortier de ciment ou d'autre liant qui a pour but de :

- Solidariser les éléments entre eux.
- Assurer la stabilité de l'ouvrage.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

- Comblent les interstices entre les blocs de construction.

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 mortiers peuvent être obtenues en jouant sur les différents paramètres: liant (type et dosage), adjuvants et ajouts, dosage en eau. En ce qui concerne le liant, tous les ciments et les chaux sont utilisables. Leur choix varie en fonction avec l'ouvrage à réaliser et son environnement. La durée de malaxage doit être optimum, afin d'obtenir un mélange homogène et régulier.

3.4 Les Constituants des mortiers :

Classiquement, un mortier est un simple mélange de liant (chaux ou ciment) de sable et d'eau. Néanmoins, de nos jours l'emploi d'adjuvants et de différentes additions minérales est obligatoire pour atteindre des propriétés améliorées.

3.4.1 Les ciments :

Le ciment est un matériau anhydre finement broyé, utilisé comme un liant hydraulique. Par simple mélange avec l'eau, le ciment développe des hydrates rigidifie le matériau granulaire non cohésif en matériau cohésif présentant des propriétés mécaniques élevées. Il existe deux grandes familles de Ciments :

- Les ciments Portland, constitués majoritairement de silice et de chaux.
- Il est utilisé principalement dans les bétons de bâtiments et les ouvrages de génie civil.



Figure I-2: Exemple d'un ciment

3.4.2 La chaux :

Il est obtenu par calcination, c'est-à-dire chauffage à haute température, de pierre calcaire.

Selon la composition du matériau de base, on obtiendra de la :

- La chaux aérienne est obtenue à partir de calcaire très pur
- La chaux hydraulique est obtenue à partir de calcaire contenant des silicates, aluminates, des composés de magnésium.

3.4.3 Les sables :

Le sable, est une roche sédimentaire meuble, constituée de petites particules provenant de la désagrégation d'autres roches dont la dimension est comprise entre 0,063 et 2mm. Ils proviennent de deux sources :

- Naturelle : Mer, Oued, Sahara. Ce cas représente la quasi-totalité des constructions
- Industrielle : issu du concassage des granulats de carrière, et plus rarement du recyclage des déchets de construction.

Suivant les grosseurs des grains minimale et maximale, les sables sont classés comme suit :

- Sable finde 0.08 à 0.135mm
- Sable moyen.....de 0.135 à 2 mm
- Sable gros.....de 2 à 5 mm

3.4.4 L'eau de gâchage :

Le dosage en eau dépend de l'utilisation du mortier : un enduit à projeter doit être beaucoup plus liquide qu'un mortier d'assemblage de parpaings. Un mortier trop sec manque d'homogénéité et il est difficile à utiliser (il ne "colle" pas). Un mortier trop humide sèche mal et il est difficile à appliquer en épaisseur (il coule).

3.4.5 Les adjuvants :

Un adjuvant est un produit incorporé en faible quantité au moment du malaxage du béton ou du mortier en afin de modifier les propriétés du mélange à l'état frais ou à l'état durci. Chaque adjuvant est défini par une fonction principale et une seule, un adjuvant peut présenter une ou plusieurs fonctions secondaires.

3.5 Différents types des mortiers :

3.5.1 *Les mortiers de ciment Portland :*

Les ciments Portland sont des liants hydrauliques composés principalement de silicates de calcium hydrauliques qui font prise et durcissent en vertu d'une réaction chimique à l'eau appelée hydratation.

3.5.2 *Les mortiers de chaux :*

Le mortier de chaux sert à maçonner les pierres, mais aussi à faire des enduits intérieurs et extérieurs. Il sert aussi, en décoration, pour faire de la peinture à la chaux et, chose moins connue, le matériau sert aussi à faire du béton de chaux, matériau utilisé depuis l'Antiquité.

Fabriqué avec de la chaux hydraulique, moins résistant et moins étanche que le mortier de ciment, il est plus souple et laisse respirer les murs.

Dosage = chaux + sable + eau

3.5.3 *Les mortiers bâtards :*

Fabriqué avec un mélange de ciment et de chaux, avec des caractéristiques intermédiaires entre le mortier de ciment et le mortier de chaux. La chaux apporte la plasticité (permet de réduire le risque de fissuration comparé au mortier de ciment pur), le ciment apporte la résistance et une vitesse de durcissement plus élevée. On distingue :

-Mortier réfractaire à base de « ciment fondu ».

-Mortier rapide à base de ciment prompt ou mélange ciment portland gris + ciment fondu.

Dosage = ciment + chaux + sable + eau.

Mortiers à plus grandes plasticités : plus de chaux

Mortiers à plus grandes résistances : plus de ciment

3.5.4 *Mortier de terre :*

Le mortier de terre est un mortier fait avec de l'argile ou de la terre crue (figure I-3). De part la disponibilité de la matière première, ce type de mortier est ou a été probablement employé partout dans le monde depuis des temps immémoriaux éventuellement en remplacement de la chaux.



Figure I-3: Mortier de terre [1]

3.5.5 Mortier de chaux grasse :

Utilisation de chaux grasse comme matériau de construction fait ses preuves depuis de nombreux millénaires. De nos jours, elle est appréciée pour sa durabilité et sa rentabilité, et parce qu'elle satisfait aux critères relatifs à l'écologie de la construction. La durabilité est et reste un thème extrêmement important dans notre société.

3.5.6 Mortier rapide :

Comme pour le mortier normal, il s'agit d'un mélange de ciment, de sable et d'eau mais auquel on ajoute un adjuvant pour améliorer le temps de prise du mortier. Il est rapide et résistant pour les scellements.

3.5.7 Mortier de plâtre :

Le mortier de plâtre est utilisé comme enduit de finition de plafonds et murs intérieur et extérieur. Il se compose de mortier d'enduit et offre de nombreuses options de conception comme couche de finition. Le plâtre est divisé en différents groupes de mortiers de plâtre.

3.5.8 Mortier réfractaire :

Il est fabriqué avec du ciment fondu, qui résiste à des températures élevées. Il est utilisé pour la construction des cheminées et barbecues.

3.5.9 Mortiers industriels :

Ce sont des mortiers que l'on fabrique à partir de constituants secs, bien sélectionnés, conditionnés en sacs, prêts à l'emploi, contrôlés en usine et parfaitement réguliers.

Pour utiliser ce type de mortier, il suffit de mettre la quantité d'eau nécessaire et malaxer pour ensuite les mettre en œuvre. Les fabricants de mortiers industriels proposent une gamme complète de produits répondant à tous les besoins

3.6 Caractéristiques essentielles des mortiers :

3.6.1 Maniabilité :

Suivant les emplois, les propriétés requises peuvent être différentes mais dans tous les cas, la maniabilité du mortier conditionne sa mise en œuvre. La maniabilité est apportée par les éléments fins (liants et fillers) et par les adjuvants. Cela explique le surdosage fréquent des mortiers traditionnels composés uniquement de sable et de ciment.

3.6.2 Perméabilité :

L'aptitude des mortiers à se laisser traverser par les liquides dans des conditions de pression et de viscosité du liquide données. La perméabilité diminue en augmentant la compacité, elle n'est obtenue qu'avec un dosage en liant suffisant pour l'enrobage de tous les grains internes.

3.6.3 Conditions d'hydratation :

Un autre problème, généralement rencontré lors de la mise en œuvre des mortiers, est celui de l'hydratation correcte du liant. Les liants hydrauliques ont besoin d'eau pour durcir normalement. Or les mortiers sont souvent appliqués en couche mince et risquent une déshydratation prématurée due à l'absorption des matériaux avec lesquels ils sont en contact ou à l'évaporation.

Ce risque amène à utiliser des produits spécifiques (formulations contenant des rétenteurs d'eau) et à prendre des précautions particulières lors de leur emploi par temps chaud (humidification des supports et ré humidification ultérieure).

3.6.4 Déformabilité :

Aussi dans les travaux de liaison comme le revêtement, le mortier est utilisé en association avec d'autres matériaux et doit présenter une déformabilité suffisante pour absorber les variations dimensionnelles admissibles des supports.

3.6.5 Retrait :

Les contraintes qui résultent du retrait peuvent être absorbées par le développement de microfissures internes non préjudiciables au comportement ultérieur du mortier. Toutefois, dans les travaux de surface, elles peuvent également conduire à des fissurations d'autant plus préjudiciables que le mortier est destiné à assurer la protection de la maçonnerie vis-à-vis de la pluie. Il y a lieu de noter que ces contraintes dépendent non seulement du retrait mais également des caractéristiques mécaniques du mortier et en particulier de son module d'élasticité.

3.6.7 Adhérence :

L'adhérence du mortier aux matériaux associés est, dans un grand nombre de cas, un critère primordial de bon comportement.

3.6.8 Durabilité :

Dans tous les emplois extérieurs, la résistance aux intempéries conditionne la durabilité du mortier (capillarité, perméabilité à l'eau et à la vapeur, résistance au gel). En outre, pour les travaux de surface, le mortier doit présenter une résistance aux chocs.

3.7 Préparation des mortiers :

Les mortiers sont confectionnés à partir des quantités nécessaires en fonction des dosages et des travaux à faire comme montrent le tableau ci-dessous :

Tableau I.1 : dosage du mortier utilisé dans cette étude

Sable	Ciment	Eau	Les adjuvants
Unité (g)	Unité (g)	Unité (ml)	Unité (g)
1350	450	225	4.5

4. Les fibres :

4.1 Introduction :

Les fibres sont classées selon leur origine (naturelle, synthétique ou artificielle), leur forme (droite, ondulée, aiguille, ...etc.), leur dimension (macro ou microfibre) et aussi par leurs propriétés mécaniques.



Figure I-4 : les fibres métalliques utilisées dans cette étude

4.2 Types de fibres :

Il existe plusieurs types de fibres, ils sont classés selon leur origine (naturelles ou artificielles), leur diamètre et leur longueur (macro ou micro fibres), leur forme et leur état de surface (lisse, rugueuse, plate, ondulée, crantée ...) ainsi leurs propriétés mécanique. Résistance à la traction et adhérence au béton, qui procurent un comportement mécanique spécifique aux structures renforcées de fibres.

Le choix des fibres dépend de l'usage recherché (pièces minces ou massives, renforcement de pâte pure, de mortier ou de béton, réparation des structures), de leurs propriétés (résistance et module élevés, bonne adhérence), de leur prix, les différents types des fibres sont :

4.2.1 Fibres minérales :

Elles regroupent plusieurs sortes de fibres (amiante, alumine ... etc.), et sont utilisées en grande quantité dans plusieurs applications traditionnelles. Les fibres d'amiante autrefois utilisée pour l'isolation, se sont aujourd'hui révélées cancérogènes.



Figure I-5 : Exemple de la fibre minérale [2]

4.2.2 Fibres synthétiques :

Cette famille regroupe plusieurs types de fibres comme (nylon, polypropylène, polyester ...etc.). Elles sont apparues à la fin du XIXème siècle sous le nom de rayonne. Elles sont dérivées de la cellulose naturelle. Aujourd'hui, la plupart des fibres synthétiques proviennent des produits dérivés du pétrole et de polymères géants dont la structure ressemble à celle des matières plastiques.

La première fibre plastique commercialisée avec succès, le Nylon, daté de 1938. Depuis, de nombreux synthétiques, dont les fibres acrylique, l'aramide, l'oléfine et le polystyrène sont apparus. Ces fibres ont également été étudiées à des fins industrielles très précises, telles que la fabrication des matériaux d'isolation, t'issus pare-balle, les fuselages et ailes d'avion.

4.2.3 Fibres de verre :

Les fibres de verre sont obtenues par fabrication à partir de verre fondu qui passe dans une filière, chauffé par effet de joule. Elles présentent de bonnes caractéristiques mécaniques, elles sont disponibles dans le commerce sous forme de bobines.

4.2.4 Fibres de polypropylène :

Les fibres de polypropylène sont fabriquées depuis 1954 par l'industrie textile. Le polypropylène est un polymère cristallisable de la famille des polyoléfines des produits chimiques.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Il a connu une extension croissante dans ce domaine où il apporte les avantages suivants : déformabilité élevée, imputrescibilité et bonne résistance en traction qui peut atteindre 800 MPa.

Ces fibres sont utilisées dans les bâtiments pour l'élaboration de revêtement de façades dans plusieurs constructions (Londonderry House Hôtel), ainsi que l'élaboration de panneaux décoratifs de 33cm d'épaisseur et aussi dans la réalisation des canalisations et des pieux.



Figure I-6: Fibres polypropylène. [3]



Figure I-7 : différentes natures de fibres [4]

4.2.6 Fibres d'acier :

Les fibres d'acier, qui sont sans doute les plus utilisées dans le domaine du génie civil, ont fait l'objet de plusieurs recherches.

En effet, les propriétés mécaniques du béton renforcé par ces fibres sont influencées par la résistance d'adhésion interraciale entre fibre et matrice.

Les fabricants des fibres d'acier ont essayé par tous les moyens d'améliorer l'adhérence en jouant sur l'irrégularité de la surface de la fibre.

Il existe de nombreuses variétés de fibres qui se différencient les unes des autres par leur section (ronde, carrée, rectangulaire), leur diamètre, leur longueur et leurs modes d'élaboration. Elles peuvent être rectilignes, ondulées, ou présenter des élargissements aux extrémités, soit en crochets pour améliorer l'accrochage dans le même but, elles peuvent présenter des aspérités, des crans surfaces.

A recherche de l'adhérence au béton a donné naissance à une grande variété de fibres susceptibles, par leur forme ou leur état de surface, de mieux s'ancrer dans le béton :

- Fils étirés et coupés, ondulés crantes, torsadés, avec crochets
- Fibres usinées à surface rugueuse
- fibre de fonderie la fibre de fonte se présente sous forme d'un mince ruban de 30 μm d'épaisseur.

Les fibres métalliques sont de types et de formes variées et présentent une très bonne compatibilité avec le béton. Les fibres sont composées d'acier au carbone, d'acier inoxydable ou d'acier galvanisé contre la corrosion. En général, la longueur des fibres varie de 25 à 60 mm et le diamètre varie de 0,5 à 1,3 mm. La fabrication des fibres métalliques s'effectue selon plusieurs méthodes en relation avec leurs formes géométriques multiples (ASTM A 820)

La résistance en traction de ces fibres varie généralement entre 1000 et 3000MPa, mais cette résistance est rarement utilisée dans le composite dû au phénomène de pull - out des fibres.

4.2 Distribution des fibres et leur orientation :

La principale cause qui affecte l'orientation préférentielle des fibres est la mise en place du béton lors de coulage, en effet lors de coulage de béton les fibres s'orientent suivant l'axe de l'écoulement puis parallèlement aux parois au fur et à mesure que le béton remplit le coffrage. Aussi la vibration peut causer une orientation préférentielle des fibres suivant l'axe de vibration [5].

Les travaux menés par [Casanova 1996] [5] ont montré une parfaite corrélation entre l'orientation préférentielle des fibres et le comportement mécanique en traction suivant les trois directions. Quand les fibres sont orientées perpendiculairement au plan de la fissure (carottes horizontales), les éprouvettes présentent un bon comportement à la traction, avec une meilleure résistance résiduelle. Dans ce cas, les fibres assurent un transfert optimal des contraintes à travers la fissure. A l'inverse, lorsque les fibres sont orientées préférentiellement parallèlement au plan de la fissure (carottes verticales), ce comportement est semblable à celui d'un béton sans aucun renfort de fibres.

Dans le cas intermédiaire (carottes diagonales), le comportement post pic est amélioré, mais de façon limitée en raison de l'orientation des fibres intermédiaire

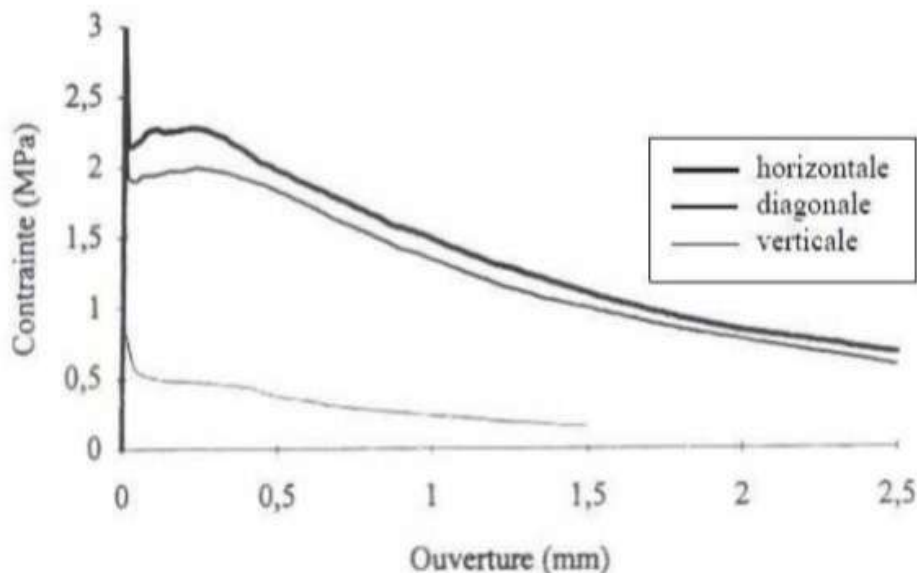


Figure I-8: Influence de la direction du carottage sur le comportement en traction d'un béton fibré [5]

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Ainsi, plusieurs auteurs ont montré que les fibres orientées perpendiculairement à l'axe de la sollicitation reprennent efficacement la fissuration, alors qu'une orientation préférentielle parallèle à l'axe entraîne une baisse de l'effort maximum.

4.3 Dosage en fibre :

Le taux de fibre incorporé a une influence directe sur les propriétés de béton à l'état frais et durci. En effet les travaux menés par ont montré que :

- l'ouvrabilité diminue avec l'augmentation de la teneur en fibres métallique
- La résistance à la compression et à la flexion augmente avec l'augmentation du pourcentage des fibres pour arriver à un maximum correspond à un dosage respectivement de 3,0% et 4,0%, des fractions volumiques de fibres
- En général, l'amélioration satisfaisante dans différents dosages est observée avec l'inclusion de fibre en acier dans le béton ordinaire. Cependant, le gain maximal de la résistance du béton se trouve à dépendre de la quantité de teneur en fibres.
- La ductilité du béton se trouve à augmenter avec l'inclusion de fibres à teneur élevée en fibres.

4.4 Rôle des fibres :

Au début, les chercheurs ont essayé, par l'addition de fibres, d'augmenter les caractéristiques mécaniques du béton ou de mortier comme la résistance à la compression et la résistance à la flexion, mais le résultat obtenu était limité. Ils n'ont constaté que le rôle principal des fibres dans un matériau cimentaire peut-être apprécié sous deux volets :

Le contrôle de la propagation d'une fissure dans un matériau en état de service en réduisant l'ouverture des fissures, comme schématiquement illustré par la Figure (I-9).

La transformation du comportement fragile d'un matériau en un comportement ductile qui accroît la sécurité lors des états de chargement ultimes.

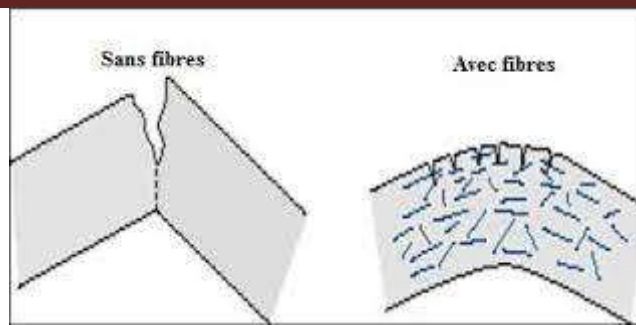


Figure I-9: Illustration de l'apport du renfort par des fibres [5]

4.5 Mortier fibré :

Le mortier fibré est principalement utilisé dans le domaine de la construction, aussi bien dans le cadre d'une rénovation que de la réalisation de constructions neuves. La spécificité de sa formulation en fait un mortier aux propriétés mécaniques intéressantes en termes de durabilité.



Figure I-10: Exemple d'un mortier fibré

4.6 Diverses applications de la fibre métallique :

- Dallages, sois industriels, planchers, dalles de compression
- Éléments préfabriqués voussoirs de tunnels, poutres, conteneurs, tuyaux
- Bétons projetés en travaux souterrains, stabilisation en pente et ouvrages d'assainissements
- Pieux de fondations, semelles filantes

4.7 La résistance de la fibre métallique :

Leur résistance à la traction doit être supérieure à 1000 MPa selon la norme NF EN ISO 16120-2 et [6].

La longueur de la fibre doit être trois fois plus grande que le diamètre du plus gros granulats. La géométrie de la fibre doit favoriser son ancrage dans la matrice béton (ex : un façonnage symétrique en forme de baïonnette appelée "crochet" optimise l'ancrage de la fibre dans la matrice béton).

Ce type de fibre est le plus utilisés dans le domaine de génie civil et qui ont fait l'objet de plusieurs recherches. [7]

Les fibres métalliques sont de types et de formes variées et présentent une très bonne compatibilité avec le béton. La figure présente différentes géométries de fibres métalliques. Les fibres sont composées d'acier au carbone, d'acier inoxydable ou d'acier galvanisé contre la corrosion.

En général, la longueur des fibres varie de 25 à 60 mm et le diamètre varie de 0,5 à 1,3 mm. La fabrication des fibres métalliques s'effectue selon plusieurs méthodes en relation avec leurs formes géométriques multiples. Ces fibres travaillent en tension dans le béton en étant sollicitées soit par frottement soit par ancrage ou les deux.

5. Etude à l'état frais :

Quelques essais ont montré que l'ouvrabilité du mortier était fortement influencée par le pourcentage et la longueur des fibres.

Pour des bétons (micro bétons) ayant un faible module de finesse (bétons de petits granulats), il est possible d'ajouter des fibres jusqu'à 1% (en volume) sans précautions particulières et jusqu'à 2% et plus en contrôlant la fabrication d'une manière rigoureuse [7].

Les évolutions des affaissements est tout à fait comparables à celles du mortier, comme le montre le tableau. Les résultats sont la moyenne des essais sur des gâchées.

Tableau II- 1 : les résultats d'essai de la maniabilité [7]

Longueur de la fibre (mm)	% de fibre par rapport poids du ciment	% de superplastifiant par rapport poids m ³ De ciment	E/C	L'affaissement
Témoin	0	0	0.45	12
		0.1		12.5
24.5	1 3 5	0.1		12.5
				12
				11.8
				11.66 11.5
Témoin	0	0	0.5	13
		0.1		13.5
24.5	1 3 5 7	0.1		13
				12.9
				12.7
				12.4

6. Etude à l'état durci :

Le tableau (I-3) présente les résultats des résistances obtenues avec les mélanges élaborés sur une moyenne de trois essais par éprouvettes

Tableau I-2 : les résultats des résistances obtenues avec les mélanges élaborés sur une moyenne de trois essais par éprouvettes [7]

Volume de fibres en (%)	0% N	1% MF C 10	3 % MF C30	5 % MF C50	7% MF C70	E/ C
Rc 7 (MPA)	37	39.1	41.7	43	42	0.45
Rc 28 (MPA)	49	51.1	53	55	53.4	
Rc 7 (MPA)	34.5	36	38	40	38.7	0.5
Rc 28 (MPA)	46.5	48	50	51.7	49.5	

Les résultats des essais à la compression, varient en fonction de l'âge de l'éprouvette et les pourcentages des fibres. Une légère augmentation de la résistance à la compression par

Chapitre I : Synthèse bibliographique

rapport au mortier témoin avec L'utilisation de quatre dosages de fibres d'acier (1, 3, 5,7%). Ces ci confirment le fait que les fibres d'acier aient une influence importante sur la résistance du mortier et que plus le pourcentage est important, plus l'influence est grande. [7]

Les valeurs du tableau donnent les résistances à la compression de tous les mortiers qui ont été Fabriqués sur la base d'un seul type de fibre d'acier courte. Ces valeurs indiquent également que la résistance à la compression est peu influencée par l'ajout de fibres. Bien que, dans certains cas, les gains de résistance peuvent atteindre 12%, il est intéressant de constater que la résistance à la compression augmente avec le dosage en fibres jusqu'à une valeur seuil qui correspond à un dosage de 5%, pour les fibres de dimensions 0,62mm x 24,5mm.

Pour le dosage à 7 % de fibres une mène diminution de la résistance à la compression qui peut être expliquée par le fait que, à fort dosage.

L'ajout de fibres exerce un effet de desserrement important sur le squelette granulaire, et réduit la maniabilité du mélange.

6.1 Influence du pourcentage de fibres d'acier sur la résistance à la compression :

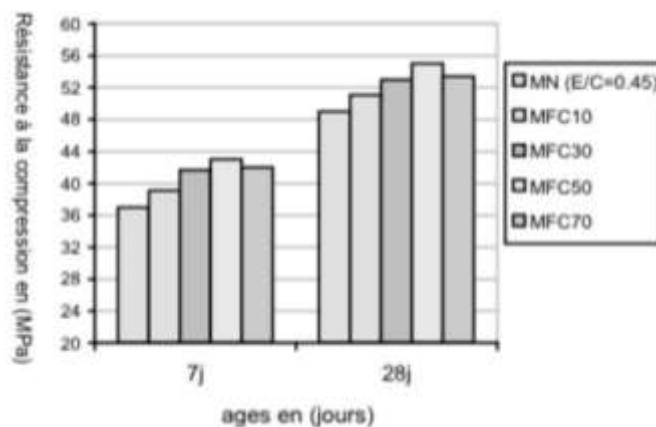


Figure I-11 : la résistance de compression du mortier [7]

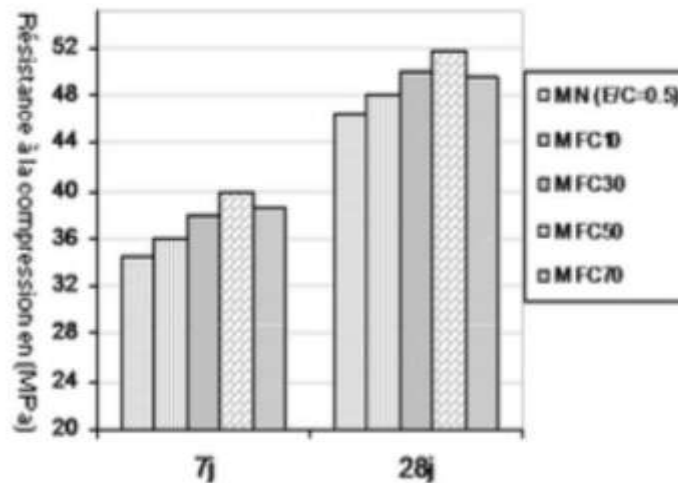


Figure I-12 : la résistance de compression du mortier [7]

Les deux figures (11 et 12) montrent l'influence du pourcentage de fibres d'acier courtes sur la résistance à la compression pour les différentes échéances.

L'ajout de fibres d'acier engendre une légère augmentation de la résistance en compression des mortiers.

Cette augmentation est importante pour un dosage de fibres égales à 5 % par rapport aux mortiers témoins sans fibres.

La résistance de compression du mortier de fibres d'acier accroît légèrement par rapport à la résistance du mortier témoin pour un rapport E/C =0.45 en fonction le pourcentage de fibres.

Pour le dosage 7% de fibres d'acier courtes, on constate une légère diminution de la résistance à la compression comparativement au cas où le pourcentage de fibres est égal 5%.

Pour le dosage à 7 % de fibres une même diminution de la résistance à la compression qui peut être expliquée par le fait que, à fort dosage. L'ajout de fibres exerce un effet de desserrement important sur le squelette granulaire, et réduit la maniabilité du mélange.

On constate que pour le rapport (E/C= 0.5) une légère augmentation de la résistance à la compression lorsque le dosage de fibres d'acier passe de (1%,3% à 5%) et n'apporte qu'une petite amélioration (3.12%,7.52% à 11.18%) par rapport au mortier témoin.

6.2 Influence du rapport E/C sur la résistance à la compression des mortiers renforcés de fibres d'acier :

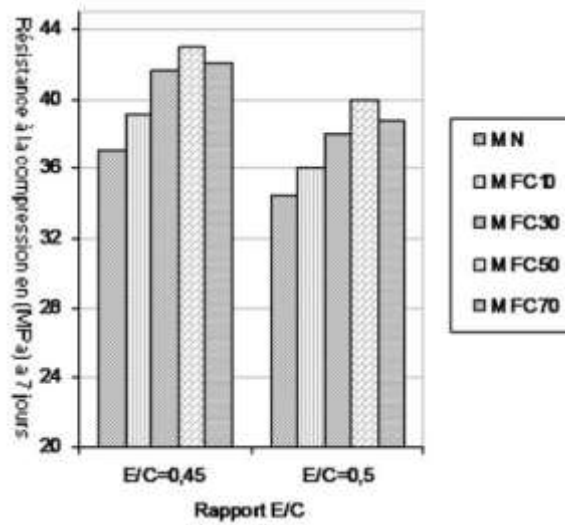


Figure I-13 : L'influence du rapport E/C sur la résistance à la compression à 7 jours en fonction du pourcentage de fibres d'acier. [7]

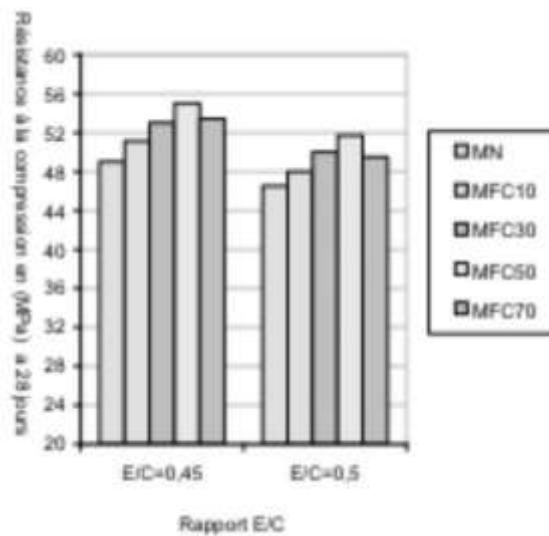


Figure I-14: L'influence du rapport E/C sur la résistance à la compression à 28 jours en fonction du pourcentage de fibres d'acier. [7]

Pour les mortiers renforcés de fibres d'acier, les résultats obtenus, illustrés dans les figures 13 et 14 permettent de remarquer la décroissance de la résistance des mortiers renforcés par de fibres d'acier et d'un rapport E/C variant de 0.45 à 0.5. Cela confirme que l'augmentation du rapport E/C (élévation de la quantité d'eau) provoque une réduction de la résistance à la compression.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

On constate ici qu'avec des éprouvettes de mortiers de fibres et pour des différents pourcentages, la résistance augmente légèrement dans le rapport $E/C = 0.45$ comparativement au cas où le rapport $E/C = 0.5$. En revanche, une diminution significative est marquée avec les différents pourcentages de fibres d'acier avec un rapport $E/C = 0.5$.

6.3 Résistance à la traction par flexion sur éprouvettes Prismatiques :

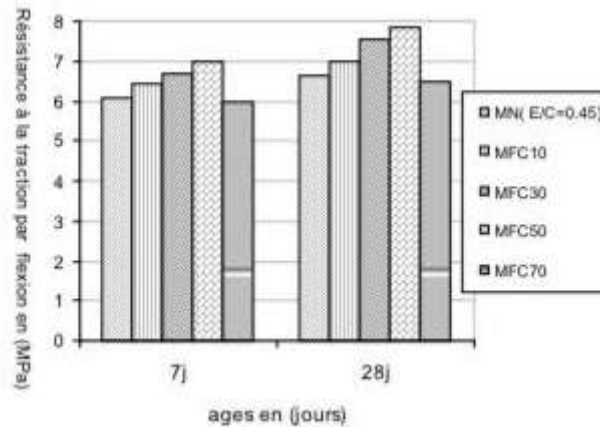


Figure I-15: Résistance à la traction par flexion d'un mortier renforcé de fibres d'acier. [7]

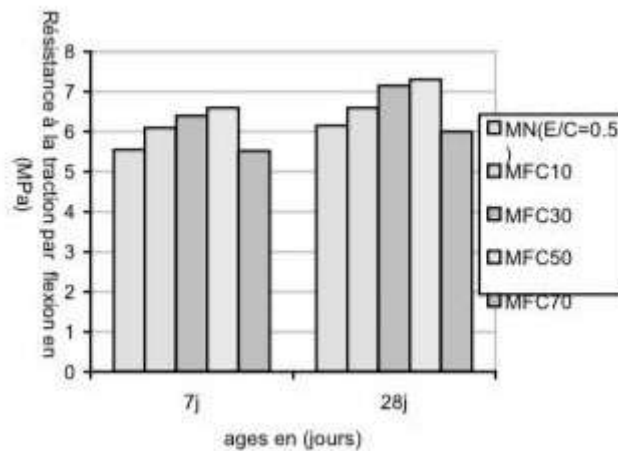


Figure I-16 : Résistance à la traction par flexion d'un mortier renforcé de fibres d'acier. [7]

Les figures I (15 et 16) montrent et assurent que l'ajout de fibres d'acier engendre une augmentation de la résistance en traction par flexion des mortiers en fonction du temps.

Cette amélioration est importante et implique que les fibres d'acier sont en mesure de modifier le comportement de la structure du matériau.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

L'effet des fibres d'acier sur l'évolution de la résistance du mortier au cours du temps n'est pas très significatif.

On peut constater une augmentation de la résistance à la traction par flexion par rapport au mortier témoin.

Ceci confirme le fait que les fibres d'acier obtiennent une influence importante sur la résistance du mortier et que plus le pourcentage n'est important, plus l'influence n'est grande.

6.4 Résistance à la flexion sur éprouvettes Prismatiques :

Ce tableau présente les valeurs des résistances de flexion sur éprouvettes prismatiques $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$

Tableau I-3 : Valeurs des résistances de flexion sur éprouvette prismatiques $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ [7]

Volume de fibres en (%)	0 % (Mn)	1 % (MFC10)	3% (MFC30)	7% (MFC70)	E/ c
Rc7(MPA)	6.8	7.6	8.05	8.4	0.45
Rc2(MPA)	7.2	8.2	8.55	9	
Rc7(MPA)	6.2	7	7.55	6.1	0.5

Le tableau précédent donne les valeurs des résistances à la flexion obtenue pour les mélanges des mortiers et des mortiers renforcés par de fibres en acier.

Ces grandeurs permettent d'observer une augmentation de la résistance à la flexion avec le dosage en fibres d'acier, et ce, bien qu'il y ait une augmentation significative de la résistance dans les deux rapports E/C.

Ces valeurs montrent également que les résistances à la flexion ne sont pas très différentes. En fait, la résistance à la flexion est légèrement plus élevée pour les mélanges de rapport E/C de 0.45, et légèrement peu élevée pour les mélanges de rapport E/C de 0.5.

L'ajout de fibres d'acier courtes crée une légère augmentation de la résistance à la flexion des mortiers en fonction de temps. Cette amélioration est importante sur le

Chapitre I : Synthèse bibliographique

dosage à 5% de fibres d'acier. On constate une augmentation de la résistance à la flexion par rapport au mortier témoin sans fibres.

Pour le dosage 7% de fibres d'acier courtes, on constate une légère diminution de la résistance à la flexion par rapport au témoin sans fibres.

L'ajout de fibres d'acier permet d'accroître considérablement la résistance à la flexion des mortiers. Il est significatif de constater que, dans les mortiers, la résistance à la flexion du matériau décroît de façon importante avec l'augmentation du rapport E/C.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté une étude bibliographique sur les mortiers, les fibres. Ainsi Ses différents types des mortiers ,fibres .

L'état de connaissance sur le historique et le comportement mécanique des fibres, les types, les avantages des fibrés et influence de la présence des fibres dans le béton renforcés par des fibres.

Quelques recherches sur le mortier de fibre et leur comportement à l'état frais et durci (Maniabilité, résistance à la compression, résistance à la flexion) ont aussi été présentés.

Problématique et axes de recherches

Le mortier, considéré comme un mini béton, est essentiellement composé de ciment, de sable, d'eau et d'adjuvant.

Comme les bétons, les mortiers résistent mieux à la compression qu'à la traction ou la flexion. Pour pallier à ce manque de résistance plusieurs solutions sont offertes, parmi les quelles l'intégration des fibres métalliques lors du malaxage de fibres métalliques.

Ce choix du type de fibre dans notre étude est justifié par sa disponibilité.

L'incorporation des fibres métalliques peut améliorer les résistances à la traction des mortiers de ciment. Dans le présent travail, nous essayerons de répondre aux questions suivantes:

- S'il y a amélioration de résistances, quel serait le taux de fibres (par rapport à la masse du ciment) qui donne la meilleure résistance?
- Est ce que la résistance à la compression sera aussi améliorée ou non?
- Est ce que la présence de fibres métalliques dans le ciment durci ne provoque pas sa fissuration?
- Quels seront les temps de maniabilité des différents mortiers avec différents taux de fibres?

Nous essayerons de répondre à toutes ses interrogations à la fin de ce travail de mémoire.

Chapitre II : Matériaux et Méthodes

1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous présenterons les caractéristiques des matériaux utilisés au cours du travail pratique effectué au niveau des laboratoires pédagogiques du Département de Génie civil et du Laboratoire de recherche (LCTPE) de l'Université de Mostaganem. Il sera aussi présenté, le travail de sélection des constituants ainsi que leur utilisation, dans le but d'obtenir les résultats en matière de résistance.

L'objectif général de cette étude est d'évaluer le comportement mécanique des diverses formulations.

- Évaluer le comportement mécanique (Résistance) des différentes formulations.
- Évaluer l'influence des fibres.
- Faire une étude comparative du comportement mécanique de compression des différentes compositions.

2. Les matériaux utilisés :

- Ciment (CPA CEM II 42.5)
- Sable.
- L'eau.
- Adjuvant
- Fibres métalliques.

2.1 Matériaux :

2.1.1 Le ciment :

Le ciment utilisé dans notre étude est un ciment portland composé (CPA CEM II 42.5) de provenance de la cimenterie de GICA – BPE – Mostaganem.



Figure II - 1 : Échantillon de ciment (CPA CEM II 42.5) utilisé.

2.1.2 Composition du ciment :

Le ciment Portland composé CPJ-CEM II/A 42.5 est constitué de 80 à 94% de clinker Portland, de 6 à 20% maximum d'ajouts (calcaire pur) et de Constituants secondaires (0 à 5% de sulfate de calcium comme régulateur de prise).

Dans le langage courant, le terme de ciment peut être source de confusion lorsqu'il est utilisé pour désigner à la fois :

- la poudre de ciment
- la pate de ciment : au moment de son gâchage avec l'eau
- le produit obtenu après durcissement.

Dans tout ce qui suit, on distinguera ces différents états en appelant :

- ciment anhydre : la poudre de ciment avant gâchage avec l'eau
- ciment hydraté : les composés, insolubles dans l'eau, obtenus par combinaison chimique de l'eau avec le grain de ciment anhydre
- Pate fraiche de ciment : le mélange d'eau et de ciment anhydre avant que l'hydratation n'ait conduit à en faire un solide appelé pate de ciment durcie :

2.1.2 Autres constituants des ciments :

Associés au clinker, les autres constituants modifient les propriétés du ciment grâce à leurs caractéristiques chimiques ou physiques. Dans la mesure où ils sont des sous-produits d'autres industries, ils contribuent aussi à en amoindrir le prix de revient. On appelle "constituant principal un constituant entrant dans la composition du ciment dans une proportion excédant 5 % en masse.

Ils sont indiqués ci-dessous. La lettre entre parenthèse qui suit leur dénomination est leur désignation abrégée telle qu'elle est définie dans la norme EN 197-1

2.1.3 Caractéristiques du ciment :

Les caractéristiques physico-mécaniques de ciment utilisé sont présentées dans le tableau [II-1] ci-dessous.

Tableau II-1 : paramètres physico-chimique du ciment

Paramètres	Résultats			Norme
	Mini	Maxi	Moy	
Physico-mécaniques				NA 442
S S Blaine cm²/g	3464	4035	3702	-
Consistance (%)	25.60	27.00	26.01	-
Début de prise (mn)	148	185	165	≥60mn
Compression 02 jours (MPa)	19.62	23.54	21.32	≥10
Compression 07 jours (MPa)	35.34	41.61	38.06	-
Compression 28 jours (MPa)	42.75	49.93	45.62	≥42.5
Flexion 2 jours (MPa)	3.96	4.71	4.31	-
Flexion 7 jours (MPa)	5.37	6.27	5.91	-
Flexion 28 jours (MPa)	6.12	7.05	6.56	-
Expansion à chaud sur pate (mm)	0.38	5.00	1.72	≤10

Chapitre II : Matériaux et Méthodes

Les caractéristiques chimiques du ciment sont données par le tableau [II- 2] ci-dessous

Tableau II-2 : caractéristique chimiques du ciment

Paramètres chimiques	Résultats			Norme
	Mini	Maxi	Moy	NA 442
Perte au feu (%)	6.20	8.98	7.73	-
CaO libre(%)	0.35	1.40	0.67	-
SiO ₂ (%)	17.04	20.14	18.00	-
Al ₂ O ₃ (%)	4.01	4.90	4.32	-
Fe ₂ O ₃ (%)	2.79	3.26	3.15	-
CaO(%)	62.10	64.14	63.06	-
MgO(%)	0.81	0.94	0.84	≤5
SO ₃ (%)	1.72	2.94	2.15	≤4
Cl ⁻ (%)			<0.01	≤0.1
Insolubles (%)	-		0.79	-

Tableau II-3 : caractéristique mécanique du ciment

Age (jours)	Flexion (N/mm ²)	Compression (N/mm ²)
2jours	5.1	24.7
7jours	7.0	39.5
28jours	8.2	48.0

Tableau II-4 : caractéristiques minéralogiques du ciment

Phase	Constituant minéraux du Clinker	Teneur rapportée au Clinker (%)
Clinker	C3S	57
	C2S	19
	C3A	05
	C4AF	13
	CaO.L Chaux libre	01
Régulateur de prise	Gypse	05

Le ciment commercialisé, conservé est de caractéristique conforme aux normes

2.2 Essai sur le ciment :

2.2.1 *La masse volumique apparente et absolue du ciment :*

La masse volumique apparente et la masse volumique absolue s'expriment en poids/volume comme en g/cm³. La masse volumique apparente est en rapport avec le volume réel, le volume interstitiel et celui des pores alors que la masse volumétrique absolue est en rapport avec le volume réel diminué du volume des pores, le volume interstitiel n'existant plus, les matériaux broyés supprimant le volume des pores ainsi que celui des interstices

2.2.2 *Masse volumique apparente du ciment :*

Matériel nécessaire :

- Un entonnoir monté sur trépied
- Un récipient calibré
- Une règle à araser
- Une balance.



Figure II-2 : Récipient remplie avec sable de carrière

2.2.3 La masse volumique absolue de ciment :

Méthode de pycnomètre à liquide :

Le pycnomètre est un petit ballon environ 50 à 100cm³ fermé dans sa partie honte par un bouchon rodé qui permet d'isoler un volume d'eau caractéristique de l'appareil identique a chaque utilisation il existe différents types de pycnomètres, certains étant munis d'un trait de niveau qu'il faut respecter de manière très précise, d'autres étant conçus de telle manière que la fermeture du bouchon isole de manière automatique et systématique le même volume.



Figure II-3 : les étapes d'essai pycnomètre de ciment

2.2.4 Essai de masse volumique absolue de ciment :

$$V_e = v_s / \gamma_s \quad (\text{II.2})$$

$$V_s = (p_1 + M) - p_2 \quad (\text{II.3})$$

P1 : le poids de pycnomètre rempli benzène

M : la masse de ciment

P2 : la masse de pycnomètre remplie benzène avec ciment

2.3 Le sable :

Le sable est un élément essentiel entrant dans la composition du béton et mortier. Son utilisation permet d'assurer une continuité granulaire nécessaire entre le ciment et le gravier pour une meilleure cohésion du béton.

2.3.1 Caractéristiques physicochimiques :

Une particule individuelle est appelée grain de sable. Les sables sont identifiés grâce à la granulométrie (la grosseur des grains).

Le sable se caractérise par sa capacité à s'écouler. Plus les grains sont ronds, plus le sable s'écoule facilement.

Le sable artificiel, obtenu par découpage ou broyage mécanique de roches, est principalement composé de grains aux aspérités marquées.

On peut également différencier un sable qui a été transporté par le vent d'un sable transporté par l'eau.

Le premier est de forme plus ronde, sphérique, alors que le deuxième est plus ovoïde. De plus, le sable éolien présente une diaphanéité plus mate que le sable fluviatile ou marin qui est dit "émoussé-luisant"

. L'aspect de la surface du grain de sable éolien est due aux multiples impacts que subit le sable lors de son déplacement.

2.3.2 Propriétés physiques :

Le sable forme naturellement des pentes stables jusqu'à environ 30°, au-delà de cet angle, il s'écoule par avalanches successives pour retrouver cette pente stable.

Chapitre II : Matériaux et Méthodes

Cette propriété peut être exploitée pour étudier des formes parfaites générées par l'écoulement du sable sur des plaques de formes différentes.

Par exemple, en faisant couler du sable sur un socle de forme carrée, le sable va former une pyramide parfaite avec des pentes de 30° .

Deux types de sables utilisées :

2.3.3 Sable de mer : il provient des côtes de la mer. Pour l'utiliser dans les bétons, il faut qu'il ne soit pas trop fin et qu'il soit lavé de son sel.



Figure II-4 : Sable de mer

2.3.4 Sable de carrière : Il contient souvent de l'argile qui enrobe les grains et les empêche d'adhérer aux liants. Il est donc à proscrire.



Figure II-5 : *Sable de carrière*

2.3.5 Les caractéristiques des sables :

A fins d'obtenir de bons mortier durables et résistants, il faudrait que l'étude des constituants de ces mortier soit rigoureuse. On cite quelques caractéristiques :

Analyse granulométrique : (NF P 18-304)

L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des différents éléments constituant le sable. La masse de l'échantillon pour l'essai de l'analyse granulométrique dépend des dimensions des éléments les plus gros qu'il contient :



Figure II-6: *Essai de granulométrie de sable de mer*

2.3.4 Module de finesse : (NF P 18 304)

Les sables doivent être présentées après la granulométrie pour que les éléments fins ne soient ni en excès, ni en trop faible proportion. Le caractère plus ou moins fin d'un sable peut être quantifié par le calcul du module de finesse(MF).

Le module de finesse est d'autant plus petit que le granulat est riche en éléments fins.

Le module de finesse d'un sable est égal au centième de la somme des refus exprimés en pourcentage pondéral sur les différents tamis de la série suivante : (5 mm) - (2.5 mm) – (1.25 mm) – (0.63 mm) – (0.315 mm) – (0.16 mm), (0.080 mm).

Il est donné par la relation suivant : $Mf = \sum Ri$ (série mentionnée) /100

Avec : Ri : refus cumulé en (%)

Tableau II- 5 : Classement de sable

Qualité de sable	Module de finesse
Un peu trop fin	$1.80 \leq Mf \leq 2.20$
Préférentiel	$2.20 \leq Mf \leq 2.8$
Un peu trop grossier	$2.80 \leq Mf \leq 3.20$

$$Mf = \sum Ri / 100 \quad (II.4)$$

$$Mf = \frac{\text{somme de refus aux tamis}(5,2.5,1.25,0.63,0.315,0.16,0.080)}{100}$$

Tableau II-6 : analyse granulométrique du sable de mer

DIAMETRE TAMIS (mm)	POIDS TOTAL SEC=1688g					
	Poids du tamis	Poids du tamis + refus	Poids du refus	Refus cumulé	REFUS %	TAMISATS%
2.5	1317	0				
1.25	993	1003	10	10	0.59%	99.41%
0.63	1025	1047	22	32	1.89%	98.11%
0.315	911	1124	213	245	14.51%	85.09%
0.160	872	2213	1341	1586	93.95%	6.05%
0.080	718	800	82	1668	98.81%	1.19%
Fond tamis	1167	1193	26	1694	100%	0%
Module de finesse (NF P 18-554)				1.10		

Pour notre sable MF = 1.10 sable très fin

$$Mf = \sum Ri / 100$$

$$Mf = \frac{\text{somme de refus aux tamis}(2.5, 1.25, 0.63, 0.315, 0.16, 0.080)}{100}$$

$$MF (\text{sable de carrière}) = 3.17$$

2.8 < 3.17 < 3.3 sable peu trop grossier.

Tableau II-7 : analyse granulométrique du sable de carrière

DIAMETRETAMIS (mm)	POIDS TOTAL SEC=1688g					TAMISATS%
	Poids du tamis	Poids du tamis + refus	Poids du refus	Refus cumulé	REFUS %	
2.5	1317	1627	310	310	18%	82%
1.25	993	1687	694	1004	59%	41%
0.63	1025	1314	289	1291	76%	24%
0.315	911	1104	193	1486	88%	12%
0.160	872	979	107	1593	94%	6%
0.080	718	782	64	1657	98%	2%
Fond de tamis	1116	1147	31	1688	100%	0%
Module de finesse (NF P 18-554)			3.17	2.8<3.17<3.3		

MF (sable de mer) = 1.1

1.1 < 1.8 sable trop fin.

Le sable à choisir pour l'étude est un sable corrigé, composé de 50 % de sable de mer et de 50% de sable de carrière, avec un module de finesse choisi et fixé à 2.8.

La figure suivante représente les courbes granulométriques des sables de mer, sable de carrière et du sable combiné et corrigé.

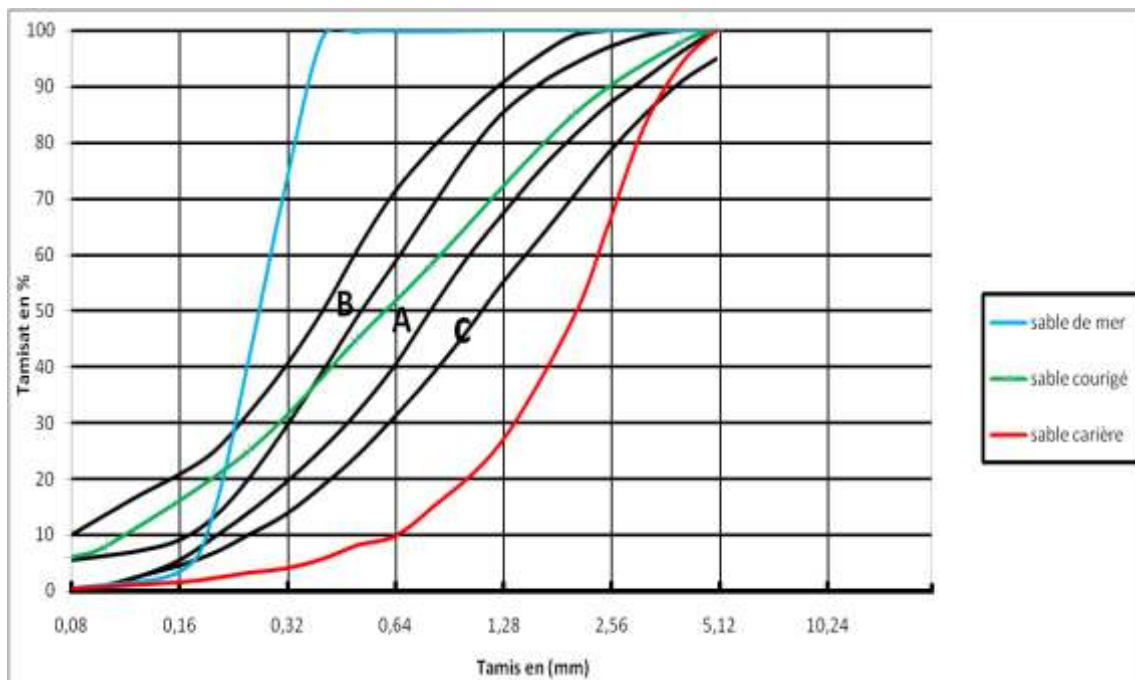


Figure II - 7 : Courbes granulométriques des sables utilisés

2.3.5 Caractéristique physico-chimiques des sables :

- *Equivalent sable :*

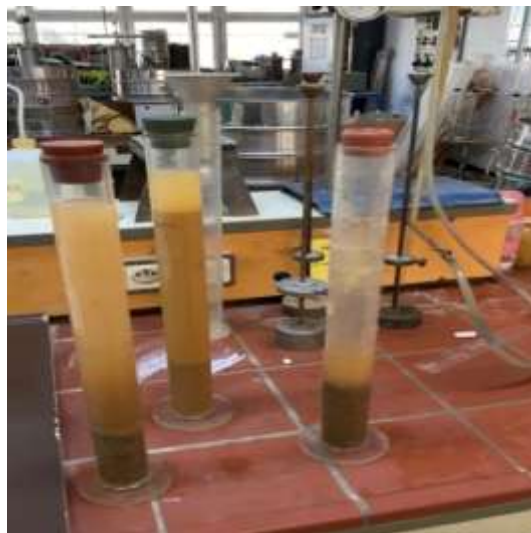


Figure II - 8 : Eprouvettes de l'essai Equivalent de Sable

- L'équivalent de sable est donné par la formule suivante :

$$E_s = \frac{h_2'}{h_1} \times 100 \quad (\text{II-5})$$

- L'équivalent de sable visuel est donné par la formule suivante :

$$E_{sv} = \frac{h_1}{h_2} \times 100 \quad (\text{II-6})$$

Tableau II-8 : Essai d'équivalent de sable de carrière + sable de mer

	Éprouvette 1 (SC)	Éprouvette 2 (SM)
h_1	23.7	9.5
h_2	9.2	8.4
h'_2	8.7	8.4
ES reg	38%	88.42%
E.S _{pis}	36%	100%

Le sable de carrière + sable de mer représente un équivalent de sable vérifiant **ES > 80%** :
Sable très propre.

L'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du mortier qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

2.3.6 Caractéristiques physiques et mécaniques :

La masse volumique :

La masse volumique d'une substance, aussi appelée densité volumique de masse, est une grandeur physique qui caractérise la masse de cette substance par unité de volume. C'est l'inverse du volume massique.

2.3.4 La masse volumique apparente de sable :

La masse volumique du sable est une propriété importante. Elle est utilisée par exemple pour définir les dosages des constituants d'une formule de béton, ou bien plus simplement pour s'assurer qu'on respecte le poids maximum du véhicule (PTAC) lorsqu'on transporte du sable.

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

$$Mv_{app} = \frac{(M_2 - M_1)}{v_1} \quad (\text{II.7})$$

Ou :

M_0 : La masse du récipient de mesure vide.

M_2 : La masse du récipient avec l'échantillon.

V : le volume du récipient de mesure.

Tableau II-9 : masse volumique absolue et apparente des granulats

Types de granulats	Sable de mer	Sable de carrière
MVa (g/cm ³)	2.5	1.47
MVr (g/cm ³)	1.17	2.66

2.4 L'eau de gâchage :

L'eau joue un rôle important, elle sert à hydrater le ciment, elle facilite aussi la mise en œuvre du béton ou du mortier, ainsi elle contribue à son ouvrabilité. L'eau doit être propre et ne pas contenir d'impuretés nuisibles (matières organiques, alcalis).

L'eau potable convient toujours au gâchage à l'eau de mer est à éviter, surtout pour le béton armé. Les caractéristiques des eaux requises pour la confection des mortiers et des bétons sont précisées dans la norme NA-442.

Les mortiers devraient contenir la quantité d'eau maximale compatible avec une ouvrabilité optimale

2.5 Les adjuvants :

Les adjuvants sont des produits incorporés au moment du malaxage du mortier à un dosage inférieur ou égal à 5 % en masse du poids de ciment pour modifier ou améliorer les propriétés du mélange à l'état frais et ou du mortier durci. Dans notre étude on a utilisé les plastifiants à savoir : Sika Plastiment BV-40

2.6 Les fibres métalliques :

Les fibres métalliques, Obtenues à partir de fil d'acier tréfilé, sont utilisées pour améliorer le comportement mécanique d'un béton de structure (résistance au cisaillement, en traction, en flexion, au choc). Leur comportement s'apparente à celui des armatures dans le béton traditionnel

3. Le mortier :

Le mortier est le mélange à consistance de pâte ou de boue, d'un liant et d'agréats avec de l'eau. Il est utilisé en maçonnerie comme élément de liaison, de scellement ou comme enduit. Techniquement parlant, c'est une colle.

Les professionnels du bâtiment qui utilisent le mortier sont le maçon, le couvreur, le carreleur et le tailleur de pierre. Jadis, la fonction était dévolue au gâcheur de mortier, qui le gâchait, c'est-à-dire le mélangeait

3.1 Formulation et conservation des éprouvettes :

La formulation des mortiers normalisés pour 15 éprouvettes confectionnés est représentée dans les tableaux suivants :

Tableau II-10 : Tableau de composition des mortiers étudiés

Composant	Ciment (g)	L'eau (ml)	Sable (g)	Adjuvant (g)	Fibre (g)	Fibre (%)
MF0	450	225	1350	4.5	0	0
MF1	450	225	1350	4.5	4.5	1
MF3	450	225	1350	4.5	13.5	3
MF7	450	225	1350	4.5	31.5	7
MF10	450	225	1350	4.5	45	10

3.2 Préparation des mortiers :

Avant d'être utilisé pour l'identification de caractéristiques physique et/ou mécanique, ce mortier est malaxé pendant 4 minutes conformément aux prescriptions de la norme :

Chapitre II : Matériaux et Méthodes

Introduire l'eau en premier dans la cuve du malaxeur ; y verser ensuite le ciment ; aussitôt après, mettre le malaxeur en marche à vitesse lente.

Après 30 s de malaxage introduire régulièrement le sable pendant les 30s suivantes. Mettre alors le malaxeur à sa vitesse rapide et continuer le malaxage pendant 30s supplémentaires. Arrêter le malaxeur pendant 1 min 30 s.

Pendant les 15 premières secondes enlever au moyen d'une raclette tout le mortier adhérent aux parois et au fond du récipient en le repoussant vers le milieu de celui-ci.

Reprendre ensuite le malaxage à grande vitesse pendant 60 s.

Ces opérations de malaxage sont récapitulées dans le tableau :

Tableau II-11 : opérations de malaxage du mortier normal

Opération	Introduction de l'eau	Introduction du ciment		Introduction de sable	Introduction de la cuve		
Durée			30s	30s	15s	1min 15s	60s
Vitesse	Arrêt	Arrêt	Vitesse lente	Vitesse lente	Arrêt	Arrêt	Vitesse rapide

3.3 Matériel utilisé :

- Moules pour éprouvettes (4x4x16.cm³)
- Malaxeur
- Appareil a chocs
- Main écope.
- Règle a arasé.
- Truelle.
- Machine d'essai de résistance à la flexion.
- Machine d'essai de résistance à la compression.

Le mortier préparé est versé dans des moules prismatiques 4x4x16 cm. La mise en place est réalisée par vibration



Figure II-9: appareil du Malaxeur de mortier

Figure II-10 : Moule pour moulage des éprouvettes de mortier



Figure II-11: appareil de vibration

3.4 Procédure expérimentale :

3.4.1 Préparations des éprouvettes et déroulement des essais :

Les essais sont effectués sur des éprouvettes prismatiques en mortier de dimensions (4×4×16) cm³.

Dans tous les essais le rapport E/C a été fixé sur [0. 5] pour tous les mortiers réalisés. La préparation des éprouvettes est réalisée selon la norme NF P 18-400.

Le malaxage est réalisé à l'aide d'un malaxeur dont la durée de malaxage totale est de 3 minutes.

La vibration a été réalisée sur une table vibrante à durée de vibration réglable. La durée de vibration est de 2 fois 5s (5×2) = 10 secondes.

Les moules ont été couverts de film plastique et stockés dans le laboratoire dans les premières 24h.

Après 24 heures, les échantillons ont été démoulés et conservés dans l'eau à une température ambiante jusqu'à l'âge de l'essai (2j, 7j, 14j ; 28j). A 28 J, les tests de résistances mécaniques des mortiers ont été effectués selon la norme NF 15 403 et NF EN196-1.

3.5 Remplissage et conservation des moules :

Le remplissage et conservation des moules s'est effectué comme suit :

- Après gâchage, on procède au remplissage à raison de deux couches, dans des moules métalliques qui ont été enduits d'huile à l'avance.
- On procède à la table de choc pour les deux couches ; le nombre total de chocs 60 (30chocs pour la première couche et 30chocs pour la dernière)
- Araser et lisser la surface du liant avec une truelle.
- La conservation des moules contenant les éprouvettes, se fait dans le laboratoire, et afin d'éviter toute dessiccation initiale, on protège les moules par du film plastique pendant (24 heure)

Le démoulage est effectué après 24 heures.

Ensuite, les éprouvettes sont curées de la manière suivante : 12 éprouvette cubiques $4 \times 4 \times 16$ cm³ sont conservées à l'eau à une température de (20 ± 2 °C).

- éprouvettes écrasées à 2 jours.
- éprouvettes écrasées à 7 jours.
- éprouvettes écrasées à 14 jours.
- 3 éprouvettes écrasées à 28 jours

4. Les essais sur les mortiers :

4.1 A l'état frais :

Maniabilité NF P18-452 et NF P 15-437 (consistance de mortier):

4.1.2 Objectif de l'essai:

C'est une mesure qui est utilisée pour apprécier l'efficacité d'un adjuvant plastifiant (ou super plastifiant) sur la fluidité d'un mortier ou sur la réduction d'eau qu'il permet de réaliser tant que cet égal.

Il convient donc de définir un mode opératoire susceptible d'apprécier cette consistance, qui est des essais définis par les normes NF P 18 - 452 et NF P 15-437.

4.1.3 Principe de l'essai:

Dans ces essais, la consistance est caractérisée par le temps que met le mortier pour s'écouler sous l'effet d'une vibration.

4.1.4 Equipement nécessaire :

Il est constitué de plaques d'acier formant un parallélépipède rectangle de dimensions: 30x30x60 centimètres, d'une plaque inclinée de 38° par rapport à la verticale qui divise le moule en deux compartiments de volumes différents et d'un vibreur. Trois traits horizontaux sont gravés à l'intérieur du moule sur la plaque d'extrémité.



Figure II-12: un maniabilimètre

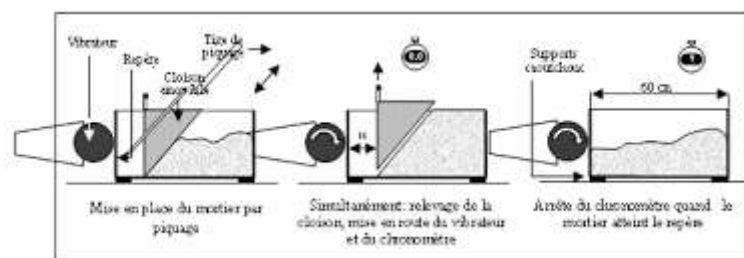


Figure II-13: Principe de fonctionnement du maniabilimètre

4.1.5 Mode opératoire :

- Préparation d'un mortier avec le malaxeur
- On met les fibres sur les mortiers
- On prépare la machine de maniabilité qui s'appelle 'un maniabilimètre'
- On met le mélange des mortiers sur le maniabilimètre
- On utilise le chronomètre pour calculer le temps



Figure II-14 : les étapes de l'essai de la maniabilité des mortiers

4.1. 6 Conduite de l'essai :

Le mortier est introduit dans la partie la plus grande, qui est délimitée par la cloison. Il est mis en place par piquage en quatre couches.

Minute après la fin du malaxage, la cloison est retirée, provoquant la mise en route du vibreur et le déclenchement d'un chronomètre par l'opérateur. Sous l'effet de la vibration, le mortier s'écoule. Le chronomètre est arrêté quand le mortier atteint un trait repère sur la paroi opposée du boîtier.

Tableau II-12 : type de mortier selon le temps de maniabilité

Classe de consistance	Durée (s)
Ferme	$t \geq 40$
Plastique	$20 < t \leq 30$
Très plastique	$10 < t \leq 20$
Fluide	$t \leq 10$

5. A l'état durci :

5.1 Essai de traction :

5.1.1 *Le but de l'essai :*

Déterminer les mesures de résistances a la traction d'un mortier

5.1.2 *Matériels et matériaux utilisés :*

- éprouvettes (4×4×16) cm.
- machine d'essai de résistance à la flexion.

5.1.3 *Mode opératoire :*

- Placer l'éprouvette à la machine de résistance à la flexion

Chapitre II : Matériaux et Méthodes

- Pousser le bouton avant le poids Coulisser a jusqu'à rupture de l'éprouvette la vitesse automatique de mise en charge est 50 ± 10 N/S et les deux demi prismes obtenus sont conservés pour l'essai de compression.
- Relever la force de rupture sur l'échelle [0-5000N].
- Pousser le bouton arrière le poids reviendra a son point de départ.
- Renouveler l'essai sur les deux autres éprouvettes.



Figure II-15: machine d'essai flexion compression



Figure II-16 : Dispositif de l'essai de traction

La résistance à la flexion est déterminée par la formule suivante :

$$R_{fl} = 1.5 \times F_f / b^3 \times L \quad (\text{II. 10})$$

R_{fl} : Résistance à la flexion en MPa.

F_f : Charge de rupture de l'éprouvette en flexion N.

L : Longueur qui sépare les deux appuis inférieurs en mm

b : Côté de l'éprouvette en mm

5. 2. Essai de compression :

Pour toutes les caractérisations physico-mécaniques, des spécimens prismatiques de (4x4x16 cm³) mûries à l'eau. Les résultats de la résistance à la compression obtenus à 2, 7, 14 et 28 jours représentent la moyenne de trois échantillons.

La machine utilisée pour l'écrasement uni axial des cylindres est une presse hydraulique dont la capacité maximale est de 1500 KN en compression. La machine utilisée pour l'écrasement uni axial des spécimens prismatiques est une presse hydraulique.

Après avoir fini les essais sur les mortiers à l'état frais, on verse les mélanges dans des spécimens prismatiques (4x4x5 cm³) sans aucun mode de serrage.

Les échantillons ont été démoulés 24 h après le coulage et puis ont été conservés à l'eau de température jusqu'à l'âge de l'essai.

Les résultats des résistances à l'état durci représentent la moyenne de trois échantillons. Les essais des résistances à la compression sont effectués, conformément à la norme EN 12390-3, sur des spécimens prismatiques aux échéances 2, 7, 14 et 28 jours. La résistance à la compression est déterminée par la relation suivante :

$$R_C = F_c / b^2 \quad (\text{II.11})$$

R_c : Résistance à la compression en MPa.

F_c : Charge de rupture en N.

b : Côté de l'éprouvette en mm

5.2. 1 Matériel utilisé :

- 6 demi éprouvettes (4×4×16) cm obtenus après l'essai de traction-flexion.
- machine d'essai de résistance à la compression.



Figure II-17 : Dispositif de l'essai de compression

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents matériaux utilisés dans cette étude. Le détail des différentes formulations a été également présenté dans cette partie.

Ces différentes formulations seront utilisées pour la réalisation de notre campagne expérimentale (études des propriétés physiques et mécaniques).

Chapitre III : Résultats et Discussion

Chapitre III : Résultats et Analyse

1. Introduction :

Le présent chapitre est consacré à analyser les différents résultats expérimentaux relatifs aux essais effectués sur les mortiers, conformément aux modes opératoires mentionnés au chapitre précédent, une analyse et une discussion des résultats, suivis d'une comparaison entre les résultats obtenus aux différentes échéances.

Les mortiers ont été confectionnés avec des taux de fibres métalliques variant de 1%, 3%, 7% et 10%.

Sur ces mortiers, des essais à l'état frais (maniabilité) et à l'état durci (Résistances à la traction par flexion, Résistances à la compression et Pertes de masses). Les résultats obtenus seront analysés puis comparés aux résultats des mortiers de référence sans fibres.

2. Résultats des essais à l'état frais :

Sur les différents mortiers confectionnés à rapport E/C constant, et afin d'étudier l'influence de l'incorporation des fibres métalliques sur les caractéristiques à l'état frais, nous avons procédé aux essais de maniabilité au maniabilimètre LCPC selon les normes NF P 18-452, EN 413-2, pour la détermination de la maniabilité dynamique.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau (III -1) puis illustrés dans la figure (III -1) ci-dessous.

Tableau III-1 : Résultats de l'essai de maniabilité

Mortiers	MF0	MF1	MF3	MF7	MF10
Temps (s)	4	5	6	7	10

Tous les temps obtenus sont inférieurs ou égaux à 10 s, cela veut dire que les mortiers sont de nature fluide.

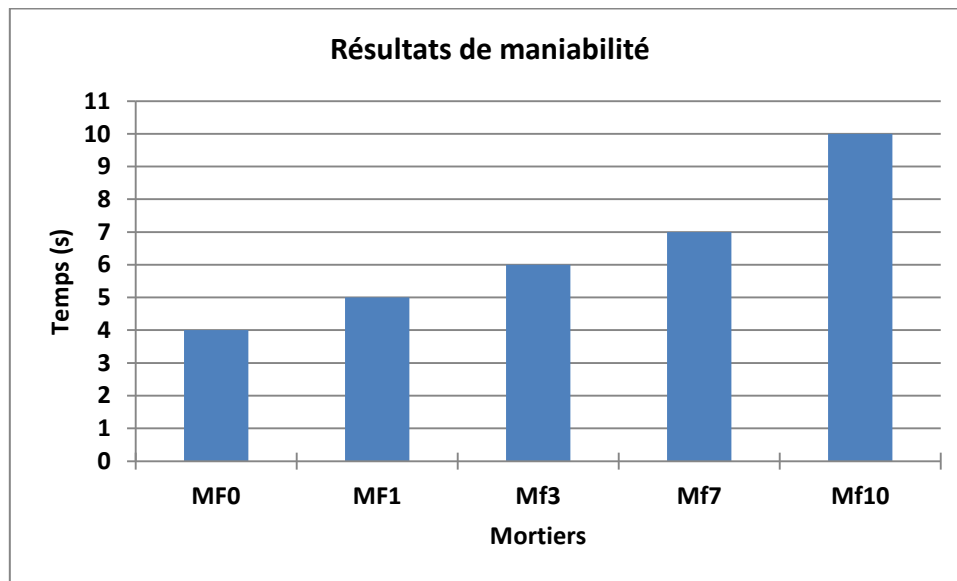


Figure III-1 : Variation de la maniabilité des mortiers

Les temps de maniabilité enregistrés varient de 4s à 10s et sont croissants, ces temps augmentent en fonction du taux de fibres incorporés.

Le mortier de référence MF0 (sans fibre) a donné le temps de maniabilité le plus court. Les mortiers contenant 10% de fibres ont donné le temps le plus élevé (10s).

L'incorporation des fibres métalliques augmente le temps de maniabilité, cette augmentation pourrait être due à l'effet de frottement que ces fibres appliquent sur la paroi métallique du maniabilimètre.

3. Résultats des essais sur mortiers à l'état durci :

Sur des éprouvettes de mortiers $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$, des essais de résistances mécaniques suivis des mesures de pertes de masses ont été effectués aux échéances 2, 7, 14 et 28 jours.

Pour déterminer de la résistance à la traction par flexion, nous avons utilisé la méthode de la charge concentrée à mi portée au moyen du dispositif de flexion normalisé.

Les demi-prismes obtenus de l'essai de flexion ont été utilisés pour les essais de résistances à la compression sur les faces latérales du moulage sous une section de $4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$.

Les essais de traction par flexion ont été effectués sur trois (03) éprouvettes de mortiers, engendrant ainsi trois valeurs de résistances, la valeur finale retenue est la moyenne des mesures obtenues, à condition qu'aucune valeur ne soit décalée de plus de 10% par rapport aux autres.

Les six (06) demi-prismes ainsi obtenus ont servi aux mesures des résistances à la compression, la valeur finale retenue est la moyenne des valeurs sous la même condition que précédemment.

3. 1 Essais de résistances mécaniques :

Sur les différents mortiers de différentes compositions (taux de fibre varié) et aux échéances 2, 7, 14 et 28 jours, des essais de traction par flexion (à trois points) ont été effectués sur trois éprouvettes à chaque échéance, le résultat final est la moyenne des trois résultats, à condition que les valeurs obtenues ne soient pas très écartées.

Sur les demi-prismes obtenus de la flexion, des essais de compression ont été effectués, ce qui a permis d'obtenir six (06) résultats de compression pour chaque échéance, le résultat retenu est la moyenne des résultats les plus proches.

3. 1. 1 Résultats sur les essais de traction par flexion :

Sur les différentes éprouvettes confectionnées avec et sans fibres, nous avons effectué des essais de mesure des résistances à la traction par flexion comme sont montrées dans la figure suivante.

Les résultats obtenus sur les différents mortiers sont donnés par le tableau suivant :

Tableau III-2: Résultats des essais de traction par flexion

Resistances (MPa)					
Temps (j)	MF0	MF1	MF3	MF7	MF10
2	9,77	10,02	9,81	9,6	9,71
7	11,28	11,16	11,83	11,27	11,81
14	12,52	12,4	12,21	12,61	12,51
28	13,62	13,7	13,82	13,87	13,91

Les figures (III-2 a et III2 b) représentent les variations des résistances à la traction par flexion des différents mortiers en fonction du temps.

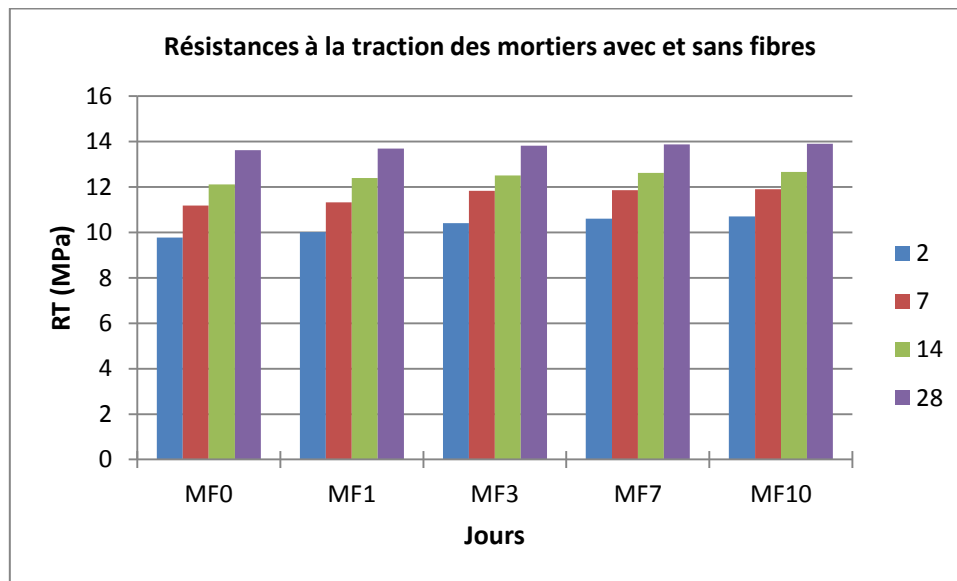


Figure (III-2) a : Variation des résistances à la traction des différents mortiers

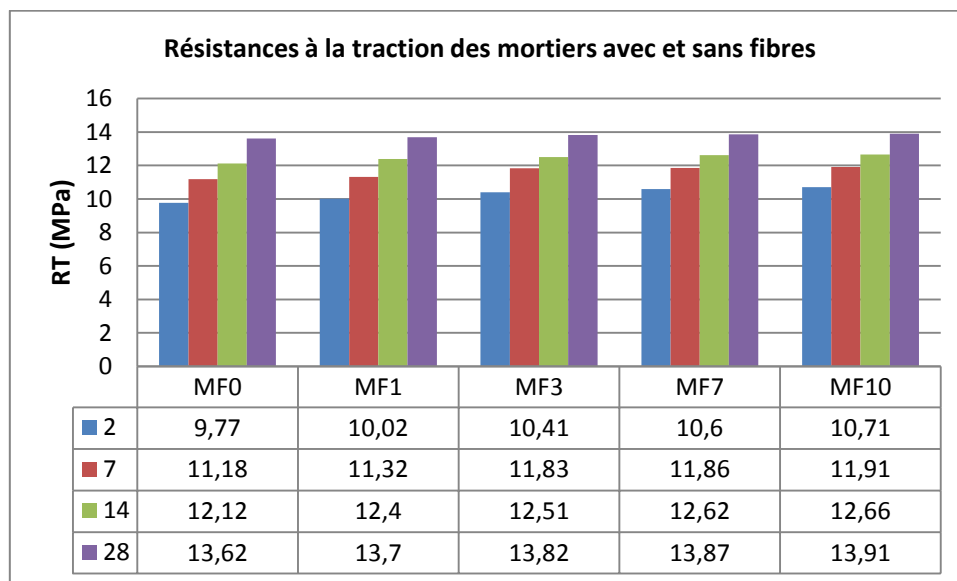


Figure (III-2) b : Résistance à la traction des mortiers avec et sans fibres

Comme première observation, toutes les résistances augmentent en fonction du temps.

Les résistances à la traction augmentent en fonction des taux de fibres incorporés, ce qui répond parfaitement aux objectifs de l'étude.

L'incorporation des fibres métalliques améliore les résistances à la traction des mortiers de ciment.

Cette amélioration de résistance a été observée à toutes les échéances (de 2 jours à 28 jours).

Au-delà de 28 jours, l'influence des fibres sur les résistances à la traction pourraient être plus important.

3. 1. 2 Résultats sur les essais de compression :

Les résultats obtenus sur les différents mortiers sont donnés par le tableau suivant :

Tableau III-3 : Résultats des essais de la compression

Temps (j)	Résistances (MPa)				
	MF0	MF1	MF3	MF7	MF10
2	27,89	28,29	26,17	26,28	26,61
7	49,09	47,03	45,2	44,97	46,98
14	52,75	49,98	50,175	47,865	50,29
28	56,41	52,93	55,15	50,76	53,6

Les figures (III-3 a et III-3 b) suivantes représentent les variations des résistances à compression des différents mortiers en fonction du temps.

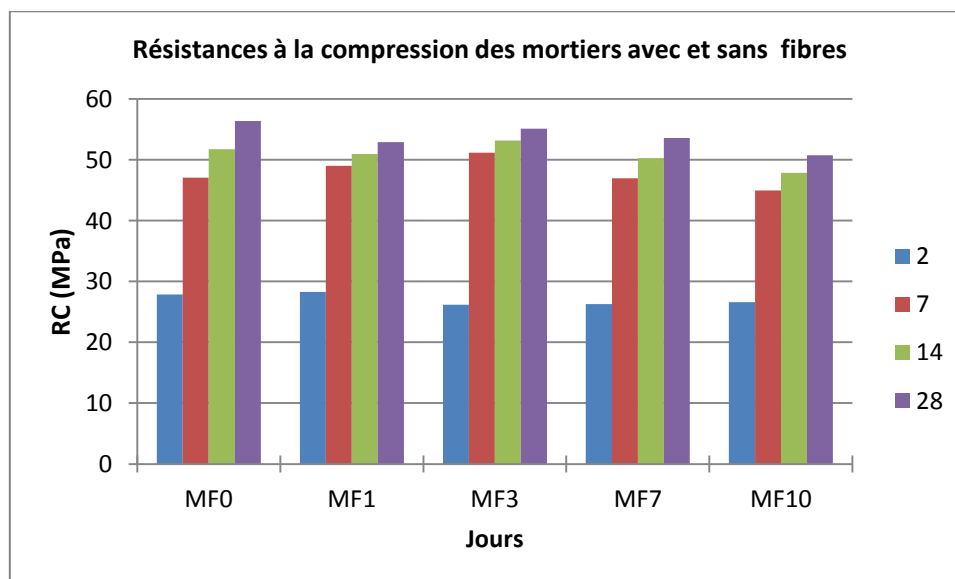


Figure (III-3) a: Variation des résistances à la compression des différents mortiers

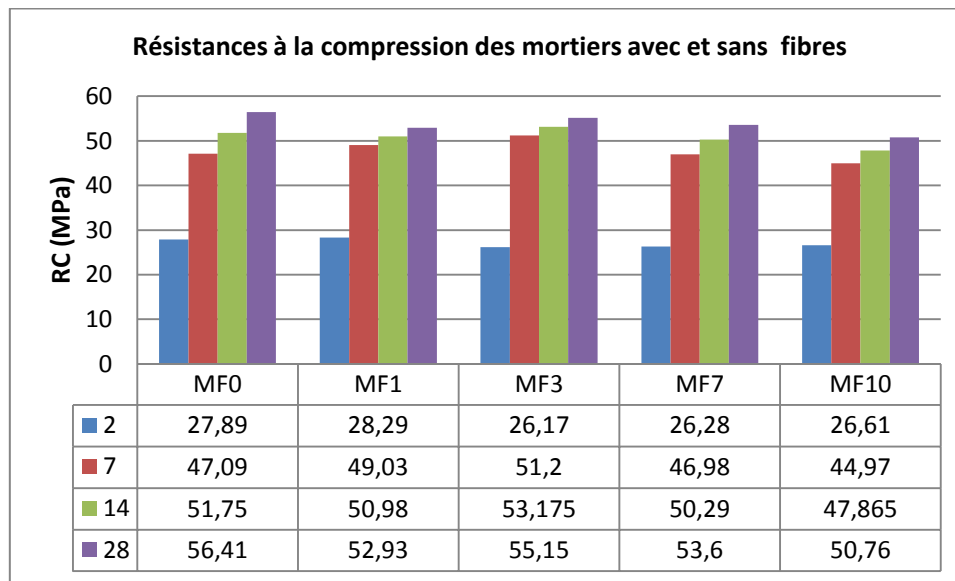


Figure (III-3) b : Résistances à la compression des mortiers avec et sans fibres

Comme première observation, toutes les résistances augmentent en fonction du temps.

Entre 2 et 7 jours, les résistances à la compression des mortiers (MF1) et (MF3) contenant 1% et 3% de fibres ont développé des résistances nettement supérieures à celles du mortier de référence sans fibres. Au-delà de 7 jours, les résistances des mortiers (MF1) restent inférieures à celles du mortier (MF0), alors que celles des mortiers (MF3) ont des résistances proches de celles de (MF0) à 14 et 28 jours.

Les mortiers (MF7) et (MF10) contenant 7% et 10% de fibres ont produit des résistances à la compression nettement inférieures à celles du mortier de référence à toutes les échéances. *Cela veut dire que l'incorporation de plus de 3% de fibres n'améliore pas les résistances à la compression des mortiers.*

La figure III-5 montre les aspects des éprouvettes des différents mortiers lors des essais de mesures des résistances à la compression.

3. 1. 3 Evolution des résistances à la traction par flexion et à la compression:

La mesure de l'évolution des résistances est un moyen de vérification des variations des résistances mécaniques en fonction du temps par rapport au mortier de référence sans fibres.

Les figures (III-4 a) et (III-4 b) illustrent les évolutions des résistances à la traction.

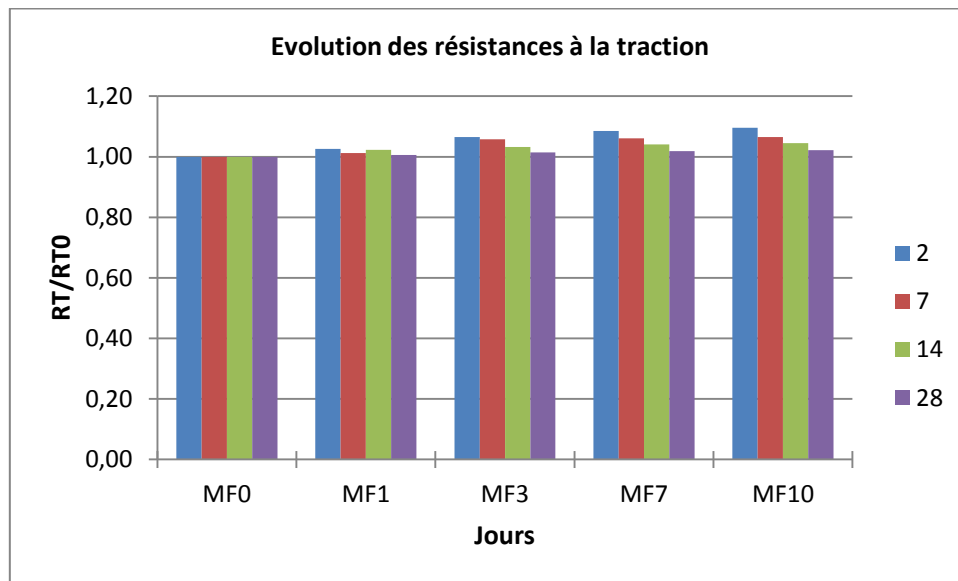


Figure (III-4) a : Evolution des résistances à la traction

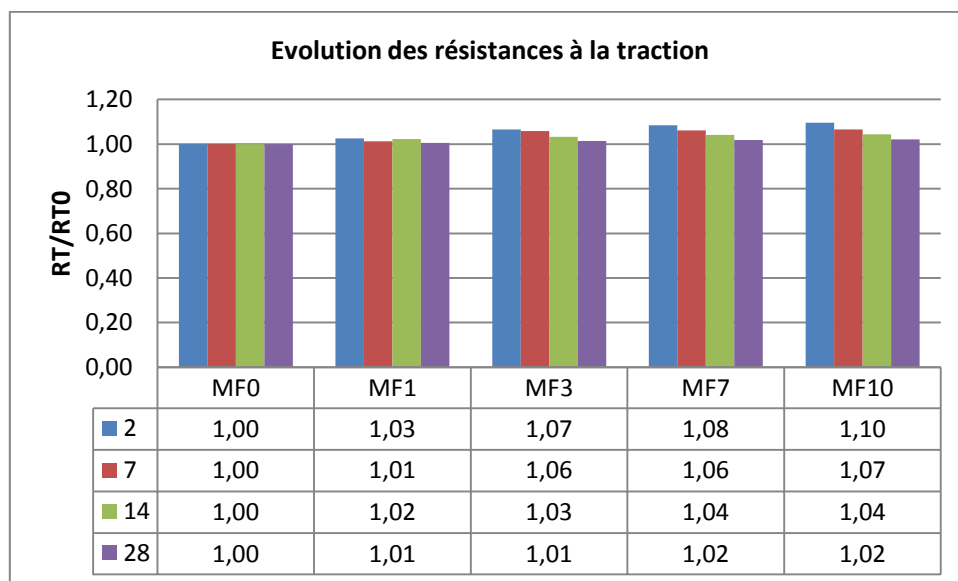


Figure (III-4) b : Evolution des résistances à la traction

A 2 jours, tous les mortiers fibrés ont développé des résistances à la traction supérieures entre 3 et 10% et de 1% à 7% à 7 jours par rapport à celles des mortiers sans fibres. Cette évolution de résistance s'est atténuée avec l'augmentation du temps. *Cela veut dire que les fibres métalliques améliorent les résistances à la traction des mortiers aux jeunes âges.*

Les fibres métalliques ont la capacité de soutenir la structure cimentaire des mortiers et des bétons aux jeunes âges, quand celle-ci est encore fragile avant durcissement.

Les figures (III-5 a) et (III-5 b) présentent les évolutions des résistances à la compression.

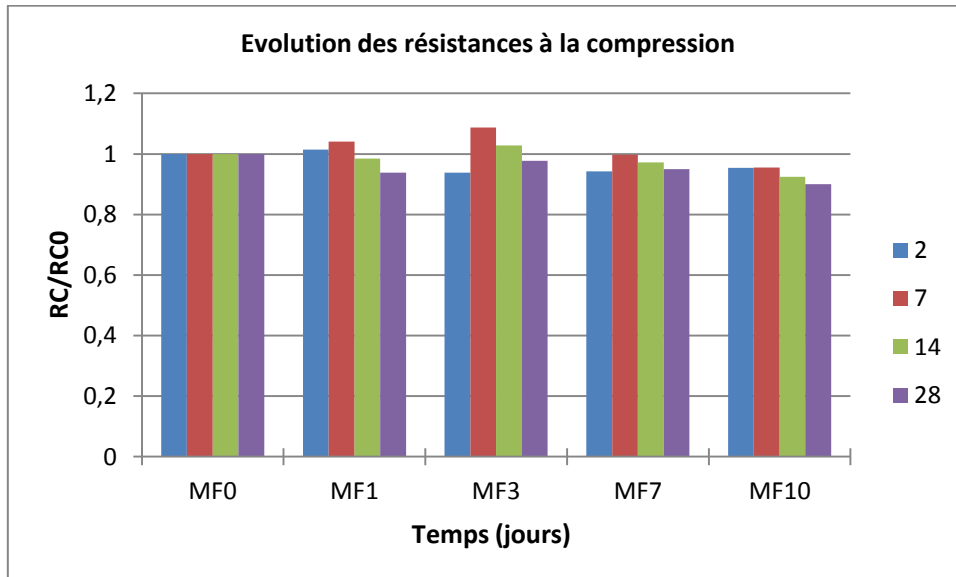


Figure (III-5) a : Evolution des résistances à la compression

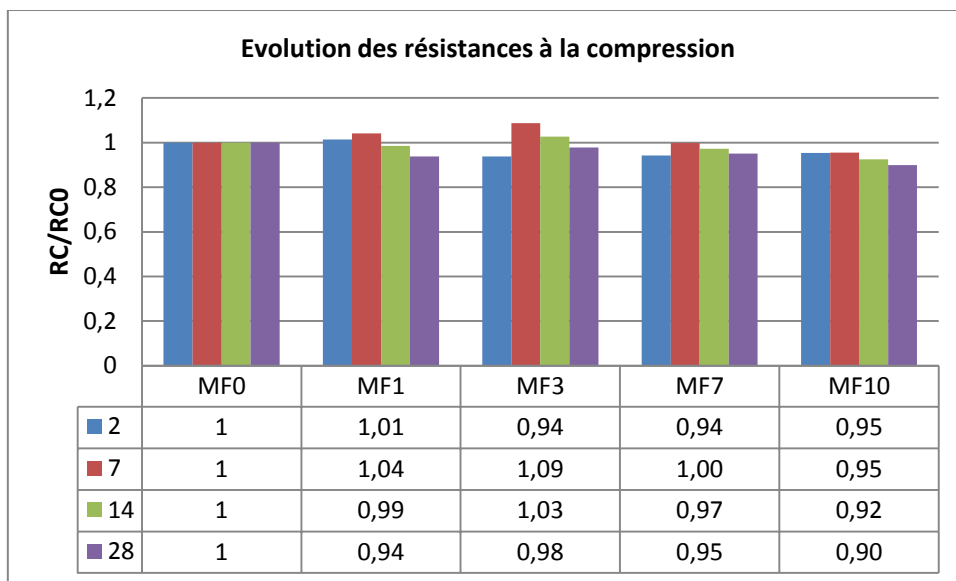


Figure (III-5) b : Evolution des résistances à la compression

L'apport des fibres métallique aux résistances à la compression n'est pas important. Bien au contraire, l'incorporation des fibres métalliques dans les mortiers à diminué les résistances à la compression des mortiers fibrés, sauf pour les mortiers (MF1) et (MF3) aux très jeunes âges.

Cela peut être expliqué par la fragilisation de la structure cimentaire par la présence des fibres lorsque celle-ci est soumise à des efforts de compression.

3. 2 Variations et Pertes de masses :

Les mortiers confectionnés ont été conservés dans l'eau pour durcir, durant cette cure le ciment continu à s'hydrater (réagir avec l'eau), ce qui provoque généralement des variations de masses des différentes éprouvettes en fonction du temps (jusqu'à 28 jours).

Les variations des masses des différentes éprouvettes de mortiers sont données par le tableau 4 ci-dessous.

Tableau (III-4): Variation des masses des mortiers

Variation des masses (g)					
Temps (j)	MF0	MF1	MF3	MF7	MF10
2	600	592	596	593	599
7	595	589	592	590	594
14	588	584	586	585	589
28	584	580	583	582	585

La représentation graphique de toutes ces variations est donnée par la figure III-8 ci-dessous :

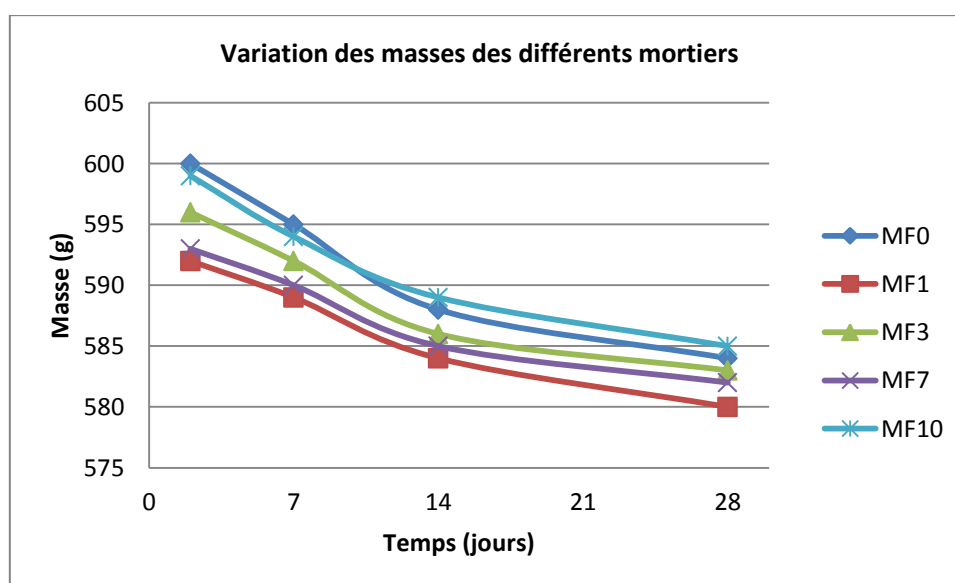


Figure III-6: Variation des masses des mortiers

Chapitre III : Résultats et Analyse

Tous les mortiers ont subi des diminutions de masses. Visuellement, ces variations ne sont pas très importantes mais elles peuvent augmenter au-delà de 28 jours (pentes décroissantes des différentes courbes).

De ces courbes, il est difficile d'observer la diminution la plus importante, puisque les masses de départ ne sont pas les mêmes (600 g pour MF0 et 592 g pour MF1).

Afin de pouvoir mieux étudier ces variations, on a calculé les pertes des masses des différents mortiers ainsi que leurs variations en fonction du temps (jusqu'à 28 jours).

La perte de masses est définie par :

$$P \% = (M_j - M_0)/M_0 \quad \text{(III-1)}$$

Où :

M_j : Masse du mortier au jour « j » avec (j = 7, 14 ou 28)

M_0 : Masse de référence (correspond à 2 jours pour chaque mortier).

Toutes les mesures de masses ont été faites juste avant les essais des écrasements des mesures des résistances mécaniques (tractions et compressions) et aux mêmes échéances.

Le tableau III-5 ci-dessous donne les différentes valeurs des pertes des masses des différents mortiers.

Tableau III-5: Pertes des masses des différents mortiers

Pertes des masses					
Temps (j)	MF0	MF1	MF3	MF7	MF10
2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	-0,0083	-0,0051	-0,0067	-0,0051	-0,0083
14	-0,0200	-0,0135	-0,0168	-0,0135	-0,0167
28	-0,0267	-0,0203	-0,0218	-0,0185	-0,0234

La représentation en courbes de ces pertes de masses est donnée par la figure III-7.

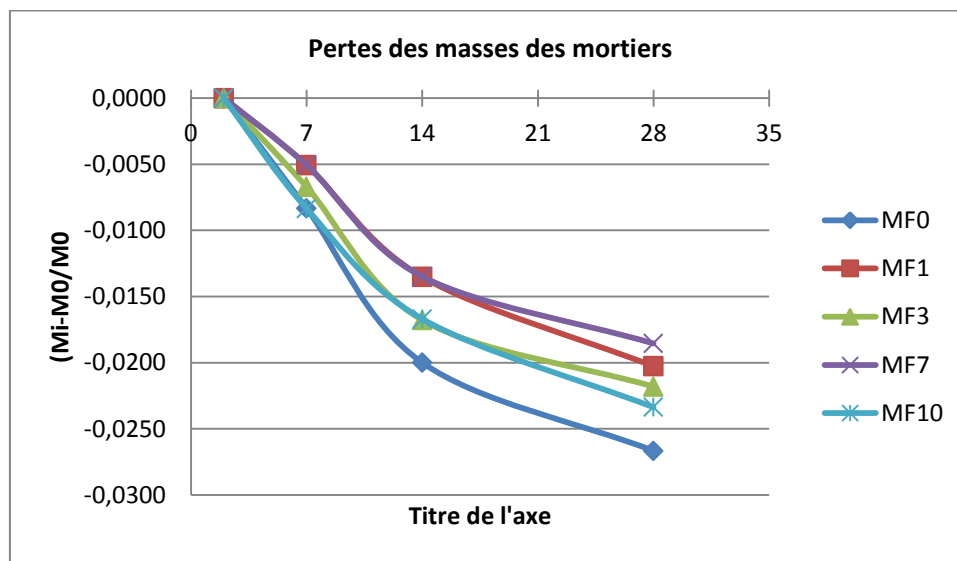


Figure III-7 : Pertes de masses des différents mortiers.

La perte de masse maximale à 28 jours de 2,67 % a été observée pour les mortiers de référence sans fibres métalliques.

Le mortier MF7 contenant 7% de fibres métalliques a subi la perte de masse la plus faible jusqu'à 28 jours (1,85 %).

Les mortiers (MF1), (MF3) et (MF10) contenant respectivement 1%, 3% et 10% de fibres métalliques ont subi des pertes de masses pratiquement équivalentement.

4. Conclusion :

Les caractéristiques des différents mortiers à l'état frais et à l'état durci ont été étudiées.

A l'état frais, les temps de maniabilité ont augmenté en fonction des taux des fibres incorporés. Ces temps mesurés ont tous été inférieurs ou égaux à 10s, ce qui signifie que les mortiers sont fluides quelque soit le taux de fibres.

A l'état durci, les résistances mécaniques (à la traction et à la compression) des différents mortiers ont augmenté en fonction du temps. Tous les mortiers avec fibres ont donné des résistances mécaniques légèrement supérieures à celles des mortiers de référence sans fibres.

Le taux de fibres de 3% est suffisant pour améliorer les résistances à la traction par flexion et à la compression. Il ne serait donc pas nécessaire d'augmenter le taux de fibres au delà de cette valeur, les augmentations des résistances ne sont pas importantes.

De même pour les pertes de masses, les mortiers fibrés ont donné des pertes de masses légèrement différentes par rapport aux mortiers sans fibres. La perte de masse la plus faible a été observée pour les mortiers (MF7) contenant 7% de fibres.

Conclusion générale :

En conclusion, le taux de fibres métalliques a un impact significatif sur les caractéristiques des mortiers de ciment. L'ajout de fibres métalliques dans les mortiers de ciment peut améliorer plusieurs propriétés, notamment les résistances à la traction et à la compression.

Lorsque le taux de fibres métalliques est augmenté, la résistance à la traction du mortier de ciment augmente également. Cela est dû à la capacité des fibres métalliques à résister à la déformation et à redistribuer les contraintes dans le matériau, ce qui renforce sa capacité à résister aux forces de traction.

Lors des essais de traction par flexion, les éprouvettes cassées ne se sont pas séparées. Le taux de fibres métalliques peut également influencer la résistance à la fissuration du mortier de ciment. Les fibres métalliques peuvent agir comme des barrières aux fissures, en limitant leur propagation. Cela est particulièrement bénéfique dans les applications où la fissuration due aux contraintes de retrait ou aux variations de température est un problème. C'est aussi le cas de résistances au feu (cas d'un tunnel qui prend feu, les parois du béton peuvent être maintenues en place évitant les chutes des blocs du béton).

Cependant, il est important de noter que l'augmentation du taux de fibres métalliques peut également entraîner une diminution de la maniabilité du mortier de ciment, rendant son application plus difficile. Il est donc essentiel de trouver le bon équilibre entre la quantité de fibres métalliques ajoutée et les propriétés recherchées dans le matériau.

En résumé, l'ajout de fibres métalliques dans les mortiers de ciment peut considérablement améliorer leurs caractéristiques, telles que la résistance à la traction, la résistance aux chocs et la résistance à la fissuration. Cependant, il est important de prendre en compte les compromis potentiels, tels que la diminution de la maniabilité, lors de la détermination du taux optimal de fibres métalliques à utiliser dans un mortier de ciment spécifique.

En recommandation au présent travail, nous suggérons de raffiner le taux de fibres entre 0 et 3% (maximum), mais aussi de faire des essais au delà de 28 jours.

Il serait aussi intéressant de faire varier le rapport E/C ainsi que le taux de l'adjuvant (entre 1% et 3%).

Références bibliographiques

Références bibliographiques:

[1] : Mortier de terre auteur (Pentocelo) date (avril 2007) source : own work Partial reconstitution of wall by Archaeologists. Mud bricks, Mud and dry grass mortar. Apadana of Susa. Iran p 23

[2] : fibres minérales artificielles **p29**

Site net (consulté le 23/04/2023): <https://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/environnement/fibres-minerales-artificielles/quest-ce-que-cest>

[3] : Différentes natures de fibres : Effet de l'incorporation et du dosage des fibres métalliques sur les caractéristiques du BHP à base de la Poudre de Verre - Scientifique Figure on Research Gate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Different-nature-de-fibre_fig1_301541603

[4] : Fibres polypropylène depuis la fiche technique du Fibres synthétiques pour mortiers et bétons.

[5] : Mémoire de Master sous le thème: Influence des fibres sur la résistance et la rupture à l'effort tranchant des éléments de structures p34

Site net : <https://docplayer.fr/49643638-Influence-des-fibres-sur-la-resistance-et-la-rupture-a-l-effort-tranchant-des-elements-de-structures.html>

[6] : Asquapro Utilisation des bétons projetés pour la réparation et le renforcement des structures Comité Technique Asquapro Fascicule technique ASQUAPRO page 7 Version 2014

[7] : (ROSSI, P., ARCA, A., PARANT, E., FAKHRI, P. (2005), Bending and Compressive Behaviors of a New Cement Composite, Cement and Concrete Research, no 35, p.27–33)

[8] : (SERNA ROS P. (1984), "Etude de Contribution des fibres métalliques à l'amélioration du comportement du béton au cisaillement " Thèse Doct. Ing : Ecole national des Ponts et Chaussées, Paris, 77p.

Annexes

5 - ESSAIS SUR LES MORTIERS

5-1. Mortier normal (EN 196-1)

Le *mortier normal* est un mortier qui sert à définir certaines caractéristiques d'un ciment et notamment sa résistance. Ce mortier est réalisé conformément à la norme EN 196-1. La norme décrit le sable utilisé pour les essais ainsi que le malaxeur (cf. § 4-1 et figure 4.1).

Le sable utilisé est un sable appelé « sable normalisé CEN EN 196-1 », lui-même étant défini par rapport à un « sable de référence CEN ». Ce sable est commercialisé en sac plastique de $1\,350\text{ g} \pm 5\text{ g}$. Sa courbe granulométrique doit se situer à l'intérieur du fuseau indiqué sur la figure 5.1.

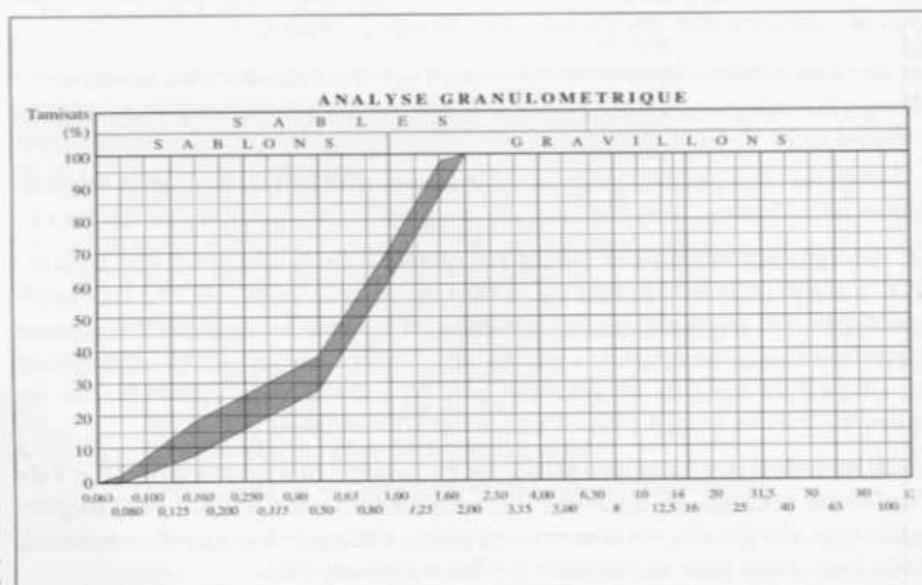


Fig. 5.1 :
Composition
granulométrique du sable
de référence CEN

Ce sable et le ciment à tester sont gâchés avec de l'eau dans les proportions suivantes : $450\text{ g} \pm 2\text{ g}$ de ciment, $1\,350\text{ g} \pm 5\text{ g}$ de sable normalisé et $225\text{ g} \pm 1\text{ g}$ d'eau. Le rapport E/C d'un tel mortier est donc 0,50.

Avant d'être utilisé pour les différents essais de *maniabilité*, de *prise*, de résistance ou de *retrait*, ce mortier est malaxé pendant 4 minutes conformément aux prescriptions de la norme :

- Introduire l'eau en premier dans la cuve du malaxeur ; y verser ensuite le ciment ; aussitôt après, mettre le malaxeur en marche à vitesse lente.
- Après 30 s de malaxage introduire régulièrement le sable pendant les 30 s suivantes. Mettre alors le malaxeur à sa vitesse rapide et continuer le malaxage pendant 30 s supplémentaires.
- Arrêter le malaxeur pendant 1 min 30 s. Pendant les 15 premières secondes enlever au moyen d'une raclette en caoutchouc tout le mortier adhérent aux parois et au fond du récipient en le repoussant vers le milieu de celui-ci.
- Reprendre ensuite le malaxage à grande vitesse pendant 60 s.

Ces opérations de malaxage sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

Opérations	Introduction de l'eau	Introduction du ciment		Introduction du sable		Raclage de la cuve		
Durée			30 s	30 s	30 s	15 s	1 min 15 s	60 s
Etat du malaxeur	Arrêt		Vitesse lente		Vitesse rapide	Arrêt		Vitesse rapide

5-2. Mesure de la consistance des mortiers

5-2.1 Essai au maniabilimètre B (NF P 18-452 et P 15-437)

Objectif de l'essai

C'est une mesure qui est utile pour apprécier l'efficacité d'un adjuvant plastifiant, ou superplastifiant, sur la fluidité d'un mortier ou sur la réduction d'eau qu'il permet de réaliser à *consistance* égale. Il convient donc de définir un mode opératoire susceptible d'apprécier cette consistance ; c'est l'objet des essais définis par la norme NF P 18-452 et le fascicule P 15-437.

Principe de l'essai

Dans ces essais la *consistance* est caractérisée par le temps que met le mortier pour s'écouler sous l'effet d'une vibration.

Equipement nécessaire

L'appareil utilisé est appelé « maniabilimètre B » et est schématisé sur la figure 5.2. Il consiste en un boîtier parallélépipédique métallique (60 cm × 30 cm × 30 cm), posé sur des supports en caoutchouc, équipé d'un vibreur et muni d'une cloison amovible.

Un malaxeur normalisé est également requis pour la réalisation du mortier.

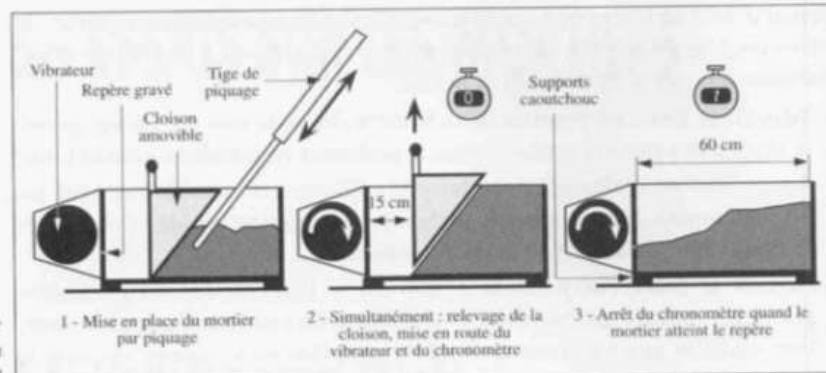


Fig. 5.2 : Principe de fonctionnement du maniabilimètre B

Conduite de l'essai

Le mortier est introduit dans la partie la plus grande délimitée par la cloison et mis en place en 4 couches, chaque couche étant soumise à 6 coups au moyen de la tige de piquage. 4 minutes après la fin du malaxage la cloison est retirée, provoquant la mise en route du vibrateur et le déclenchement d'un chronomètre par l'opérateur. Sous l'effet de la vibration le mortier s'écoule. Le chronomètre est arrêté quand le mortier atteint un trait repère sur la paroi opposée du boîtier. Le temps t mis par le mortier pour s'écouler caractérise sa consistance. Ce temps sera d'autant plus court que le mortier sera plus fluide (ou plus *maniab*le, d'où le nom de l'appareil).

Exemples d'essais

Le maniabilimètre permet de tester un adjuvant dont le but est de fluidifier le mélange : soit en observant les réductions du temps t que permet cet adjuvant en fonction de son dosage ; soit en observant la réduction du dosage en eau qu'il autorise tout en maintenant le même temps d'écoulement qu'avec le mortier normal.

La figure 5.3 montre deux courbes issues d'essais effectués avec un maniabilimètre reposant sur le même principe que le maniabilimètre B. Le mortier testé n'est pas un *mortier normal* dont le temps d'écoulement avec un adjuvant superplastifiant serait beaucoup trop bref ; ici $E/C = 0,40$. Un essai de ce type permet de connaître la dose d'adjuvant au-delà de laquelle il n'y a plus progression de la fluidité du mélange.

Ces courbes ont même allure que les courbes de la figure 4.10. Elles sont représentatives du même phénomène.

L'on constate ici que, pour le ciment de clinker, au delà de 1 g d'extrait sec pour 100 g de ciment (dosage de 1 % d'adjuvant) il n'y a plus de progression de la fluidité du mélange. Cela correspond à la capacité maximum de défloculation de cet adjuvant pour le ciment considéré ; les liaisons entre les grains étant neutralisées un ajout supplémentaire d'adjuvant est sans effet. Au contraire une progression du dosage se traduit par une perte de fluidité du fait de l'augmentation de la *viscosité* de la phase liquide (eau + fluidifiant).

Information sur l'adjuvant utilisé

Sika® Plastiment® BV-40 est un plastifiant réducteur d'eau énergétique qui :

- augmente la compacité du béton, entraînant ainsi une amélioration des résistances mécaniques et de l'imperméabilité
- facilite la mise en place du béton permet éventuellement de réduire le dosage en ciment
- permet d'obtenir un retard de début de prise plus ou moins important en augmentant le dosage normal d'utilisation de béton à performances élevées, aussi bien à l'état frais qu'à l'état durci

Domaine d'application :

Augmentation des résistances mécaniques Sika® Plastiment® BV-40 :

Permet de réduire l'eau de gâchage d'environ 10 % sans diminuer la maniabilité du témoin. Des essais sont indispensables pour déterminer la quantité d'eau de gâchage nécessaire à l'obtention de la maniabilité souhaitée. La compacité et l'imperméabilité sont améliorées. Les résistances mécaniques à long terme sont augmentées en moyenne de 15 à 40 %.

Sika® Plastiment® BV-40 est donc particulièrement indiqué pour:

- Les bétons armés à hautes performances
- Les bétons précontraints
- Les bétons préfabriqués étuvés

Réduction du dosage en ciment Sika® Plastiment® BV-40 permet de réduire le dosage en ciment de l'ordre de 10% en conservant les résistances mécaniques. Il est utilisé dans ce cas en B.P.E. pour la confection de béton à la résistance.

Amélioration de la maniabilité Sika® Plastiment® BV-40 permet d'améliorer la maniabilité à teneur en eau constante, tout en apportant une augmentation des résistances à long terme de 10% environ. Il est donc utilisé pour la confection de pièces élancées, fortement ferrillées et dans le cas de bétons pompés

Caractéristiques / Avantages

Sika® Plastiment® BV-40, grâce à ses propriétés physico-chimiques permet:

Sur béton frais:

D'augmenter considérablement la maniabilité même en réduisant l'eau de gâchage de disperser le ciment dans la masse

- d'améliorer l'adhérence béton-armatures
- de s'opposer à la ségrégation
- d'améliorer la thixotropie
- d'étaler éventuellement la prise

Sur béton durci :

- D'augmenter les résistances mécaniques,
- D'accroître la compacité
- D'augmenter l'imperméabilité

Les fibres métalliques :

Caractéristiques :

Résistance à la traction :

Pour des performances mécaniques optimisées de vos bétons

- Amélioration des caractéristiques et de la durabilité du béton
- Résistance accrue du béton dès les premières ouvertures de fissure

Finesse

Pour un renforcement dense et homogène de vos bétons

- Renforcement dense et homogène
- Importante surface spécifique = Grande adhérence à la matrice cimentaire

Flexibilité

Pour une plus grande maniabilité et sécurité d'emploi de vos bétons

- Mise en œuvre plus facile (malaxage, pompage ou projection)
- Moindre risque de blessure

Résistance à la corrosion

Pour une meilleure durabilité de vos bétons

- Résistance à la corrosion et durabilité
- Compatibilité au contact avec l'eau potable