

People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Mohamed Boudiaf University of M'sila
Faculty of Technology



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المسيلة
كلية التكنولوجيا

Département de Génie Civil

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Civil

Option : Génie des Matériaux

Présenté par :

ACHOURI Belkacem & BENGACEMI Kaddour

Thème

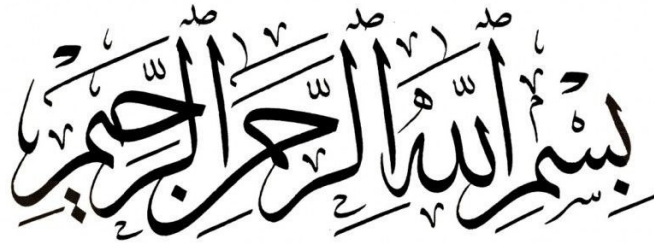
**ETUDE DE L'EFFET DE LA LONGUEUR DE FIBRE
D'ACIER SUR LE COMPORTEMENT DU MORTIER
COMBINE AVEC FILLER INERTE ET ACTIF.**

Devant le jury composé de :

| NOM et Prénom | Grade | Qualité |
|--------------------------|--------------|----------------|
| MAZA Mekki | MCA | Président |
| RAHMOUNI Zine El Abidine | Professeur | Encadreur |
| BELOUADAH Messaouda | MCA | Examineur |
| TEBBAL Nadia | MCA | Co-Encadreur |

Année Universitaire : 2021 / 2022

Remerciements



Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant et le remercions beaucoup, honneur et gloire de nous avoir aidés à terminer la thèse de fin d'études. Deuxièmement, nous exprimons nos sincères remerciements et notre appréciation Superviseur

Dr Rahmouni Zine El Abidine

Dr Tebbal Nadia

pour le grand effort en nous aidant à terminer ce travail. Et sans oublier les distingués membres du comité de discussion Nous exprimons également nos remerciements et notre gratitude au à Mme choukeir sawsen et Iman Omri pour leurs conseils et leur assistance dans le travail expérimental. Et n'oubliez pas l'appréciation et la gratitude envers l'Université Mohamed Boudiaf et le Collège Technique Tous les camarades de classe du Département de génie civil et des matériaux

Dédicaces

Je dédie ce projet

A ma mère qui m'a soutenu et encouragé durant ces années scolaires.

Vous trouverez ici le témoignage de ma profonde gratitude.

A mon père, que Dieu lui fasse miséricorde.

Aux professeurs qui m'ont toujours encouragé

Professeur Rahmouni Zine El Abidine

Melle Tabal Nadia

*A mes frères et sœurs qui ont partagé avec moi tous les moments de
passion en réalisant ce travail.*

*A Mme CHOUKEIR SAWSEN le Superviseur du Laboratoire de géo
matériaux qui m'a soutenu et encouragé chaleureusement tout au
long de mon parcours.*

*A ma famille et mes proches et ceux qui me donnent de l'amour et
vitalité.*

*A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et pour qui je souhaite
plus, je voudrais les mentionner :*

Wahiba ben Saghir :superviseur du Laboratoire de génie civil.

Dalila Belabassi : étudiante en Master Matériaux de génie civil.

Pour tous ceux que j'aime.

Merci !

ACHOURI BELKACEM

Dédicaces

Je dédie ce projet

A ma mère qui m'a soutenu et encouragé durant ces années scolaires.

Vous trouverez ici le témoignage de ma profonde gratitude.

A mon père, HAMID

Aux professeurs qui m'ont toujours encouragé

Professeur Rahmouni Zine El Abidine

Melle Tabal Nadia

*A mes frères et sœurs qui ont partagé avec moi tous les moments de
passion en réalisant ce travail.*

*A Mme CHOUKEIR SAWSEN le Superviseur du Laboratoire de géo
matériaux qui m'a soutenu et encouragé chaleureusement tout au
long de mon parcours.*

*A ma famille et mes proches et ceux qui me donnent de l'amour et
vitalité.*

*A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et pour qui je souhaite
plus, je voudrais les mentionner :*

Wahiba ben Saghir :superviseur du Laboratoire de génie civil.

Dalila Belabassi : étudiante en Master Matériaux de génie civil.

A Mon petit " Mohamed Nader "

Pour tous ceux que j'aime.

Merci !

KADDOUR

Résumé

Le béton étant un mélange de ciment, de granulats et d'eau, il peut être utilisé dans une vaste gamme d'applications. Il a une excellente durabilité et disponibilité qui sont ses principaux avantages. Bien que le béton soit fort en compression, il est relativement faible en charge de traction. Au fil des ans, divers matériaux ont été utilisés pour renforcer le béton afin de résister aux contraintes de traction. La fibre de métallique est l'une de ces fibres qui se décline en différentes tailles et qui est aujourd'hui utilisée pour renforcer le béton. Dans cette étude, nous utiliserons deux longueurs différentes de fibres avec un pourcentage de fibre 0,20 % en poids. Le laitier et le fillers de marbres sont remplacés à (10% en volume de remplacement de ciment).

Les propriétés étudiées incluent la résistance à la compression (28jours), la résistance à la rupture-traction (28 jours), l'absorption d'eau (28jours),

-Mots clés : mortier, Pouzzolane, marbre, fibre d'acier, comportement mécanique.

Table des matières

Table des matières

| | |
|--|-----------------------------|
| Table des matières..... | i |
| Liste des Figures..... | iv |
| Liste des Tableaux..... | vi |
| Glossaire..... | Erreur ! Signet non défini. |
| Nomenclature | Erreur ! Signet non défini. |
| Introduction générale | 1 |
| Introduction générale | 2 |
| Chapitre I. Etude bibliographique | 3 |
| _Toc106063807 | |
| I.1 Introduction..... | 4 |
| I.2 Composition des mortiers: | 4 |
| I.2.1 Le liant : | 5 |
| I.2.2 Le sable : | 5 |
| I.3 sable de concassage: | 6 |
| I.3.1 les applications du sable concassé..... | 6 |
| I.4 Le super plastifiant : | 6 |
| I.5 Le rôle d'utilisation de mortier: | 7 |
| I.6 Classification des mortiers: | 7 |
| I.6.1 Selon leur domaine d'utilisation | 7 |
| I.7 Comportement mécanique du mortier : | 9 |
| I.8 Résistances mécaniques: | 10 |
| I.8.1 La résistance à la compression:..... | 10 |
| I.8.2 La résistance à la flexion:..... | 10 |
| I.9 Méthode de préparation des mortiers:..... | 10 |
| I.9.1 Les mortiers fabriqués sur le chantier: | 10 |
| I.9.2 Les mortiers industriels secs pré-mélangés:..... | 10 |
| I.9.3 Les mortiers frais retardés, stabilisés, prêts à l'emploi: | 10 |
| I.10 Les mortiers de fibres: | 11 |
| I.10.1 L'avantage d'Utilisation les fibres dans le béton ou le mortier | 11 |
| I.10.2 Amélioration des caractéristiques mécaniques: | 11 |
| I.10.3 Avantages du mortier fibré: | 11 |
| I.11 Application : | 12 |
| I.12 Différent type de fibres | 12 |
| I.12.1 Fibres métalliques: | 12 |
| I.13 Les additions « les ajouts » : | 13 |
| I.13.1 Définition des additions : | 13 |
| I.13.2 Les types des additions : | 13 |
| I.13.3 Les fillers calcaires: | 14 |
| I.13.4 Les principaux effets des additions dans les matériaux cimentaires :..... | 15 |

| | | |
|---|--|-----------|
| I.14 | L'effet filler : | 15 |
| I.14.1 | L'effet physico-chimique et microstructurale : | 15 |
| I.15 | Intérêt d'utilisation des ajouts minéraux : | 15 |
| I.16 | Intérêt d'utilisation des ajouts minéraux dans le génie civil : | 16 |
| I.17 | Les fonctions des fillers: | 16 |
| I.17.1 | Dans les ciments: | 16 |
| I.17.2 | Dans les bétons..... | 17 |
| I.18 | Déchets De Marbre: | 17 |
| I.19 | Conclusion | 18 |
| Chapitre II. Les ajouts Cimentaires..... | | 19 |
| _Toc106063848 | | |
| II.1 | Introduction..... | 20 |
| II.2 | Classification des ajouts minéraux..... | 20 |
| II.2.1 | Les cendres volantes: | 20 |
| II.2.2 | Les laitiers de haut fourneau : | 21 |
| II.2.3 | Fillers calcaires | 22 |
| II.2.4 | La fumée de silice:..... | 22 |
| II.3 | Les pouzzolanes: | 23 |
| II.3.1 | La couleur des pouzzolanes | 23 |
| II.3.2 | Réaction pouzzolanique | 24 |
| II.3.3 | Types de pouzzolane : | 25 |
| II.4 | Bénéfices de l'utilisation des ajouts minéraux : | 25 |
| II.4.1 | Bénéfices fonctionnels : | 25 |
| II.4.2 | Bénéfices économiques..... | 26 |
| II.4.3 | Bénéfices écologiques et environnementaux | 26 |
| II.5 | Rôle de l'ajout cimentaire : | 26 |
| II.5.1 | Rôle granulaire des ajouts cimentaires..... | 26 |
| II.5.2 | Rôle pouzzolanique des ajouts cimentaire | 26 |
| II.5.3 | Rôle mécaniques des ajouts cimentaires | 26 |
| II.6 | L'utilisation des ajouts en Algérie | 27 |
| II.7 | Conclusion | 28 |
| Chapitre III. Discussion des résultats | | 29 |
| _Toc106063870 | | |
| III.1 | Introduction..... | 30 |
| III.2 | Les matériaux utilisés: | 31 |
| III.2.1 | Le ciment : | 31 |
| III.2.2 | Pouzzolane naturel : | 31 |
| III.2.3 | Marbre : | 33 |
| III.2.4 | Les fibres métalliques | 33 |
| III.2.5 | Eau de gâchage : | 33 |
| III.2.6 | Adjuvant: | 34 |
| III.3 | Résultat de sable dune (SD) : | 34 |
| III.3.1 | Analyse granulométrique de sable dune : (NF P 18-304. NF P 18-560) | 34 |
| III.3.2 | Masse volumique absolue : (NF P18- 555):..... | 35 |
| III.3.3 | Masse volumique apparent (NF P 18-554) : | 36 |
| III.3.4 | Equivalent de sable (NF-18-598):..... | 37 |
| III.4 | Résultat de sable concassé (SC)..... | 38 |
| III.4.1 | Origine du sable : | 38 |
| III.4.2 | Analyse granulométrique sable concassée | 38 |
| III.4.3 | Masse volumique absolue de sable concassé : (NF P18- 555)..... | 39 |

| | | |
|----------|---|------------|
| III.4.4 | Masse volumique apparente de sable de concassé (NF P 18-554)..... | 40 |
| III.4.5 | Equivalant de sable NF-18-598..... | 40 |
| III.5 | Introduction..... | 41 |
| III.5.1 | Porosité et absorption d'eau..... | 42 |
| III.5.2 | COMROTEMENT MECANIQUE DU MORTIER..... | 43 |
| III.5.3 | L'interprétation des résultats :..... | 44 |
| III.6 | Formulation 02 Résultat de marbre avec sable dune..... | 46 |
| III.6.1 | Porosité et absorption d'eau..... | 46 |
| III.6.2 | le comportement mécanique des mortiers :..... | 46 |
| III.6.3 | L'interprétation des résultats :..... | 48 |
| III.7 | Formulation 03 Résultat de pouzzolane avec sable mixte..... | 49 |
| III.7.1 | Porosité et absorption d'eau :..... | 49 |
| III.7.2 | le comportement mécanique des mortiers :..... | 50 |
| III.7.3 | L'interprétation des résultats :..... | 52 |
| III.8 | Formulation 04 Résultat de marbre avec sable mixte..... | 54 |
| III.8.1 | Porosité et absorption :..... | 54 |
| III.8.2 | le comportement mécanique des mortiers..... | 55 |
| III.8.3 | L'interprétation des résultats :..... | 56 |
| III.9 | Formulation 05 Résultat de pouzzolane avec SD et adj..... | 57 |
| III.9.1 | Porosité et absorption :..... | 57 |
| III.9.2 | le comportement mécaniques des mortier :..... | 58 |
| III.9.3 | L'effet de longueur de fibre:..... | 58 |
| III.9.4 | l'effet de pourcentage de fibre:..... | 59 |
| III.10 | Formulation 06 Résultat de marbre avec SD et adj..... | 60 |
| III.10.1 | Porosité et absorption d'eau..... | 60 |
| III.10.2 | Comportement Mécanique Du Mortier..... | 61 |
| III.10.3 | L'interprétation des résultats :..... | 62 |
| | Conclusion générale..... | 64 |
| | Conclusion générale..... | 65 |
| | Références bibliographiques..... | 67 |
| | Références bibliographiques..... | 68 |
| | Annexes..... | A-1 |

Liste des Figures

| Titre | Page |
|---|-------------|
| Figure II.1. Les cendres volantes. | 21 |
| Figure II.2. Laitiers de haut fourneau. | 21 |
| Figure II.3. Fillers calcaires. | 22 |
| Figure II.4. La fumée de silice. | 23 |
| Figure II.5. pouzzolane Natural. | 23 |
| Figure III.1 Fibres métallique | 33 |
| Figure III.2 Courbe granulométrique du sable de dune | 35 |
| Figure III.3. Courbe granulométrique de (SC) | 39 |
| Figure III.4 : Résultats de la porosité et d'absorption d'eau | 42 |
| Figure III.5 : Résultats de l'effet de la pouzzolane sur le comportement mécaniques | 43 |
| Figure III.6 : Résultats de l'effet de longueur des fibres d'acier sur le comportement mécaniques | 43 |
| Figure III.7: Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la compression | 44 |
| Figure III.8: Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la flexion | 44 |
| Figure III.9 : Résultats de la porosité et l'absorption d'eau des mortiers | 46 |
| Figure III.10 : Résultats de l'effet du marbre sur le comportement mécaniques | 47 |
| Figure III.11 : Résultats de l'effet de longueur des fibres sur le comportement mécaniques | 47 |
| Figure III.12 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la compression | 47 |
| Figure III.13 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la flexion | 48 |
| Figure III.14 : Résultats de la porosité et l'absorption d'eau des mortiers | 50 |
| Figure III.15 : Résultats de l'effet de la pouzzolane sur le comportement mécaniques | 50 |
| Figure III.16 : Résultats de l'effet de longueur des fibres d'acier sur le comportement mécaniques | 51 |
| Figure III.17: Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la compression | 51 |

| | |
|--|-----------|
| Figure III.18 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la flexion | 51 |
| Figure III.19 : Résultats de Porosité et absorption d'eau Formulation des mortiers étudiés | 54 |
| Figure III.20 : Résultats de l'effet de marbre sur la compression et flexion | 55 |
| Figure III.21 : Résultats de l'effet de longueur des fibres d'acier sur le comportement mécaniques | 55 |
| Figure III.22 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur le comportement mécaniques | 55 |
| Figure III.23 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la flexion | 56 |
| Figure III.24 : Résultats de porosité et l'absorption d'eau des mortiers | 57 |
| Figure III.25 : Résultats de l'effet de la pouzzolane sur le comportement mécaniques | 58 |
| Figure III.26 : Résultats de l'effet de longueur des fibres d'acier sur le comportement mécaniques | 58 |
| Figure III.27 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la compression | 59 |
| Figure III.28 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la flexion | 59 |
| Figure III.29 : Résultats de la porosité et l'absorption d'eau des mortiers | 60 |
| Figure III.30 : Résultats de l'effet de marbre sur le comportement mécaniques | 61 |
| Figure III.31 : Résultats de l'effet de longueur des fibres d'acier sur le comportement mécaniques | 61 |
| Figure III.32 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la compression | 62 |
| Figure III.33 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la flexion | 62 |

Liste des Tableaux

| Titre | Page |
|--|-------------|
| Tableau I.1 Géométrie des fibres métalliques | 13 |
| Tableau II.1 : Les ajouts dans les cimenteries algériennes. | 27 |
| Tableau III.1. Caractéristiques physiques de la pouzzolane | 32 |
| Tableau III.2: Caractéristiques chimiques de la pouzzolane | 32 |
| Tableau III.3 : Analyse chimique des fillers de marbre. | 33 |
| Tableau III.4 : Caractéristiques des fibres de métalliques | 33 |
| Tableau III.5: Caractéristiques du MEDAPLAST SP 40. | 34 |
| Tableau III.6 : Résultats de l'analyse granulométrique de sable dune | 34 |
| Tableau III.7 : Résultats de la masse volumique absolue de SD | 35 |
| Tableau III.8: La masse volumique apparente de la sable dune | 36 |
| Tableau III.9: Résultats d'équivalent du sable visuel et par piston. | 37 |
| Tableau III.10 Résultat d'analyse granulométrique de sable concassée. | 38 |
| Tableau III.11 : Résultat de la masse volumique absolue du SC. | 39 |
| Tableau III.12: Résultats de la masse volumique apparente du SC. | 40 |
| Tableau III.13 : Equivalent de sable concassé (E.S.V) et (E.S.P) | 40 |
| Tableau III.14 Formulation des mortiers étudiés | 41 |
| Tableau III. 15 : Résultats de la porosité et d'absorption d'eau des mortiers | 42 |
| Tableau III.16 : Résultats de la porosité et d'absorption d'eau des mortiers | 46 |
| Tableau III.17 : Résultats de Porosité et absorption d'eau Formulation des mortiers étudiés | 49 |
| Tableau III.18 : Résultats de la porosité et l'absorption d'eau des mortiers | 54 |
| Tableau III :19. Résultats de l'effet de la pouzzolane sur la compression et flexion | 57 |
| Tableau III.20 : Résultats de porosité et l'absorption d'eau Formulation des mortiers étudiés | 60 |

Introduction générale

Introduction générale

Le **mortier fibré** est un **matériau composite**. Il est constitué d'un mortier traditionnel dans lequel est incorporé des fibres de natures diverses (métalliques, organiques). Ces fibres sont **réparties de manière homogène dans le mortier** et permettent de lui conférer des propriétés particulières propres à leur nature et à leurs caractéristiques mécaniques. Chacune type de fibres a une influence particulière sur les lois de comportement mécanique du mortier, ce qui se traduit par des applications adaptées et spécifiques. Le choix du type de fibres est donc fonction du domaine d'application et des performances souhaitées.

La valorisation des matériaux locaux est devenue, actuellement, une solution nécessaire aux problèmes économiques des pays en voie de développement. C'est dans ce contexte que s'ouvre la réflexion sur la formulation d'un nouveau mortier fibré en utilisant des ressources abondantes et présentant des caractéristiques soit comparables aux mortiers usuels, soit répondant à des exigences mal assurées par ces derniers.

L'Algérie dispose d'une part de plusieurs régions, soit dans le nord et surtout dans le sud, très riche en sables de différentes dimensions et d'autre part L'utilisation des additions minérales, comme substitutions au ciment, est une pratique inconnue par les constructeurs de notre pays. C'est pourquoi, il nous a paru important d'étudier et d'évaluer l'influence de ces additions, comme substitutions au ciment, sur les propriétés du mortier durci. L'addition minérales utilisée sont la pouzzolane naturelle, qui se trouve en quantités considérables dans l'ouest algérien (Béni-Saf) et qu'il faut nécessairement valoriser, et la poudre de marbre qui est à l'origine des déchets industriels. Pour cela nous avons confectionné 36 mortiers fibrées à base de marbre ou à la base de la pouzzolane , dont nous avons mesuré les résistances à la compression et à la flexion , porosité , absorption d'eau à différentes échéances, et un mortier témoin de référence pour le besoin de la comparaison. Deux pourcentage de fibres ont été utilisé (1% et 2%) avec deux longueurs différent (5cm et 2.5 cm).

Cette mémoire contient les chapitres suivants :

Chapitre 1 : Etude Bibliographique..

Chapitre 2 : Les Ajouts Cimentaires

Chapitre 3 : Discussion des Résultats.

Chapitre I. Etude bibliographique

Chapitre I: Etude bibliographique

I.1 Introduction

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. [1]

Dans toute construction, il est indispensable de réunir entre eux les différents éléments (blocs de béton, briques, moellons, etc.) au moyen d'un mortier de ciment ou de chaux, un mortier est un mélange, durci ou non, de sable, de liant (ciment) et d'eau, avec ou sans adjuvants et ou additifs. Le mortier a pour rôle: [2]

- De solidariser les éléments entre eux.
- D'assurer la stabilité de l'ouvrage.
- De combler les interstices entre les blocs de construction.
- Fabriquer des éléments décoratifs et esthétiques

Dans ce chapitre, nous présenterons les différents types de mortiers ainsi que les caractéristiques principales.

I.2 Composition des mortiers:

Le mortier est un des matériaux de construction, qui contient du ciment, de l'eau, du sable, des adjuvants et éventuellement des additions. Ils peuvent être très différents les uns des autres selon la nature et les pourcentages des constituants, le malaxage, la mise en oeuvre et la cure. Les mortiers sont constitués par des mélanges de : [3]

- -Liant (ciment ou chaux)
- - Eau
- - Sable
- - Adjuvants
- -Les Ajouts

I.2.1 Le liant :

On utilise généralement des liants hydrauliques qui peuvent être le ciment, cette dernière est une matière pulvérulente à base de silicate et d'aluminate, et de la chaux obtenue par la cuisson. [4]

Généralement, on peut utiliser:

- Les ciments normalisés (gris ou blanc).
- Les ciments spéciaux (alumineux fondu, prompt,...).
- Les liants à maçonner.
- Les chaux hydrauliques naturelles.
- Les chaux éteintes.

I.2.2 Le sable :

C'est une matière minérale siliceuse ou calcaire qui se présente dans le sol sous la forme de grains ou de poudre, suivant qu'il s'agit de sable grossier ou de sable fin. Les sables proviennent de la désagrégation des roches qui constituent l'écorce terrestre; suivant leur composition. On peut encore classer les sables d'après leur origine et distinguer les sables de carrière, les sables de mer et les sables de rivière. Le terrain dans lequel le sable grossier domine, manque d'homogénéité, sa trop grande perméabilité ne lui permet pas de retenir les engrais solubles, qui sont entraînés par les eaux avant d'avoir produit leur effet, amenant, en outre, l'assèchement rapide du sol. Des amendements sont nécessaires pour corriger les défauts des sols sableux; l'apport de marne argileuse donne de la cohésion aux terrains qui en manquent, mais le fumier de ferme, en augmentant l'humus, est dans tous les cas le meilleur des traitements: il apporte au sable grossier l'agglomérant dont il a besoin et au sable fin l'allègement et l'aération qui lui font défaut.[5] L'introduction des sables permet de diminuer le retrait du liant (ossature mortier) en augmentant les résistances mécaniques, ajoutant à cela, sa disponibilité et son aspect esthétiques (couleur).

Les sables de bonne granulométrie doivent contenir des grains fins, moyens et gros. Les grains fins se disposent dans les intervalles entre les gros grains pour combler les vides. Ils jouent un rôle important: Ils réduisent les variations volumiques, les chaleurs dégagées et même le prix. Les dosages se feront en poids plutôt qu'en volume comme c'est souvent le cas, afin d'éviter les erreurs de dosage, par suite de l'augmentation de volume de sable humide.[6]

I.2.2.1 Propriétés physiques :

- La masse volumique apparente est généralement comprise entre 1450 et 1650 Kg/m³
- La masse volumique absolue entre 2500 et 2700 Kg /m³.
- La granularité est déterminée par l'essai d'analyse granulométrique.

Selon l'épaisseur des grains, on distingue :

- Les sables fins : l'épaisseur est comprise entre 0.08 et 0.3 mm
- Les sables moyens : l'épaisseur est comprise entre 0.31 et 1.25 mm
- Les sables grossiers : l'épaisseur est comprise entre 1.25 et 5 mm.
- Propreté et teneur en fines : ces deux propriétés sont quantifiables par la valeur de l'équivalent de sable. [7]

I.3 sable de concassage:

Granulats fins de calcaire, de grès ou de porphyre dont les dimensions se situent entre 0 et 6 mm.[7]

I.3.1 les applications du sable concassé.

Les sables de concassage se composent de la fraction fine de granulats provenant du concassage et du criblage de pierres et de roches naturelles. Leurs dimensions se situent entre 0 et 6 mm. Le taux de particules inférieures à 63 microns présentes dans les sables est fonction du processus de fabrication. Des taux particulièrement bas conviennent mieux à certaines applications alors que d'autres demandent un minimum de fines particules. L'utilisation des sables est déterminée par la dimension des grains et les caractéristiques intrinsèques (mécaniques et chimiques) de la roche dont ils proviennent. En règle générale, ils utilisent pour des sous-fondations et fondations, dans des applications liées au ciment par exemple du béton, et pour la production de mélanges bitumineux. Les sables sont des produits d'érosions des roches que l'on extrait en carrières dans des dépôts sédimentaires ou dans les lits des rivières. Ce sont des sables roulés adaptés à la réalisation d'enduits car plus faciles à talocher que le sable concassé.[8]

I.4 Le super plastifiant :

Les super plastifiants sont des produits chimiques qui ajoutés au mortier permettent de réduire sa teneur en eau jusqu'à 30% (c'est un super réducteur d'eau), c'est-à-dire trois ou quatre fois plus qu'un réducteur d'eau normal. [9] Les plastifiants sont des substances qui sont ajoutées pour augmenter la flexibilité ou la fluidité du matériau auquel ils sont ajoutés, et ces matériaux incluent les

plastiques ou le ciment. Les plastifiants pour béton ramollissent le mélange avant qu'il ne durcisse, augmentent sa maniabilité et réduisent l'humidité dans le mélange. [10]

I.5 Le rôle d'utilisation de mortier:

La pâte plastique obtenue peut jouer plusieurs rôles essentiels:

➤ Assurer la liaison, la cohésion des éléments de maçonnerie entre eux, c'est-à-dire la solidité de l'ouvrage, le rendre monolithique.

➤ Protéger les constructions contre l'humidité due aux intempéries ou remontant du sol.

➤ Sous forme d'enduits aériens.

➤ Sous forme d'écrans étanches.

➤ Constituer des chapes d'usure, un pour dallages en béton.

Devenir la matière première dans la fabrication de blocs manufacturés, carreaux, tuyaux divers éléments moulés. [11]

I.6 Classification des mortiers :

La classification des mortiers est comme suite: [12]

I.6.1 Selon leur domaine d'utilisation

Généralement les mortiers varient selon leur domaine d'application, on peut citer les catégories suivantes:

- ✓ Mortier de pose.
- ✓ Mortier de joints.
- ✓ Mortier pour les crépis
- ✓ Mortier pour le sol.
- ✓ Mortier pour les stucs.
- ✓ Pierres artificielles.
Support pour les peintures murales.
- ✓ Mortier d'injection.
- ✓ Mortier pour les mosaïques.
- ✓ Mortier de réparation pour pierres. [11]
- Selon la nature du liant

On peut classer les mortiers selon la nature du liant en:

I.6.1.1 Mortier de ciment portland :

Le ciment portland donne au mortier de maçonnerie sa résistance mécanique, en particulier la résistance initiale, qui est indispensable à une époque où la vitesse de construction est telle que l'on exige qu'un mur puisse supporter une charge importante le lendemain même de sa construction. Les mortiers de ciment portland manquent de plasticité, ont un faible pouvoir de rétention d'eau et sont difficiles à travailler.

Le dosage du rapport entre le ciment et le sable est en général volumétrique de 1,3 et le rapport de l'eau sur ciment est environ 0,35. De plus, un dosage en ciment les rend pratiquement imperméables.[12]

I.6.1.2 Mortier de chaux :

C'est le composant traditionnel du mortier, il possède une plasticité et un pouvoir de rétention d'eau excellent, mais sa résistance mécanique est faible et sa cure est lente. La chaux grasse, obtenue par extinction de la chaux vive en la laissant vieillir, est le produit de qualité que l'on devrait utiliser, mais le vieillissement prend beaucoup de temps et le travail de la chaux grasse est très salissant. C'est pourquoi il est plus pratique d'utiliser la chaux hydratée sèche. La cure des mortiers de chaux s'effectue lentement par carbonatation sous l'effet du gaz carbonique de l'air; ce processus peut être fortement ralenti par un temps froid et humide. [11]

I.6.1.3 Mortiers bâtards :

Ce sont les mortiers, dont le liant est le mélange de ciment et de chaux, dans les proportions égales, suivant leur domaine d'utilisation éventuelle, les compositions de chaux et ciment peuvent être variées. [11]

I.6.1.4 Mortier à base de ciment de maçonnerie :

C'est un produit déposé contenant du ciment portland et un filler minéral inerte (calcaire) et des adjuvants tels que des agents mouillants, des agents hydrofuges et des entraîneurs d'air, les adjuvants donnent la plasticité et le pouvoir de rétention d'eau que confère la chaux aux mortiers de ciment. Certains ciments de maçonnerie sont des mélanges de ciment portland et de chaux hydratée, avec des adjuvants. [11]

I.6.1.5 Les 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. [12]

I.6.1.6 Les Mortier rapide :

Il est fabriqué avec du ciment prompt, il est rapide et résistant pour les scellements. [12]

I.6.1.7 Les Mortier industriel :

Ce sont des mortiers que l'on fabrique à partir de constituants secs, bien sélectionnés, conditionnés en sacs, contrôlés en usine et parfaitement réguliers. Pour utiliser ce type de mortier, il suffit de mettre la quantité d'eau nécessaire et malaxer ensuite les mettre en œuvre. Les fabricants de mortiers industriels proposent une gamme complète de produits répondant à tous les besoins:

- ✓ Mortiers pour enduits de couleur et d'aspect varié.
- ✓ Mortiers d'imperméabilisation.
- ✓ Mortier d'isolation thermique.
- ✓ Mortier de jointoiement.
- ✓ Mortier de ragréage.
- ✓ Mortier de scellement, mortier pour chapes.
- ✓ Mortier-colle pour carrelages, sur fond de plâtre ou de ciment.
- ✓ Mortier de réparation [12] .

I.7 Comportement mécanique du mortier :

Les caractéristiques mécaniques d'un matériau sont la base de la construction et de la sécurité d'un ouvrage. Il est donc nécessaire de posséder les connaissances les plus étendues sur ces caractéristiques. En s'appuyant sur les expériences acquises avec un matériau déterminé, il est certes possible d'exécuter de nombreux ouvrages avec une sécurité suffisante; le contrôle suivi des résistances déterminantes est cependant le moyen le plus sûr de compléter l'expérience personnelle et de créer les bases pour une construction économique et sûre. L'essai de la résistance est donc un élément d'une importance capitale aussi bien pour le constructeur que pour l'ensemble des intéressés.

L'objet principale de la résistance des matériaux est l'étude de la stabilité interne c'est à dire la détermination des contraintes et déformations à l'intérieur de la matière et les déplacements des lignes moyennes des structures générés (machines en génie mécanique, bâtiment en génie civil...). Elle est basée sur des hypothèses simplificatrices vérifiées expérimentalement comme: la résistance à la compression et flexion [13].

I.8 Résistances mécaniques :

I.8.1 La résistance à la compression:

La résistance à la compression est la capacité d'un matériau ou d'une structure à supporter les charges qui tendent à réduire sa taille par compression (écrasement) [14].

I.8.2 La résistance à la flexion:

La flexion est la déformation d'un objet qui se traduit par une courbure. Dans le cas d'une poutre, elle tend à rapprocher les deux extrémités de la poutre. Dans le cas d'une plaque, elle tend à rapprocher deux points diamétralement opposés sous l'action [15]

I.9 Méthode de préparation des mortiers :

I.9.1 Les mortiers fabriqués sur le chantier :

L'entreprise qui fabrique sur le chantier son mortier doit choisir correctement le liant en fonction de son type et de sa classe, le ou les sables, la teneur en eau (pour obtenir la plasticité désirée) et les adjuvants adaptés à la destination du mortier. Les sables utilisés sont généralement siliceux ou silico-calcaires; leur granulométrie est de préférence continue. Les dosages se feront en poids plutôt qu'en volume comme c'est souvent le cas, afin d'éviter les erreurs de dosage, par suite de l'augmentation de volume du sable humide (foisonnement) [16] .

I.9.2 Les mortiers industriels secs pré-mélangés:

Comme la plupart des produits industriels, ces mortiers font l'objet de contrôles {tous les stades de leur élaboration par le fabricant, ce qui constitue pour l'utilisateur une sécurité. Les autres avantages présentés par ces produits sont les suivants: Pré-dosage de composition constante, garant de régularité et de qualité; Pas d'approvisionnement et de stockage sur place des constituants (sables, liants, adjuvants); Perte de temps limitée (appréciable dans le cas de travaux à effectuer rapidement et lorsque la place fait défaut) [16].

I.9.3 Les mortiers frais retardés, stabilisés, prêts à l'emploi:

Depuis quelques années est apparue une nouvelle génération de mortiers livrés par les centrales de béton prêt {l'emploi, les mortiers frais retardés et stabilisés. Du fait qu'ils sont retardés,

ces mortiers peuvent être livrés et stockés en quantité importante. On peut les utiliser dans un délai allant jusqu' à 24 heures sans avoir le souci de préparer de nombreuses petites gâchées. Très maniables et homogènes, ils possèdent des résistances très largement suffisantes pour les travaux auxquels ils sont destinés: maçonnerie et jointoiement. Lorsqu'ils sont étalés en couche mince, la prise de ces mortiers est accélérée (effet d'absorption d'eau par le support et perte par évaporation) [16] .

I.10 Les mortiers de fibres:

L'incorporation de fibres de verre ou de polypropylène permet d'obtenir des mortiers présentant une cohésion supérieure et moins fissurables. Ce sont soit des mortiers pré-mélangés, livrés en sac, soit des mortiers prêts à l'emploi, livrés par certaines centrales [16] .

I.10.1 L'avantage d'Utilisation les fibres dans le béton ou le mortier

Les fibres de différentes compositions incorporées au mortier ont pour effet d'augmenter la résistance résiduelle du mortier. Dans certains cas, l'utilisation de fibres permet de renforcer la structure. En général, les fibres permettent une meilleure répartition des contraintes mécaniques. [17].

I.10.2 Amélioration des caractéristiques mécaniques:

- L'utilisation de fibres augmente la ductilité du mortier, c'est-à-dire ses caractéristiques en Post fissuration. De plus, l'utilisation de fibres peut apporter une amélioration en flexion, en tension, en torsion et en cisaillement ainsi qu'à la résistance aux impacts et à la fatigue.
- Un mortier fibré continue donc à supporter des charges après la formation de fissures.
- L'augmentation de la capacité en flexion est obtenue grâce à l'augmentation de la résistance résiduelle par l'utilisation des fibres. Cette propriété est aussi fonction de la nature, de la quantité et de l'efficacité des fibres utilisées. Il est important de se rappeler que la distribution uniforme des fibres dans le mélange est la condition essentielle pour obtenir une amélioration des caractéristiques mécaniques du mortier fibré. Il faut combiner tout apport de fibres dans le béton à des techniques d'insertion des fibres [17].

I.10.3 Avantages du mortier fibré:

Les avantages de l'utilisation des fibres dans le mortier sont présentés selon l'aspect technique et économique.

a-Aspect technique : L'utilisation d'un mortier fibré est avantageuse principalement au niveau du contrôle de la fissuration ainsi que du support de charge, tout dépendamment du type de fibres et du dosage utilisé.

Les principaux avantages techniques sont :

- Un renforcement tridimensionnel uniformément distribué à travers le béton;
- Une augmentation de la ténacité grâce au comportement en post-fissuration
- Résistance résiduelle;
- Une énergie d'absorption élevée;
- Une résistance aux impacts élevée;
- Une résistance à la fatigue élevée;
- Une augmentation de la résistance en cisaillement.

b-Aspect économique : Les principaux avantages économiques des bétons fibrés sont :

- une réduction des intervenants sur le chantier, ce qui implique une réduction
- Du coût de mise en place et du temps de construction;
- Une optimisation du dimensionnement. [17]

I.11 Application :

La recherche et le développement ont permis d'appliquer un concept de renforcement structural à différents types d'ouvrages en béton. De par leurs propriétés, les fibres trouvent un vaste domaine d'applications où il faut réduire les risques de fissuration, augmenter la résistance aux impacts et améliorer la performance du béton pour optimiser le dimensionnement des ouvrages.

Le béton fibré est utilisable dans tous les domaines du génie civil, aussi bien dans les constructions industrielles, commerciales et institutionnelles que résidentielles. [17]

I.12 Différent type de fibres

I.12.1 Fibres métalliques:

Les fibres métalliques sont de types et de formes variées et présentent une très bonne compatibilité avec le béton. La figure 1 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 (ASTM A 820) [17].










| | | |
|---|---|---|
| <u>Bouts ondulés</u>  | <u>Bouts plats</u>  | <u>Bouts en crochets</u>  |
| <u>Crêpé</u>  | <u>Tôle ondulée déformée</u>  | <u>Tôle ondulée déformée</u>  |
| <u>Tôle ondulée déformée</u>  | <u>Amorphe</u>  | <u>Autre machinage</u>  |

tableau I.1 Géométrie des fibres métalliques [17]

I.13 Les additions « les ajouts » :

I.13.1 Définition des additions :

Dans le domaine du génie civil, le terme « Addition » désigne, à partir des années 1990 une catégorie de produits minéraux utilisés dans la confection des bétons et des mortiers. La plus récente norme européenne EN 206 -1 (septembre 2004), définit les additions comme matériaux minéraux finement divisés et pouvant être ajoutés au béton pour améliorer certaines de ses propriétés ou pour lui conférer des propriétés particulières.

- ❖ Elle spécifié également qu'il existe deux types d'additions :
 - Les additions quasiment inertes (type I)
 - et les pouzzolanes ou additions à caractère hydraulique latent (type II). [18]

I.13.2 Les types des additions :

a-Addition type II (Les ajouts minéraux actifs): les plus courants utilisé sont les pouzzolanes, La fumée de silice, Le laitier de haut fourneau, Les cendres volantes. [18]

a. 1- La pouzzolane : Les pouzzolanes sont des matériaux, naturels ou artificiels.

✓ **Pouzzolane naturelle :** Est un produit d'origine volcanique essentiellement composé de silice, d'alumine et d'oxyde de fer ayant naturellement des propriétés pouzzolanique.

✓ **Pouzzolane artificielle :** C'est une matière essentiellement composée de silice, d'alumine et d'oxyde de fer ayant subi un traitement thermique pour lui assurer des propriétés pouzzolaniques. Les roches traitées thermiquement : argiles, schistes, latérite, bauxite [18]

I.13.3 Les fillers calcaires :

Sont des produits obtenus par broyage fin de roches naturelles (calcaires, basalte, bentonite, etc.) Présentant une teneur en carbonate de calcium CaCO_3 supérieure à 75%. Ces produits désignés dans le commerce comme fillers sont des poudres fines à granulométries contrôlées et dont les plus gros grains ne dépassent pas 80 μm . Les fillers se différencient les uns des autres par :

✓ Leur origine, leurs compositions chimiques et minéralogiques, leurs défauts de structure, les impuretés qui'ils contiennent.

✓ Leur finesse, la forme des grains, leur état de surface.

✓ Leur dureté, leur porosité.

Un filler est dit calcaire s'il contient au moins 90% de carbonate de calcium. Dans les autres cas, le filler est désigné par le nom de sa roche d'origine. [18]

a.1- La fumée de silice : Les fumées de silice sont des particules très fines (taille moyenne des grains environ 1 μm) présentant une très forte teneur en silice amorphe. Elles proviennent de la réduction de quartz de grande pureté par du charbon dans les fours à arc électrique utilisés pour la production de silicium et d'alliage Ferro silicium.

a.2- Le laitier de haut fourneau : Ou le laitier broyé comme il voudrait peut-être mieux l'appeler est un sous-produit de la fabrication de la fonte brusquement refroidi par aspersion d'eau, c'est un matériau comporte de l'oxyde de calcium dans des proportions de l'ordre de 40 à 50 %, de la silice entre 25 à 35%, de l'alumine entre 12 à 30% ainsi que la magnésie et d'autres oxydes en très faibles quantités, tous ces éléments étant pratiquement les mêmes que ceux du clinker.

a.3- Les cendres volantes : Les cendres volantes sont des poudres fines constituées principalement de particules vitreuses de forme sphérique, issues de la combustion du charbon pulvérisé en présence ou

non de CO-combustibles, ayant des propriétés pouzzolaniques et composées essentiellement de SiO_2 et de Al_2O_3 ; la proportion de SiO_2 réactive constituant au moins 25 % de la masse. [18]

I.13.4 Les principaux effets des additions dans les matériaux cimentaires :

De par leur réactivité en présence de ciment et leur finesse les additions minérales provoquent des modifications significatives dans les propriétés des matériaux cimentaires.

I.14 L'effet filler :

L'effet «filler» appelé aussi effet «granulaire» est par définition l'incorporation d'addition minérale dans un matériau cimentaire en mesure de modifier le squelette granulaire du mélange. L'incorporation d'une addition minérale peut avoir des conséquences favorables et compenser un déficit en particules fines dans la mesure où les particules parviennent à remplir d'une partie du volume des vides du squelette granulaire et libérer l'eau contenue dans les pores. Si la quantité d'eau est réduite. Pour conserver la même maniabilité, alors la résistance mécanique peut s'améliorer. Cet accroissement de la résistance est appelé « l'effet filler » [18] .

I.14.1 L'effet physico-chimique et microstructurale :

L'effet physico-chimique et microstructural appelé aussi effet physique de surface concerne les modifications induites par les multiples interactions entre les particules d'additions minérales et le processus d'hydratation du ciment et sur la structuration des produits hydratés [18].

a- L'effet chimique :

L'effet chimique concerne la capacité des additions, caractérisées par des propriétés pouzzolaniques et/ou hydrauliques, à réagir avec l'eau et les constituants anhydres ou résistance mécanique au même titre que les produits hydratés du ciment pour former de nouvelles phases minérales qui contribuent à la résistance mécanique au même titre que les produits hydratés du ciment.

I.15 Intérêt d'utilisation des ajouts minéraux :

L'utilisation d'ajouts minéraux dans les industries du ciment et du béton présente des avantages techniques, économiques et environnementaux. [18]

a - Intérêt des points de vue techniques :

* L'incorporation de particules très fines permet d'améliorer sa maniabilité.

* Les ajouts cimentaires améliorent généralement la résistance mécanique, l'imperméabilité et la ténacité aux attaques chimiques.

b -Intérêt des points de vue économiques :

* Le ciment est un grand consommateur d'énergie, son remplacement par des ajouts minéraux réduit le prix du béton en utilisant moins de combustible.

c - Intérêt des points de vue environnementaux :

* La production d'une tonne de ciment Portland libère dans l'atmosphère une quantité quasi équivalente de gaz carbonique (CO₂). En effet, la substitution d'une fraction de clinker permet d'obtenir des ciments aux propriétés mécaniques exploitables, ce qui permet une diminution de rejets de CO₂. [18]

I.16 Intérêt d'utilisation des ajouts minéraux dans le génie civil :

* L'introduction des ajouts dans la confection du ciment présente un facteur bénéfique car la consommation en clinker baisse en fonction des taux d'ajouts, est aussi la réaction pouzzolanique étant à base de produits de faible coût et la durabilité est garantie. [19]

* Dessous-produits industriels tels que les cendres volantes et fumées de silice sont des déchets d'usine.

* Les pouzzolanes naturelles n'est pas nécessaire de les pulvériser ou de les soumettre à un traitement thermique avant de s'en servir. Pour des raisons d'épargne d'énergie, il y a tout lieu de croire que l'utilisation de ces matériaux se poursuivra et se développera de plus en plus.

- L'utilisation des fillers calcaires est généralement favorable à l'amélioration de la maniabilité d'un mortier ou d'un béton. Il est alors possible de réduire la quantité d'eau du mélange, entraînant en répercussion une hausse de la résistance : **c'est l'effet filler** [20].

- Cependant, le prix de ces additions est relativement élevé comparativement aux additions calcaires et siliceuses. D'autant plus que dans les granulats et notamment le sable produit par concassage, les fillers peuvent déjà exister.

I.17 Les fonctions des fillers:

I.17.1 Dans les ciments:

Les ciments dans lesquels on introduit les fillers appartiennent à une classe de résistance inférieure ou moyenne.

➤ Les ciments fileries, CPJ sont avant tout des ciments d'intérêt économique et écologique. Ils permettent l'utilisation des cendres volantes et des laitiers qui sont des sous-produits industriels. Ils peuvent contenir aussi des fillers naturels (calcaires, pouzzolanes). Leur fabrication ne doit pas entraîner de surcoût.

➤ Les ciments aux laitiers et aux cendres (CLC), les ciments de hauts fourneaux (CHF) et les ciments de laitier au clinker (CLK) dont la chaleur d'hydratation est faible et dont les ajouts ont des propriétés pouzzolaniques confèrent au matériau final une durabilité intéressante. Ils sont utilisés dans les milieux agressifs : constructions en eau de mer [24] .

I.17.2 Dans les bétons

F. de Larrard [21] et **J.P. Bomblet [22]** montrent que les fillers sont indispensables pour la confection de bétons hauts performances. Ils agissent comme:

- correcteur de la granulométrie: Les fumées de silice et les fines calcaires sont ajoutées à la composition du béton pour rendre l'empilement granulaire plus compact.
- apport d'une cohésion intergranulaire l'utilisation des fines et ultra-fines ne se fait pas sans l'emploi d'adjuvant organique. Le couple filler et adjuvant organique modifie la rhéologie du béton frais dans le sens d'une amélioration de sa maniabilité. [23]

I.18 Déchets De Marbre:

Le marbre est une roche métamorphique dérivée du calcaire, existant dans une grande diversité de coloris pouvant présenter des veines ou des fossiles. Certains types de marbre portent des noms particuliers, par exemple le cipolin ou la griotte. Le marbre désigne un carbonate de calcium à tissu compact ou cristallin qui se laisse rayer et réagit aux acides de plus ou moins siliceux ou argileux, il se présente en épaisseur homogène ou diversement mélangé à d'autres matières, sa densité est élevée en moyenne de 2,27. La classification des marbres est fondée sur les teintes ou les dessins: outre le blanc ils existent des variétés, beiges, bleus, roses, gris jaunes, rouges, vertes, violettes ou noires.

La production de marbre en France est faible et on constate une régression par rapport à des pays comme l'Italie, le Portugal, et la Grande Bretagne. Les produits marbrières Algériennes sont extraits et transformés conformément aux normes européennes: italiennes et françaises en particuliers.

Les procédés utilisés en Algérie pour le travail du marbre sont ceux utilisés dans le monde:

- Sciage des masses au fil hélicoïdal, au fil diamanté et haveuse pour l'abatage et le tranchage des masses brutes de marbres naturels en carrières.

- Transformation des produits finis au moyen de lames et disques, débitages secondaires et ponçages avec des pierres ponce.

Le marbre Algérien est exploité actuellement par l'entreprise nationale du marbre "Enamarbre" qui dispose de dix unités de production implantées dans cinq Wilayas [24-25] .

I.19 Conclusion

L'utilisation d'additifs de poudre de marbre et pouzzolane et de fibres minérales dans le mortier est Principalement bénéfique en termes de contrôle de la fissuration ainsi que de support de la charge, selon le type de fibre et le dosage utilisé, ce qui implique une réduction des coûts de mise en place et du temps de construction.

Chapitre II. Les ajouts Cimentaires

Chapitre II Les ajouts Cimentaires

II.1 Introduction

Les ajouts minéraux sont largement utilisés pour la production de ciment et bétons dans les pays industriels et développés est classé en actifs et inertes.

Les ajouts cimentaires sont des matériaux présentant une granulométrie très fine que l'on incorpore le plus souvent au ciment portland et donnent ses propriétés au béton, grâce à une activité hydraulique et/ou pouzzolanique. Ils améliorent les caractéristiques du béton ou de lui conférer des propriétés spécifiques. Contrairement aux adjuvants, les ajouts doivent être pris en compte dans le calcul de la composition du béton, des ajouts, tel que les cendre volantes le laitier granulé de haut fourneau (LGHF) et les fumées de silice, les fillers etc., entrent dans la majorité des compositions du ciment dans le but d'améliorer ses caractéristiques rhéologiques et/ou mécaniques. [26]

II.2 Classification des ajouts minéraux

Les ajouts minéraux dans le ciment sont classés norme en actifs et inertes. On distingue quatre classes d'ajouts minéraux :

II.2.1 Les cendres volantes:

Les cendres volantes utilisées dans les ciments et les bétons sont produites dans les centrales thermiques utilisant du charbon pulvérisé. Elles se présentent sous forme d'une poudre de couleur plus ou moins foncée suivant sa teneur en carbone et en impureté. Les cendres volantes sont sous forme de particules sphériques vitreuses, pleines ou creuses. La granulométrie s'échelonne de 1 à 200 μm et, en général, 50% des particules ont un diamètre inférieur à 30 μm . leur surface spécifique Blaine varie entre 250 et 400 m^2/kg (domaine analogue à celui des ciments). La norme ASTM C-618-80 regroupe les cendres volantes en deux grandes classes suivant leur composition chimique :

- La classe F riche en oxyde ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > 70\%$) avec une teneur faible en chaux ($\text{CaO} < 10\%$). Elle est qualifiée de silicoalumineuse avec un faible potentiel pouzzolanique.
- La classe C riche en chaux ($\text{CaO} > 10\%$), avec une teneur en oxyde supérieur à 50%. Elle est qualifiée de silicalcaire avec un potentiel pouzzolanique élevé [27].



Figure II.1. Les cendres volantes [27]

II.2.2 Les laitiers de haut fourneau :

Les laitiers sont des sous-produits de la fabrication de la fonte dans les hauts fourneaux des usines sidérurgiques. Ce sont des silico-aluminates de chaux traités de différentes façons à la sortie du haut fourneau :

- Par refroidissement brusque dans l'eau ou dans l'air : ceci empêche la cristallisation et permet son utilisation dans les ciments et les bétons comme pouzzolane,
- Par refroidissement lent à l'air : ceci donne un matériau cristallisé sans aucun pouvoir liant qui est utilisé comme granulats pour les travaux routiers et dans les bétons. En Europe, les laitiers sont en général ajoutés au ciment. On parle de ciment au laitier. En Amérique du nord, ils sont incorporés directement dans le béton [27]



Figure II.2. Laitiers de haut fourneau [27]

II.2.3 Fillers calcaires

Les fillers calcaires sont des produits obtenus par broyage fin de roches naturelles (calcaires, basalte, bentonite, etc.) présentant une teneur en carbonate de calcium CaCO_3 supérieure à 75%. Ces produits désignés dans le commerce comme fillers sont des poudres fines à granulométries contrôlées et dont les plus gros grains ne dépassent pas 80 micron. Les fillers se différencient les uns des autres par.

- Leur origine, leurs compositions chimiques et minéralogiques, leurs défauts de structure, les impuretés qui'ils contiennent.
- Leur finesse, la forme des grains, leur état de surface.
- Leur dureté, leur porosité. Un filler est dit calcaire s'il contient au moins 90% de carbonate de calcium. Dans les autres cas, le filler est désigné par le nom de sa roche d'origine [28].



Figure II.3. Fillers calcaires [28]

II.2.4 La fumée de silice:

Également appelées « fumées de silice » ou « poussières de silice » ou encore « micro silice », les fumées de silice sont un sous-produit de l'électrometallurgie du silicium et de ses alliages. On charge un four avec du quartz, de la houille et parfois des copeaux de métal. L'ensemble est porté à une très haute température (1500 - 2000 °C) par des arcs électriques. On obtient d'une part le silicium liquide et d'autre part des gaz chargés de poussières dont certains s'oxydent à l'air libre pour donner des fumées de silice. En tant que sous-produits industriels, leur nature ne fait l'objet d'aucun contrôle lors de sa fabrication. Leurs caractéristiques physico-chimiques peuvent être assez dispersées, non seulement d'une usine à l'autre mais encore à l'intérieur même d'une unité de fabrication : la fumée de silice est un matériau très variable [29].

Le mécanisme de réaction pouzzolanique de la fumée de silice peut être brièvement décrit comme la réaction de la silice avec la chaux libérée par l'hydratation du ciment, en présence de l'eau. Il en résulte des C-S-H à pauvre rapport Ca/Si. Bien que cette réaction soit prompte et précoce, elle est limitée par la quantité d'eau dans les BHP. A 7 jours, les performances atteintes sont très significatives par rapport à 28 jours. Il a été montré que 10% de fumée de silice par rapport à la masse de ciment permettent d'obtenir un béton à haute résistance mécanique et une bonne durabilité aux agressions chimiques lorsque des dosages en super plastifiant sont optimisés [30].



Figure II.4. La fumée de silice [30].

II.3 Les pouzzolanes:

Les pouzzolanes sont des matériaux, naturels ou artificiels, capables de réagir présence d'eau avec l'hydroxyde de chaux pour donner naissance à des composés nouveaux, stables, peu solubles dans l'eau et possédant des propriétés liantes [31].



Figure II.5. pouzzolane Natural

II.3.1 La couleur des pouzzolanes

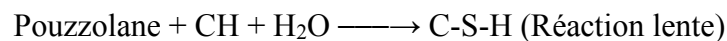
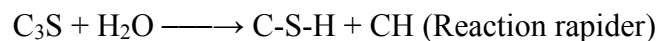
Les oxydes de fer peuvent être retenus comme "indicateur coloré" des pouzzolanes puis qu'ils sont susceptibles de donner d'utiles renseignements sur les degrés d'oxydation atteints dans les pouzzolanes rencontrées. Les analyses chimiques réalisées sur les pouzzolanes de provenances très

différentes (France, Italie, Madagascar, Réunion, Martinique, Guadeloupe, Zaïre et Ruanda) tendent bien à montrer que la couleur dominante de celles-ci reste étroitement liée au rapport des pourcentages pondéraux des oxydes ferreux et ferriques [32]. La coloration des matériaux ne révélait que des variations du degré d'oxydation du fer présent et ne pouvait donc pas affecter la partie silicatée. De ce fait, le préjugé selon lequel les pouzzolanes noires présenteraient une qualité plus médiocre que celles des pouzzolanes rouges est actuellement dénué de tout fondement [33]

II.3.2 Réaction pouzzolanique

La réaction pouzzolanique signifie formation dans la réaction de liaison. Les propriétés de la pâte qui contient les produits de réaction sont indépendantes de la réactivité pouzzolanique. L'action pouzzolanique se caractérise donc par deux aspects distincts qui sont la quantité totale de chaux (la chaux utilisée est une chaux éteinte ayant pour formule chimique Ca(OH)_2 (Portlandite ou hydroxyde de calcium) qu'une pouzzolane est capable de fixer ; et la rapidité de fixation de la chaux par la pouzzolane (la réactivité de la pouzzolane), cette réaction est lente c'est-à-dire se manifeste après 28 jours.

Les pouzzolanes naturelles contiennent de 60 à 85% de silice (SiO_2) et d'alumine (Al_2O_3). En présence d'eau et de chaux, à des températures ordinaires, comme dit la norme, elles vont former des silicates de calcium hydratés, semblables à ceux produits par l'hydratation du silicate tricalcique (C_3S) (C_3A , SiO_2), composé principal du ciment Portland. Les réactions pouzzolanique et hydraulique peuvent s'écrire globalement comme suit : [34] [35].



Le comportement du ciment avec ajout minéral est déterminé par trois caractéristiques de la réaction pouzzolanique de l'ajout :

- a) La réaction est lente, le dégagement de chaleur et le développement des résistances seront également lents.
- b) Au lieu de fournir de la chaux, comme dans le cas du ciment Portland, la réaction pouzzolanique en consomme et améliore la résistance du béton en milieu acide.
- c) Les produits d'hydratation remplissent les pores capillaires et augmentent la résistance et l'imperméabilité des bétons par affinage de ces pores capillaires et par transformation des gros cristaux de CH en un produit d'hydratation faiblement cristallisé (affinage des grains) [36].

II.3.3 Types de pouzzolane :

II.3.3.1 Pouzzolane naturelle

La **Pouzzolane naturelle** est un produit d'origine volcanique (verre volcanique, pierre ponce, zéolite....) ou sédimentaire (terre à diatomées, trass.....), composé essentiellement de silice alumine et fer. Elle est formée d'une phase mal cristallisée, amorphe et de grande surface spécifique, qui réagit rapidement avec la chaux libérée pendant l'hydratation du ciment pour former de nouveaux cristaux de silices et d'aluminate de calcium hydraté qui participent au développement des résistances mécaniques et chimiques. Selon la norme DE L'ASTMC 18, la pouzzolane se définit comme étant un matériau siliceux et alumineux qui ne possède en lui-même aucune ou à peu près aucune valeur liante mais qui sous forme de poudre très fine et en présence d'humidité réagit chimiquement avec l'hydroxyde de calcium, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ à des températures ordinaires pour former des composés possédant des propriétés liantes [37].

II.3.3.2 Pouzzolane artificielle

Les pouzzolanes artificielles sont toute matière essentiellement composées de silice, d'alumine et d'oxyde de fer ayant subi un traitement thermique pour lui assurer des propriétés pouzzolanique. Elles sont des déchets des efférentes industries. On distingue. Soit des résidus de fabrication industrielle tel que. le mach fers , cendre de bois ou d'houille , soit des débris de brique et de tuile fabriquées avec des argile pures des températures modérées. On distingue aussi le schiste cuite, et les déchets de l'industrie à base de méta kaolinite [38].

II.4 Bénéfices de l'utilisation des ajouts minéraux :

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

II.4.1 Bénéfices fonctionnels :

Incorporation des particules fines améliore la maniabilité et réduit la demande en eau (à l'exception des ajouts d'une grande finesse)

- Il y a une amélioration des propriétés mécaniques et de la durabilité du béton.
- Il y a une diminution de la chaleur d'hydratation dégagée du béton, ce qui diminue la fissuration d'origine thermique.
- Ils peuvent modifier la nature et la texture des hydrates formés.

- Prise et durcissement pour les ajouts qui interviennent dans le processus réactionnel du ciment avec l'eau. [39]

II.4.2 Bénéfices économiques

La plupart des ajouts minéraux sont des sous-produits de différentes industries et leur coutes souvent égal au cout du transport et de la manipulation. Comme la production du ciment est un grand consommateur d'énergie, son remplacement par des ajouts minéraux réduit le prix du béton pour le cout du combustible [39].

II.4.3 Bénéfices écologiques et environnementaux

- diminution de l'émission du CO₂ par l'industrie cimentière. [39]

II.5 Rôle de l'ajout cimentaire :

II.5.1 Rôle granulaire des ajouts cimentaires

Les ajouts cimentaires comblent les interstices granulaires inaccessibles aux grains de ciment et rendent le mélange plus fluide en permettant la diminution de la quantité d'eau

II.5.2 Rôle pouzzolanique des ajouts cimentaire

Les ajouts cimentaires (actifs) réagissent avec la chaux libérée par l'hydratation du ciment pour donner des C-H-S, véritable liant contribuant à l'augmentation des résistances mécaniques du matériau. L'idéal est d'avoir une ultrafine à grande cinétique de réaction, avec des grains lisses (à défloculation facile) et à très forte activité pouzzolanique [40, 41].

II.5.3 Rôle mécaniques des ajouts cimentaires

La réflexion s'oriente vers une ou plusieurs activités d'origine physique d'une poudre chimiquement inerte. Il a été montré par calorimétrie que l'hydratation du silicate tricalcique (C₃S) est plus rapide en présence de fines calcaires [42]. Dans un tel cas, le calcaire n'entre dans aucune réaction chimique, l'accélération de l'hydratation du silicate tricalcique est due à un effet physique dit de «nucléation hétérogène » : les germinations du silicate de calcium hydraté se produisent plus facilement au contact des cristaux de calcite. Cette germination entraîne une précipitation des C-S-H et donc, une précipitation plus rapide de la portlandite Ca(OH)₂. Une explication semblable a été avancée pour l'accélération de l'activité des cendres volantes avant vingt-huit jours en présence de fines calcaires. Les réactions entre le ciment et l'eau sont plus rapides en présence de poudre calcaire

et donc à chaque instant, il y a davantage d'hydrates formés. Cet effet ne peut expliquer directement une «activité » significative de l'addition. Néanmoins, il est possible, de l'expliquer d'une façon indirecte. Il faut, en effet, distinguer entre l'avancement des réactions d'hydratation du ciment (phénomène d'ordre chimique), et le développement de résistances (phénomène d'ordre physique). Ce dernier dépend évidemment de la qualité d'hydrates fournis par l'hydratation, mais aussi de la façon dont ces hydrates s'assemblent, de leur arrangement dans l'espace et de leurs liaisons. En conséquence, la germination au contact de la surface des additions a deux conséquences :

- l'accélération de l'hydratation,
- la modification de l'assemblage des hydrates favorables à la résistance.

II.6 L'utilisation des ajouts en Algérie

L'industrie cimentaire est d'importance primordiale pour l'Algérie comme tous pays en voie de développement. Cependant, parmi les moyens efficaces qui existent pour augmenter la production du ciment est celui d'utiliser des ajouts qui sont très peu coûteux et disponibles en grandes quantités en Algérie, comme le laitier d'El – Hadjar, le calcaire et la pouzzolane naturelle de Beni – Saf. Le tableau suivant (donne une idée sur les ajouts utilisés dans les cimenteries algériennes) [43] .

| Entreprise | Cimenterie | Ajout Utilisés |
|------------|------------------|----------------|
| ERCE | Ain Touta | Pouzzolane |
| | Ain El kebira | |
| | Hamma Bouziane | |
| | H'djar Essaoud | Laitier |
| | Tebessa | |
| ERCC | Meftah | Tuf / Calcaire |
| | Raiss Hamidou | Poussière |
| | Sour EL Ghozlane | Calcaire / Tuf |
| ECDE | Chlef | Calcaire |
| ERCO | Beni Saf | Pouzzolane |
| | Zahana | |
| | Saida | |

Tableau II.1 : Les ajouts dans les cimenteries algériennes [43].

II.7 Conclusion

Les ajouts cimentaires constituent une solution durable et performante pour les constructeurs et occupants de bâtiments de toutes sortes. L'utilisation croissante de ces matériaux respectueux de l'environnement s'explique par les nombreux avantages, comme une maniabilité accrue et une meilleure consolidation, une amélioration des résistances à la flexion et à la compression, une amélioration de la pompabilité, une meilleure résistance aux chlorures et aux sulfates, des températures inférieures pour le béton de masse, de faibles réactions silico-alcalines, et une diminution de la perméabilité. L'utilisation des ajouts cimentaires dans la fabrication du béton permet de réduire la consommation d'énergie en plus d'améliorer l'efficacité et les performances des bâtiments.

Chapitre III. Discussion des résultats

Chapitre III. Discussion des résultats

III.1 Introduction

Le but de notre travail c'est l'étude de l'effet de pouzzolane naturelle et les fillers de marbre combiné avec les fibres métalliques sur les propriétés des mortiers à base de sable de dune sable concassé.

La recherche expérimentale des résultats obtenus du programme d'essais ainsi la discussion des résultats a été présentée dans ce chapitre. Les compositions de mortier formulé sont :

Avec PN : pouzzolane naturelle ; M : Marbre ; Adj : Adjuvant ; fm : Fibre métallique.

1. Composition 1 : mortier avec 0% de PN;
2. Composition 2 : mortier avec 10% de PN;
3. Composition 3 : mortier avec 10% de PN ; 1% fibre de longueur 5cm
4. Composition 4 : mortier avec 10% de PN;1%fm de longueur 2.5 cm
5. Composition 5 : mortier avec 10% de PN; 2%fm de longueur 5cm
6. Composition 6 : mortier avec 10% de PN 2%fm de longueur 2.5 cm
7. Composition 1 : mortier avec 0% de M; 0%fm
8. Composition 2 : mortier avec 10% de M; 0%fm
9. Composition 3 : mortier formulé avec 10% de M ; 1%fm de longueur 5cm
10. Composition 4 : mortier avec 10% de M ; 1%fm de longueur 2.5 cm
11. Composition 5 : mortier avec 10% de M ; 2%fm de longueur 5cm
12. Composition 6 : mortier avec 10% de M ; 2%fm de longueur 2.5 cm
13. Composition 1 : mortier avec SC ; 0% de PN;
14. Composition 2 : mortier avec SC ; 10% de PN;
15. Composition 3 : mortier avec SC ; 10% de PN;1% fm de longueur 5cm
16. Composition 4 : mortier avec SC ; 10%de PN% fm de longueur 2.5 cm
17. Composition 5 : mortier avec SC ; 10% de PN; 2% fm de longueur 5cm
18. Composition 6 : mortier avec SC ; 10% de PN ; 2% fm de longueur 2.5 cm
19. Composition 1 : mortier avec SC ; 0% de M; 0%fm
20. Composition 2 : mortier avec SC ; 10% de M;0%fm
21. Composition 3 : mortier avec SC ; 10% de M ; 1%fm de longueur 5cm
22. Composition 4 : mortier avec SC ; 10% de M; 1%fm de longueur 2.5 cm
23. Composition 5 : mortier avec SC ; 10% de M; 2%fm 5cm

24. Composition 6 : mortier avec SC ; 10% de M ; 2%fm 2.5 cm
25. Composition 1 : mortier avec 0 %adjuvant ; 0% de PN; 0%fm
26. Composition 2 : mortier avec 1.5 %adjuvant ; 10% de PN; 0%fm
27. Composition 3 : mortier avec 1.5 %adjuvant 10% de PN ; 1%fm de longueur 5cm
28. Composition 4 : mortier avec 1.5 %adjuvant 10% de PN; 1%fm de longueur 2.5 cm
29. Composition 5 : mortier avec 1.5 %adjuvant 10% de PN ; 2%fm de longueur 5cm
30. Composition 6 : mortier avec 1.5 %adjuvant 10% de PN; 2%fm de longueur 2.5 cm
31. Composition 1 : mortier avec 0 %adjuvant ; 0% de M; 0%fm
32. Composition 2 : mortier avec 1.5% adjuvant ; 10% de M ; 0%fm
33. Composition 3 : mortier avec 1.5%adjuvant ; 10% de M; 1%fm de longueur 5cm
34. Composition 4 : mortier avec 1.5%adjuvant ; 10% de M; 1%fm de longueur 2.5 cm
35. Composition 5 : mortier avec 1.5%adjuvant ; 10% de M ; 2%fm de longueur 5cm
36. Composition 6 : mortier avec 1.5%adjuvant ; 10% de M; 2%fm de longueur 2.5 cm

III.2 Les matériaux utilisés:

Les matériaux utilisés sont :

- Le ciment de MOKAOUEM la cimenterie Lafarge de Hammam Dhalàa wilaya de M'SILA.
- Le sable fin de région de Boussaâda (OUED MAITAR).
- Le sable concassé de la carrière (COSIDER).
- Eau de gâchage (eau distillée).
- Les adjuvants : le MEDAPLAST SP40 de Granitex (Super plastifiant).
- Les ajouts : Pouzzolane naturel de Beni-saf.
- Marbre provenant de l'unité de transformation de marbre (Boussaâda) ;
- fibres métallique de Granitex .

III.2.1 Le ciment :

Dans cette expérience le ciment Mokaouem Plus (NA 442 - CEM I 42,5 N-SR3) de couleur gris et résistant aux sulfates, résultat de la mouture d'un clinker contenant un faible taux d'aluminates de calcium avec une proportion de gypse inférieure à celle d'un ciment portland composé.

III.2.2 Pouzzolane naturel :

La pouzzolane naturelle utilisée provient des gisements de Buhamidi (Beni Saf). La pouzzolane utilisée comme substitut du ciment homogène, passé à travers un tamis de 0,08 mm.

Tableau III.1. Caractéristiques physiques de la pouzzolane

| Caractéristiques Physiques | valeur |
|--|--------|
| Masse volumique apparente (g/cm ³) | 0.98 |
| Masse volumique absolue (g/cm ³) | 2.75 |
| Surface spécifique Blaine (cm ² /g) | 3560 |
| Pouzzolanité (%) | 85 |
| Absorption (%) | 58.70 |
| Porosité (%) | 57.10 |
| Humidité (%) | 2.50 |
| Perte de feu (%) | 5.60 |

Tableau III.2: Caractéristiques chimiques de la pouzzolane

| Composant | Teneurs (%) |
|--------------------------------|-------------|
| SiO ₂ | 74.48 |
| Al ₂ O ₃ | 12.83 |
| CaO | 1.51 |
| Fe ₂ O ₃ | 3.92 |
| MgO | 0.34 |
| SO ₄ | Nul |
| Cl | Nul |
| P.F | 7.21 |
| Total | 100.29 |
| Carbonates | 2.73 |
| CO ₂ | 1.20 |
| H ₂ O | 6.01 |
| M.O | Nul |

III.2.3 Marbre :

Fillers de marbre (poudre) provenant de l'unité de transformation de marbre (Boussaâda). Nous avons passé le marbre sur un tamis de 0,08 mm .

Tableau III.3 : Analyse chimique des fillers de marbre.

| Symbole | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | So ₃ | K ₂ O | Na ₂ O | CL | Perte au feu |
|------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|------------------|-------------------|-------|--------------|
| Teneur (%) | 0.00 | 0.09 | 0.01 | 55.78 | 0.47 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.008 | 43.28 |

III.2.4 Les fibres métalliques

Proviennent de la société algérienne de Granitex.

Tableau III.4 : Caractéristiques des fibres de métalliques

| Fusion (°C) | Longueur (mm) | Epaisseur (mm) | Elancement L/D | Résistance à la traction (MPa) | Module d'élasticité (GPa) | Masse volumique (g/cm ³) |
|-------------|---------------|----------------|----------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| >1000 | 50 | 0.6±0.09 | 83.33 | > 1000 | 200 | 7.8 |

Nous avons utilisé une sorte de fibre d'acier, qui est de l'acier ondulé, d'une longueur de 5 cm (**figure III-1**)

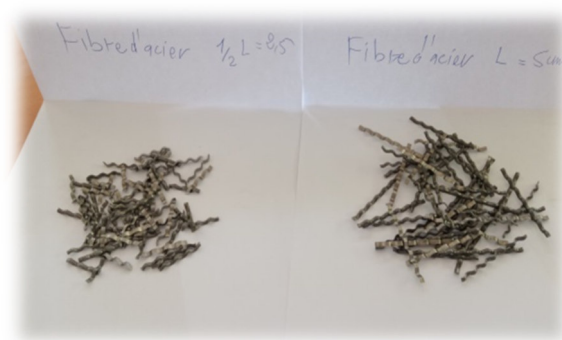


Figure III.1 Fibres métalliques

III.2.5 Eau de gâchage :

Tous les mortiers sont mixés avec l'eau du robinet au Laboratoire de l'Université de M'sila.

III.2.6 Adjuvant:

Le Medaplast Sp 40 est un super plastifiant haut réducteur d'eau permettant d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité. En plus de sa fonction principale il permet de diminuer considérablement la teneur en eau du béton. Dans tous les mélanges adjuvantes on a utilisé un pourcentage de 1.5 %.

Tableau III.5: Caractéristiques du MEDAPLAST SP 40.

| Nature | Couleur | PH | Densité | Teneur en chlore | Extrait sec |
|---------|---------|-----|------------------|------------------|-------------|
| Liquide | Marron | 8.2 | 1.20 + ou - 0.01 | <1g/L | 40% |

III.3 Résultat de sable dune (SD) :

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

- Tamisage ;
- Sédimentation.

III.3.1 Analyse granulométrique de sable dune : (NF P 18-304. NF P 18-560)

Tableau III.6 : Résultats de l'analyse granulométrique de sable dune

| Ouvertures de tamis (mm) | Poids des refuse partiel (g) | Poids des refuse cumulés (g) | Refuse cumulé en (%) | Tamisat cumulés en (%) |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|
| 5 | 3 | 3 | 0.15 | 99.85 |
| 2.5 | 104 | 107 | 5.35 | 94.65 |
| 1.25 | 94 | 201 | 10.05 | 89.95 |
| 0.63 | 84 | 285 | 14.25 | 85.75 |
| 0.315 | 734 | 1019 | 50.95 | 49.09 |
| 0.16 | 874 | 1893 | 94.65 | 5.35 |
| 0.08 | 94 | 1987 | 99.35 | 0.65 |
| 0 | 0 | 2000 | 100 | 0 |

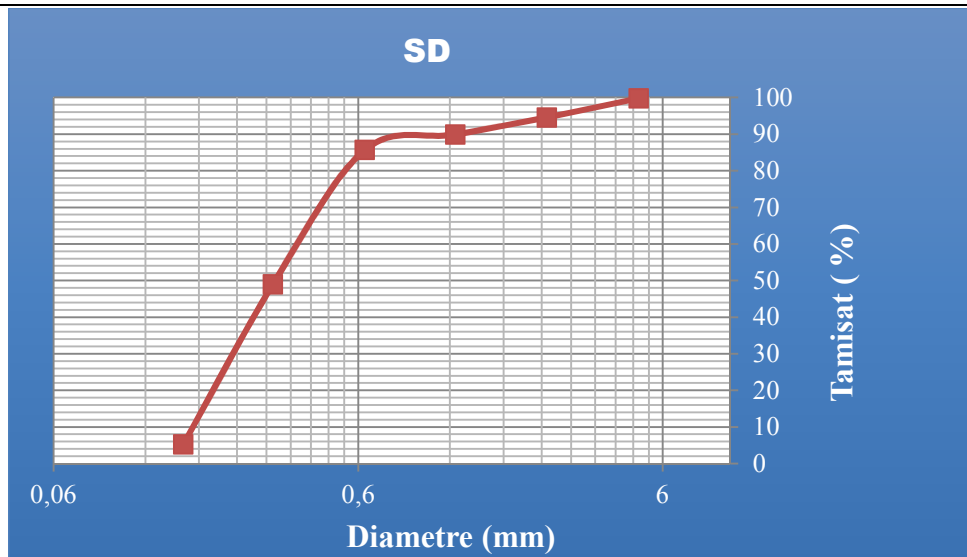


Figure III.2 Courbe granulométrique du sable de dune

III.3.1.1 Module de finesse EN 196-6:

C'est un facteur très important, qui nous permet de juger la grosseur du sable, il est exprimé par le rapport de la somme des refus cumules des tamis de mailles :

[0.16 - 0.315 - 0.63 - 1.25- 2,5 et 5mm] sur 100 et calculé par la relation suivante:

$$\sum [(refus\% (0.16+0.315+0.63+1.25+2.5+5)/100)]$$

➤ Les normes le MF des sables comme suit :

- ❖ Sables gros : MF > 2.5
- ❖ Sables moyen : 2 < MF < 2.5
- ❖ Sables fin 1.5 < MF < MF < 1.5 $(0+0.65+3.35+49.05+85.75+89.95+94.65+99.85)/100= 4,25$

On se basant sur cette classification, on trouve le résultat suivant : **MF= 4.2**

Avec : Ri : refus cumulé en pour cent (%).

III.3.2 Masse volumique absolue : (NF P18- 555):

La masse volumique absolue du sable est calculé d'après la formule :

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

Tableau III.7 : Résultats de la masse volumique absolue de SD

| matériaux | Sable de dune (M = 300g) | | |
|---|--------------------------|-------|-------|
| V ₁ (cm ³) | 300 | 300 | 300 |
| V ₂ (cm ³) | 418 | 417 | 415 |
| V ₂ -V ₁ (cm ³) | 0.118 | 0.117 | 0.115 |
| ρ (g/m ³) | 2.542 | 2.564 | 2.608 |
| Moyenne | 2.571 | | |

III.3.3 .Masse volumique apparent (NF P 18-554) :

C'est la masse de l'unité de volume apparent du corps, c'est-à-dire de la Volume constitué par la matière du corps et le vide qu'elle contient. Il est donné par la relation suivant:

$$\rho_{\text{app}} = (M_2 - M_1) / V$$

$$V = 900 \text{ cm}^3 = 0.9 \text{ L}$$

M₁: Masse du récipient à vide.

M₂ : Le poids de l'ensemble (sable+ récipient) .

Tableau III.8: La masse volumique apparente de la sable dune

| Matériaux | SD | | |
|--------------------------------|--------------------------|---------|---------|
| | V=0.9 (cm ³) | | |
| M ₁ | 115 | 115 | 115 |
| M ₂ | 1.420 | 1.430 | 1.450 |
| M ₂ -M ₁ | 1.306 | 1.313 | 1.337 |
| ρ (kg/m ³) | 1.450 | 1.461.1 | 1.483.3 |
| Moyenne | 1.464,8 | | |

III.3.4 Equivalant de sable (NF-18-598) :

III.3.4.1 But:

Cet essai a pour but de mesurer la propreté d'un sable, c'est-à-dire la quantité de particules fines et des éléments fins présents dans le sable.

a- Equivalent de sable visuel (E.S.V):

- Après 20 minutes de dépôt de sable, lire la hauteur h1 du niveau supérieur du flocculant jusqu'au fond de l'éprouvette à l'aide d'une règle.
- - mesure également avec le réglé la hauteur h2 comprise entre le niveau supérieur de la partie sédimentaire et fond de l'éprouvette

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

Où $h_2 < h_1$.

h1: la hauteur du sable + élément fins.

b - Equivalent de sable par piston (E.S.P) :

- Introduire le piston dans l'éprouvette et descendre doucement jusqu'à ce qu'il repose sur le sédiment. A cet instant bloquer le manchon du piston et sortir celui-ci de l'éprouvette.
- Introduire le réglé dans l'encoche du piston jusqu'à ce que le zéro vienne buter contre la face intérieure de la tête du piston. Soit h'2 la hauteur lue et correspondant à la hauteur de la partie sédimentée

$$ESP = \left(\frac{h'_2}{h_1} \right) \cdot 100\%$$

Résultats obtenus

Tableau III.9: Résultats d'équivalent du sable visuel et par piston.

| | H ₁ (cm) | H ₂ (cm) | H' ₂ (cm) | ESV (%) | ESP (%) |
|--------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------|---------|
| Essai 1 | 8.1 | 6.3 | 6.2 | 77.77 | 76.5 |
| Essai 2 | 9 | 6.4 | 6.8 | 71.11 | 75.5 |
| Essai 3 | 8.6 | 7.5 | 6.6 | 87.20 | 76.8 |
| Moyenne Esv et Esp | | | | 78.7 | 76.28 |

- $75 < \text{ESV} < 85$.
- $70 < \text{ESP} < 80$.

Pour le sable de Boussaâda : sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante quand le retrait n'a pas de conséquence notable sur la qualité du béton.

III.4 Résultat de sable concassé (SC)

III.4.1 Origine du sable :

Le sable de base de notre recherche provient de carrière (carrière COSIDER)

III.4.2 Analyse granulométrique sable concassée

Tableau III.10 Résultat d'analyse granulométrique de sable concassée.

| Tamis (mm) | Poids des Tamis (g) | Poids des Tamis+ sable (g) | Refus partiel (g) | Refus cumulés (g) | Refus cumulés (%) | Tamisât cumulés (%) |
|------------|---------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| 5 | 856 | 862 | 6 | 6 | 0,3 | 99,7 |
| 2.5 | 751 | 1410 | 659 | 665 | 33,25 | 66,75 |
| 1.25 | 651 | 1167 | 516 | 1181 | 59,05 | 40,95 |
| 0.63 | 621 | 1024 | 403 | 1584 | 79,2 | 20,8 |
| 0.315 | 560 | 823 | 263 | 1844 | 92,2 | 7,8 |
| 0.160 | 518 | 621 | 103 | 1947 | 97,35 | 2,65 |
| 0.08 | 688 | 730 | 42 | 1989 | 99,45 | 0,55 |
| Fond | 563 | 574 | 11 | 2000 | 100 | 0 |

Donc, dans notre cas $Mf = 4.46$

Pour le sable concasse : $Mf > 2,5$: C'est un sable gros

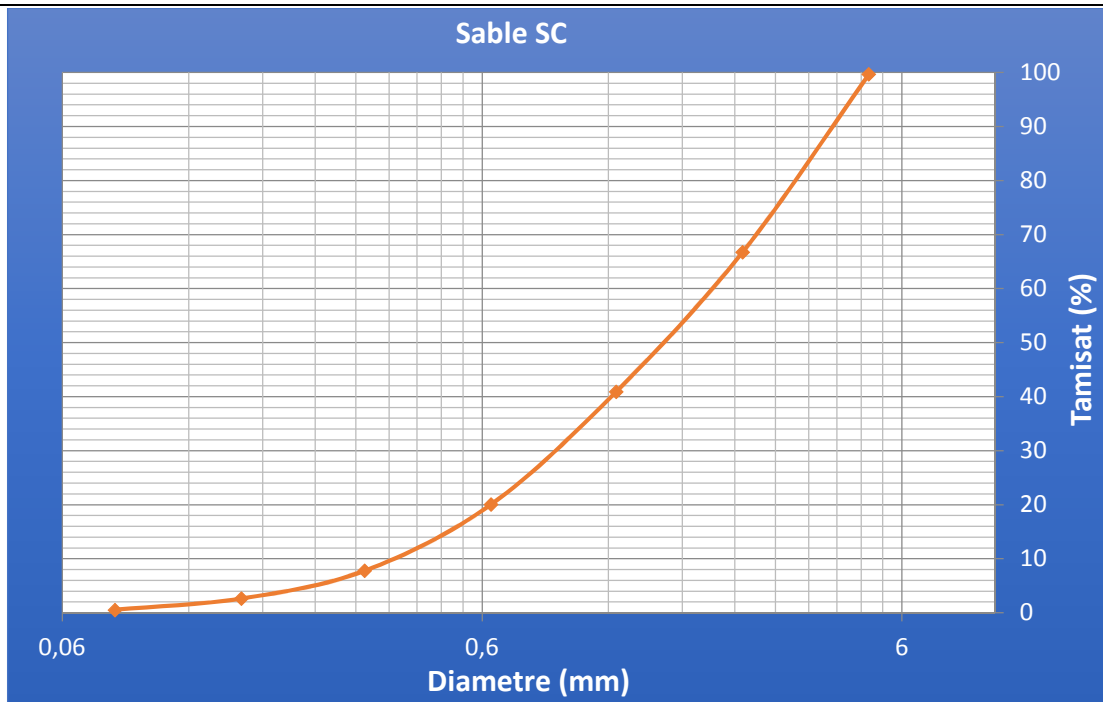


Figure III.3. Courbe granulométrique de (SC)

III.4.3 Masse volumique absolue de sable concassé : (NF P18- 555)

Le mode opératoire est le même que l'on a utilisé pour la masse volumique absolue du sable d'oued maiter Boussaâda.

Les résultats de la masse volumique sont donnés comme suit :

Tableau III.11 : Résultat de la masse volumique absolue du SC.

| Matériaux | SC (M=300 g) | | |
|--------------------------------|--------------------------|-------|-------|
| | V_1 (cm ³) | 300 | 300 |
| V_2 (cm ³) | 415 | 410 | 410 |
| $V_2 - V_1$ (cm ³) | 0.115 | 0.110 | 0.110 |
| ρ (g/cm ³) | 1.830 | 1.860 | 1.880 |
| Moyenne | 1.8567 | | |

III.4.4 Masse volumique apparente de sable de concassé (NF P 18-554)

Le mode opératoire est le même que l'on a utilisé pour la masse volumique absolue du sable d'oued.

Les résultats de la masse volumique sont donnés comme suit :

Tableau III.12: Résultats de la masse volumique apparente du SC.

| matériaux | SC (V=0.9L) | | |
|--------------------------------|-------------|--------|--------|
| M ₁ (g) | 0.116 | 0.116 | 0.116 |
| M ₂ (g) | 1.419 | 1.431 | 1.454 |
| M ₂ -M ₁ | 1.303 | 1.315 | 1.338 |
| ρ (g/m ³) | 1447.7 | 1461.1 | 1486.6 |
| Moyenne | 1465.13 | | |

III.4.5 Equivalent de sable NF-18-598

III.4.5.1 Equivalent de sable visuel (E.S.V) et équivalent de sable par piston (E.S.P) :

Tableau III.13 : Equivalent de sable concassé (E.S.V) et (E.S.P)

| | H1(cm) | H2(cm) | H'2(cm) | ESV (%) | ESP (%) |
|-----------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Essai 1 | 10.6 | 11.6 | 8.4 | 78.52 | 79.25 |
| Essai 2 | 10.6 | 11.6 | 8.2 | 78.52 | 77.36 |
| Essai 3 | 10.6 | 11.6 | 8.3 | 77.94 | 78.30 |
| Moyenne ESV et ESP | | | | 78.33 | 78.30 |

On a :

- ESV moy 78.33% >75%
- ESP moy 78.30% >80%

Pour le sable concassé :

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

III.5 Introduction

Dans ce travail, nous avons réalisé 36 mélanges de mortiers, comprenant différentes variables, notamment de la pouzzolane, la poudre marbre et les fibres métalliques. De plus, nous avons mis deux types de sable (SD et 2/3SC+1/3SD) comme il est présenté dans le **Tableau III.11**

Le choix de la mixture 2/3SC+1/3SD a été sélectionné sur la base des travaux antérieurs de TEBBAL .N .

Tableau III.14 Formulation des mortiers étudiés

| | SD (g) | SC (g) | Ciment (g) | E/C | Ajout cimentaire (%) | Fibre (%) | Longueur de fibre (cm) | Adjuvant (%) |
|----------------------|-----------|-----------|---------------|-----|----------------------------|--------------|------------------------------|-----------------|
| Formulation01 | 1350 | 0 | 500 | 0.5 | 10%PN | 1 | 5 | 0 |
| | | | | | | 2 | 2.5 | |
| Formulation02 | 1350 | 0 | 500 | 0.5 | 10%M | 1 | 5 | 0 |
| | | | | | | 2 | 2.5 | |
| Formulation03 | 900 | 450 | 500 | 0.5 | 10%PN | 1 | 5 | 0 |
| | | | | | | 2 | 2.5 | |
| Formulation04 | 900 | 450 | 500 | 0.5 | 10%M | 1 | 5 | 0 |
| | | | | | | 2 | 2.5 | |
| Formulation05 | 1350 | 0 | 500 | 0.5 | 10%PN | 1 | 5 | 0.7 |
| | | | | | | 2 | 2.5 | |
| Formulation06 | 1350 | 0 | 500 | 0.5 | 10%M | 1 | 5 | 0.7 |
| | | | | | | 2 | 2.5 | |

III-5 Formulation 01: Résultats de pouzzolane avec sable dune

III.5.1 Porosité et absorption d'eau

Les résultats de la porosité et d'absorption d'eau des mortiers étudiés sont regroupés dans le Tableau III.15.

Tableau III. 15 : Résultats de la porosité et d'absorption d'eau des mortiers

| Type de mortier | sable (g) | pouzzolane (g) | ciment (g) | fibres (g) | E/C | adjuvant (%) |
|-----------------|-----------|----------------|------------|------------|-----|--------------|
| Témoin | 1350 | 0 | 500 | 0 | 0.5 | 0 |
| t02 | 1350 | 50 | 450 | 0 | 0.5 | 0 |
| t03 | 1350 | 50 | 450 | 5 | 0.5 | 0 |
| t04 | 1350 | 50 | 450 | 5 | 0.5 | 0 |
| t05 | 1350 | 50 | 450 | 10 | 0.5 | 0 |
| t06 | 1350 | 50 | 450 | 10 | 0.5 | 0 |

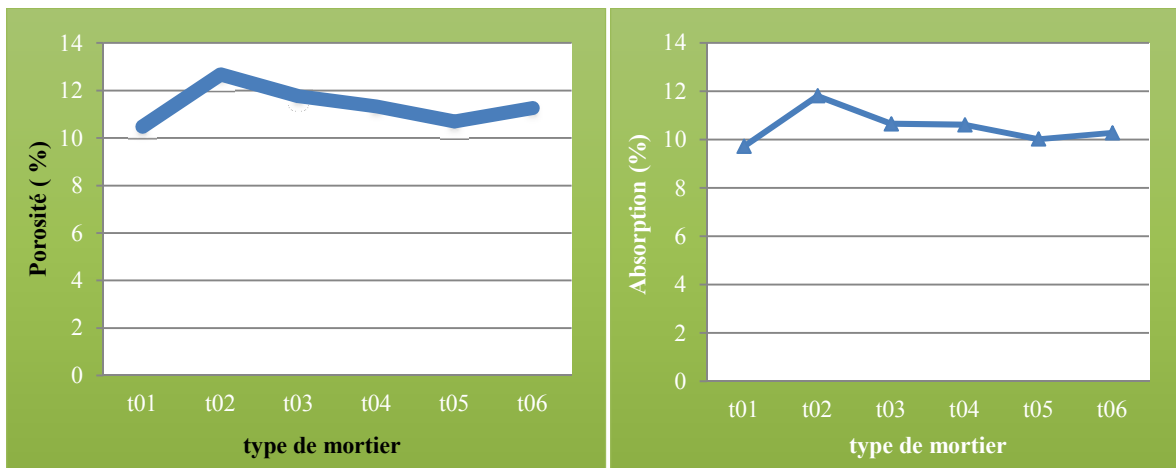


Figure III.4 : Résultats de la porosité et d'absorption d'eau

III.5.2 COMROTEMENT MECANIQUE DU MORTIER

Les résultats de comportement mécanique des mortiers étudiés sont regroupés dans les figures suivantes :

III.5.2.1 l'effet de pouzzolane :

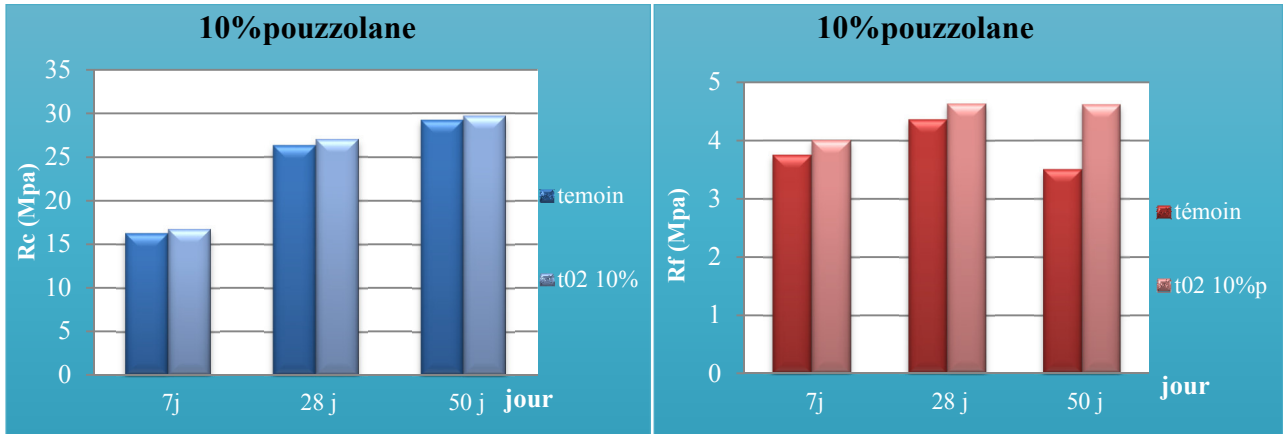


Figure III.5 : Résultats de l'effet de la pouzzolane sur le comportement mécaniques

III.5.2.2 L'effet de longueur de fibre:

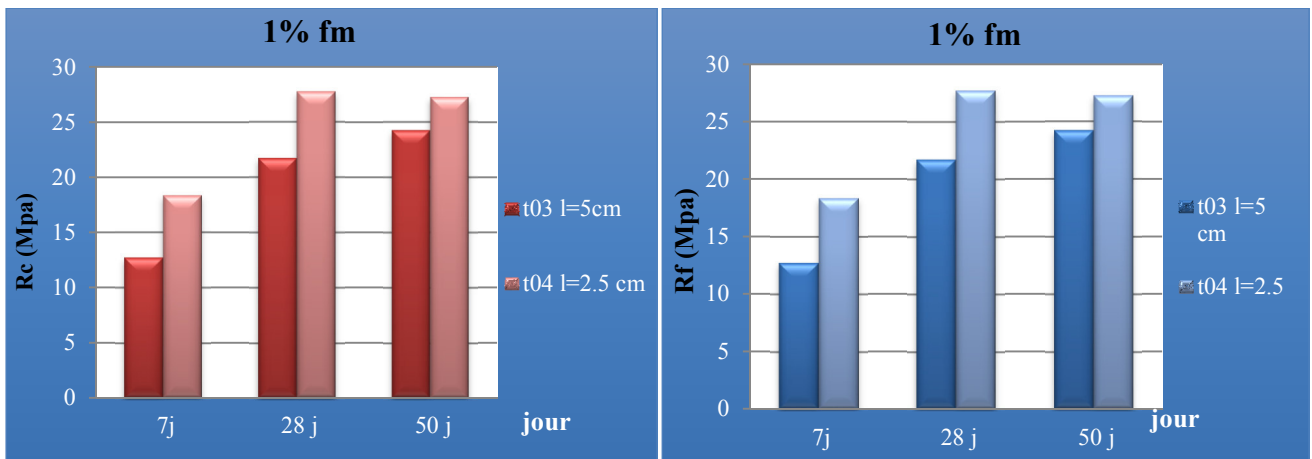


Figure III.6 : Résultats de l'effet de longueur des fibres d'acier sur le comportement mécaniques

III.5.2.3 l'effet de pourcentage de fibre :

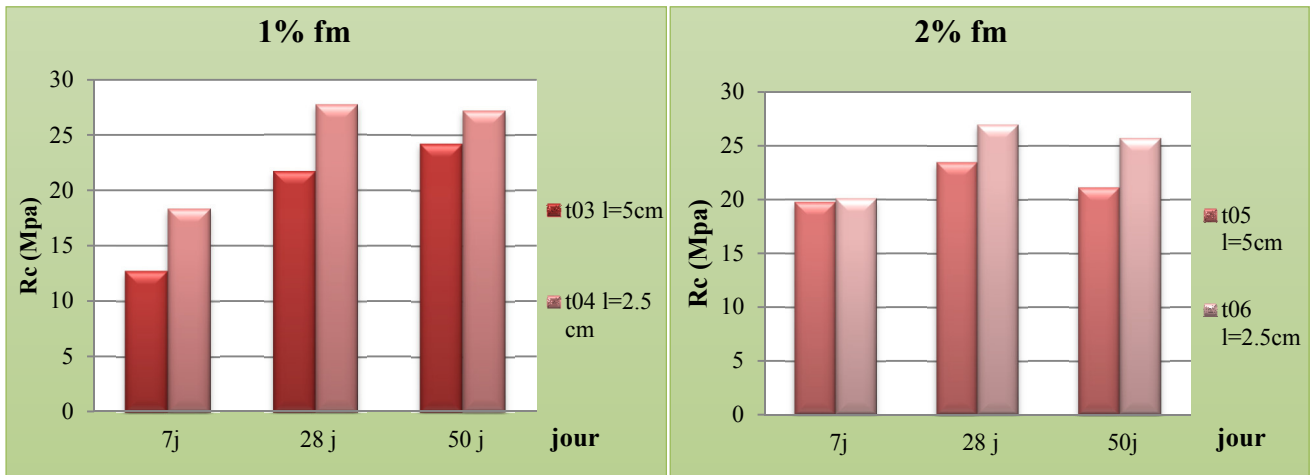


Figure III.7: Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la compression

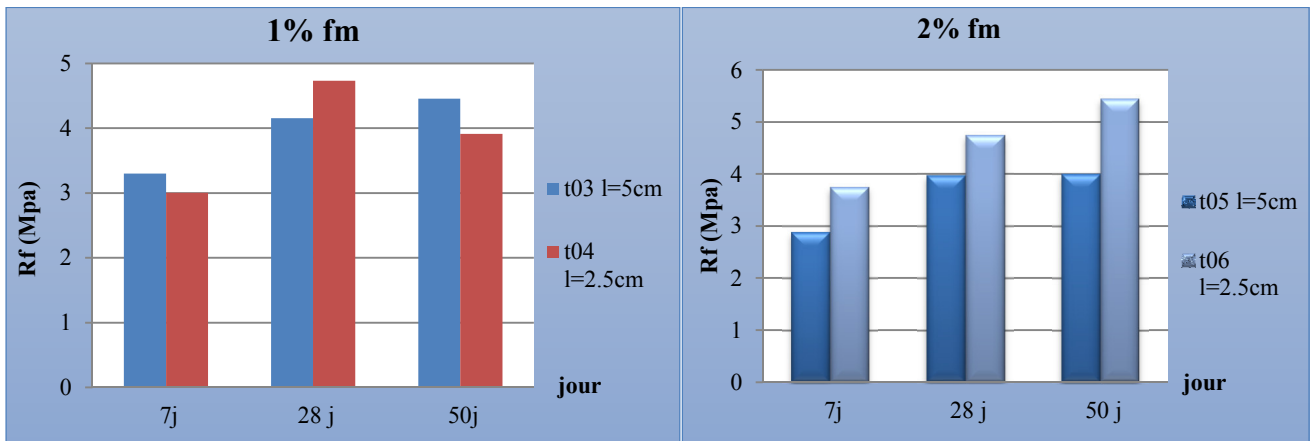


Figure III.8: Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la flexion

III.5.3 L'interprétation des résultats :

III.5.3.1 l'effet de filler :

III.5.3.1.1 la porosité :

La (Figure 4) montre l'évolution de la porosité en fonction de type de mortier. Le taux de 10 % de pouzzolane augmente plus la porosité augmente, mais durant l'hydratation du ciment, les pores ont tendance à diminuer à cause de la consommation de la portlandite ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) par réaction pouzzolanique. On peut constater que l'ajout de pouzzolane réduit l'eau de gâchage et améliore la structure poreuse des matériaux en diminuant la dimension des pores. la porosité minimale et remarquer pour le mortier M5.

III.5.3.1.2 absorption d'eau

L'ajout de pouzzolane diminue la porosité du mortier jusqu'à seuil de 10 % mais en sachant que la surface spécifique du ciment est supérieure à la surface spécifique du filler de pouzzolane, alors on enregistre une nouvelle hausse de la Porosité du mortier qui engendre une hausse de l'absorption.(Figure III.4)

III.5.3.1.3 La résistance mécanique à la compression :

La (Figure III.5) illustre l'évolution de la résistance à la compression en fonction de l'âge des mortiers contenant de la pouzzolane naturelle. D'après ces figures, nous remarquons que les résistances à la compression des mortiers élaborés avec la pouzzolane restent toujours supérieur à celle du mortier de témoin et cela pour tous les âges. Au jeune âge (7jour), le dosage de la pouzzolane a un effet positif sur la résistance à la compression, cette augmentions est tendance en fonction du temps car elle passe de 17MPa pour à T02.

- A l'âge de 28 jours et la résistance à la compression entre 26MPa et 28Mpa.
- À l'âge de 50jours on remarque les mêmes tendances d'augmentation de la résistance

III.5.3.1.4 La résistance mécanique à la flexion :

Au jeune âge (7 jours), les résistances à la flexion des mortiers contenant la pouzzolane sont faibles comparativement à celle du mortier témoin Taux de 10% selon le (Figure III.5). Nous constatons une nette augmentation de la résistance à la flexion pour Une teneur de 10% pouzzolane à long terme (28 et 50 jours).

III.5.3.2 .L'effet de longueur de fibre:

Les fibres courtes qui, à même dosage, sont plus nombreuses peuvent être actives en jouant le rôle de couture sur des microfissures qui se développent aux premiers stades du chargement. La résistance à la traction peut se retrouver augmentée. Nous avons remarqué que les valeurs de la compression et de la flexion diminuent pour longueur de 5 cm par contre une augmentation significative dans la valeur 2,5 cm de la longueur. On peut donc dire que la longueur de la fibre peut affecter négativement aussi sur la résistance mécanique et la flexion des mortiers.(Figure III.6)

III.5.3.3 L'effet de pourcentage de fibre :

La Figure 7 et 8 présente l'évolution des caractéristiques mécaniques quelconques d'un mortier en fonction du pourcentage de fibres. Il est évidant que le choix de la fibre est lié à La caractéristique

mécanique que l'on désire améliorer. Les résultats de résistance à la compression du mortier avec les deux pourcentages de Fibres métalliques obtenues à 7 , 28 et 50 jours sont représentés dans la figure (7.8). L'incorporation des fibres a pu améliorer la résistance des bétons fibrés (1 et 2%) de 10et 20% à l'âge de 7 jours et de 25 et50% à l'âge de 28 jours respectivement par rapport au témoin mortier. (Figure III.7..... Figure III.8)

III.6 Formulation 02 Résultat de marbre avec sable dune

III.6.1 Porosité et absorption d'eau

III.6.2 le comportement mécanique des mortiers :

Tableau III.16 : Résultats de la porosité et d'absorption d'eau des mortiers

| Type de mortier | sable (g) | marbre (g) | ciment (g) | fibres (g) | E/C | adjuvant (%) |
|-----------------|-----------|------------|------------|------------|-----|--------------|
| témoin | 1350 | 0 | 500 | 0 | 0.5 | 0 |
| m02 | 1350 | 50 | 450 | 0 | 0.5 | 0 |
| m03 | 1350 | 50 | 450 | 5 | 0.5 | 0 |
| m04 | 1350 | 50 | 450 | 5 | 0.5 | 0 |
| m05 | 1350 | 50 | 450 | 10 | 0.5 | 0 |
| m06 | 1350 | 50 | 450 | 10 | 0.5 | 0 |

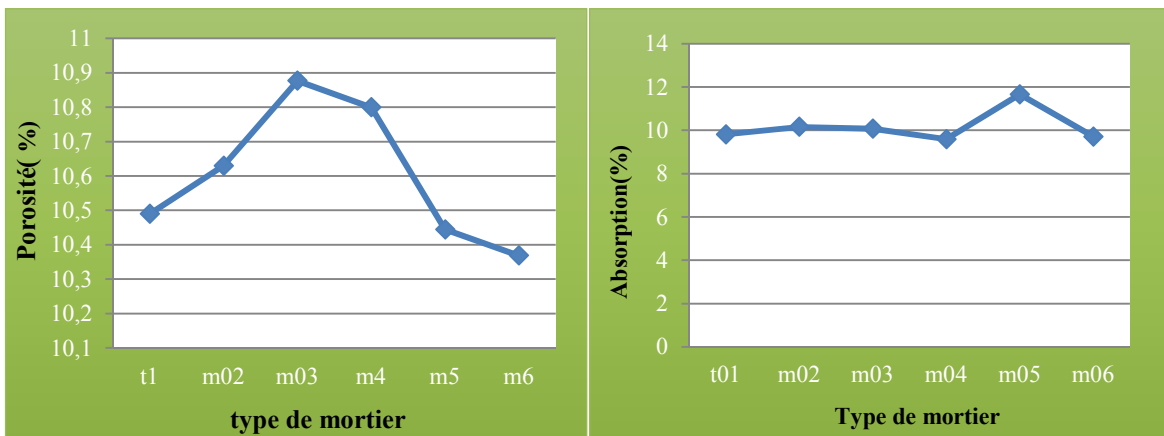


Figure III.9 : Résultats de la porosité et l'absorption d'eau des mortiers

III.6.2.1 L'effet de marbre :

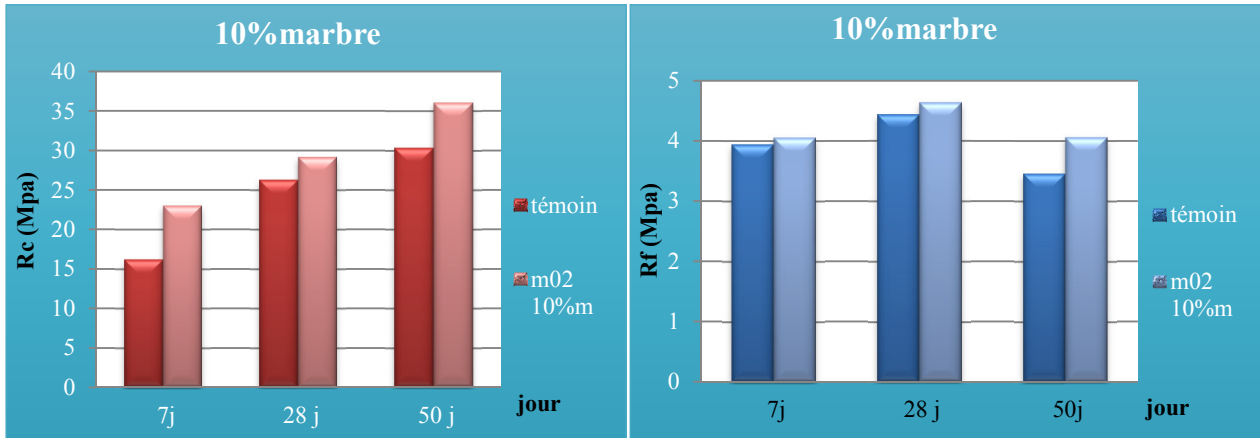


Figure III.10 : Résultats de l'effet du marbre sur le comportement mécaniques

III.6.2.2 L'effet de longueur de fibre:

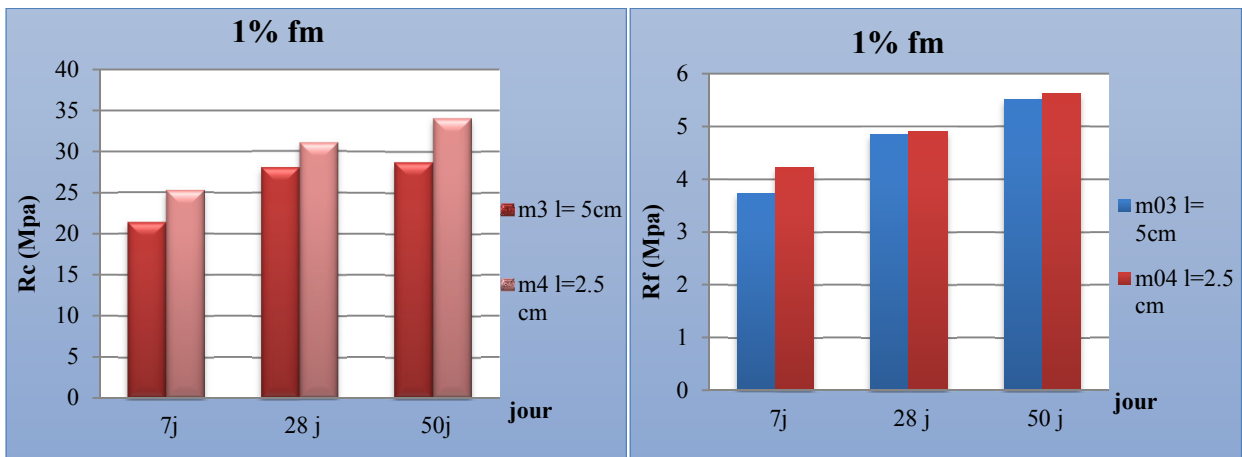


Figure III.11 : Résultats de l'effet de longueur des fibres sur le comportement mécaniques

III.6.2.3 l'effet de pourcentage % de fibre:

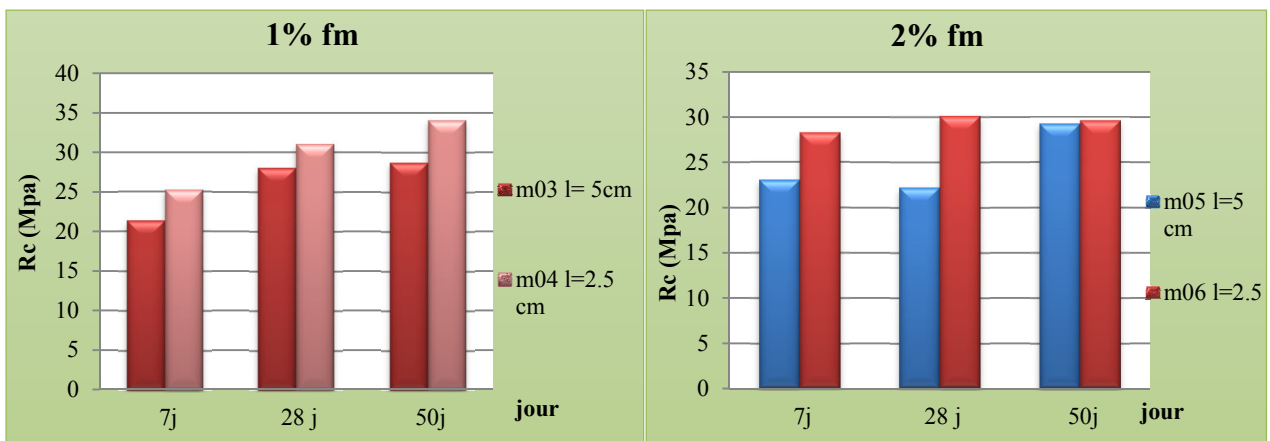


Figure III.12 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la compression

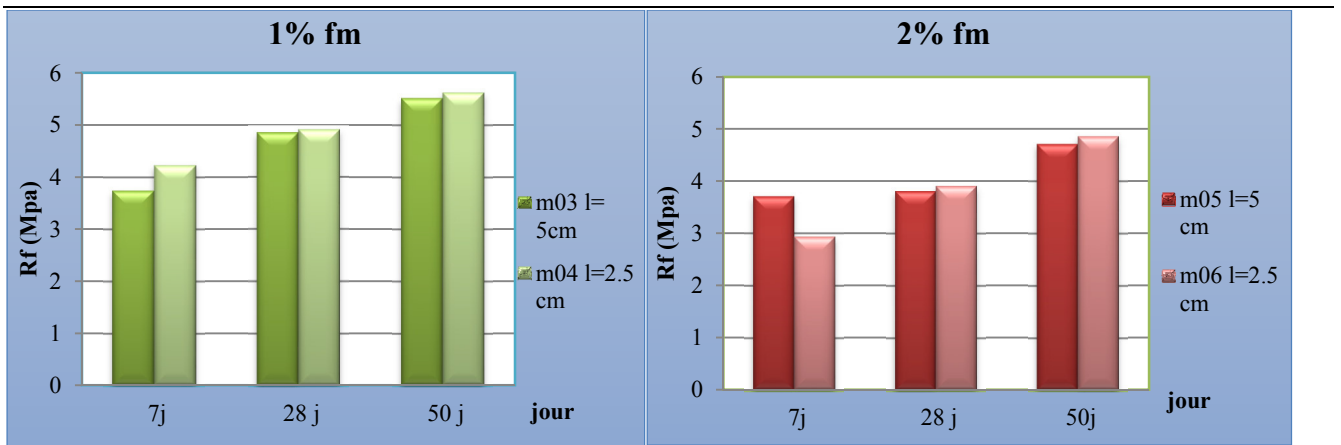


Figure III.13 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la flexion

III.6.3 L'interprétation des résultats :

III.6.3.1 l'effet de filler :

III.6.3.1.1 la porosité

La baisse de porosité engendrée par l'ajout de filler de marbre est suivie par une amélioration de la résistance mécanique en compression et en flexion. Le mortier M06 présente la plus faible porosité et donne des meilleurs résultats. (Figure III.9)

III.6.3.1.2 Absorption d'eau

L'ajout de marbre diminue la porosité du mortier jusqu'à un seuil de 10.3 %, mais en sachant que la surface spécifique du ciment est supérieure à la surface spécifique du filler de marbre, on enregistre une nouvelle hausse de la porosité du mortier qui engendre une hausse de l'absorption. (Figure III.9)

III.6.3.1.3 La résistance mécanique à la compression :

Nous pouvons constater que la résistance en compression du mortier avec ajout de marbre est supérieure à celle de mortier de contrôle. Notons que la finesse favorise l'effet physique de la poudre de marbre. En effet, la présence d'un grand nombre de particules dans la matrice cimentaire autour des grains de ciment multiplie les possibilités de germination des produits hydratés et développe la complexité microstructurale et l'efficacité des liaisons. (Figure III.10)

III.6.3.1.4 La résistance mécanique à la flexion

L'ajout de 10% la poudre marbre améliore notablement la résistance mécanique de flexion. Le meilleur résultat c'était 4.6MPa pour le mortier (m02) (**Figure III.10**)

III.6.3.2 L'effet de longueur de fibre:

Nous avons remarqué dans la figure que la valeur de la compression et de la flexion diminue pour la longueur de 5 cm et augmentent pour la longueur de 2,5 cm. On peut donc dire que la longueur de la fibre peut affecter négativement la résistance mécanique au mortier avec un mortier confectionné avec les déchets de marbre (m04 et fm 2.5cm). (**Figure III.11**)

III.6.3.3 L'effet de pourcentage de fibre :

La **Figure 12et13** présente l'évolution d'une caractéristique mécanique quelconque d'un Mortier en fonction du pourcentage de fibres. Il est évident que le choix de la fibre est lié à La caractéristique mécanique que l'on désire améliorer. Les résultats de résistance à la compression du mortier avec les deux pourcentages de fibres métalliques obtenues à 7 , 28 et 50 jours sont représentés dans la figure

L'incorporation des fibres a pu améliorer la résistance des bétons fibrés (1 et 2%) de 10et 20% à l'âge de 7 jours et de 25 et50% à l'âge de 28 jours respectivement par rapport au témoin mortier. Alors que pour l'effet du pourcentage de FM, La **figure (12.13)** montre que l'augmentation du taux des fibres (de 1%) a augmenté la résistance à la compression à l'âge de 7 jours de 20%. Par contre à 2%, la résistance à la compression a diminué de 10%.

III.7 Formulation 03 Résultat de pouzzolane avec sable mixte

III.7.1 Porosité et absorption d'eau :

Tableau III.17 : Résultats de Porosité et absorption d'eau Formulation des mortiers étudiés

| Type de mortier | SD (g) | SC (g) | Pouzzolane (g) | Ciment (g) | Fibres (g) | E/C | adjuvant (%) |
|-----------------|-----------|-----------|-------------------|---------------|---------------|-----|-----------------|
| témoin | 900 | 450 | 0 | 500 | 0 | 0.5 | 0 |
| t02 | 900 | 450 | 50 | 450 | 0 | 0.5 | 0 |

| | | | | | | | |
|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|----------|
| t03 | 900 | 450 | 50 | 450 | 5 | 0.5 | 0 |
| t04 | 900 | 450 | 50 | 450 | 5 | 0.5 | 0 |
| t05 | 900 | 450 | 50 | 450 | 10 | 0.5 | 0 |
| t06 | 900 | 450 | 50 | 450 | 10 | 0.5 | 0 |

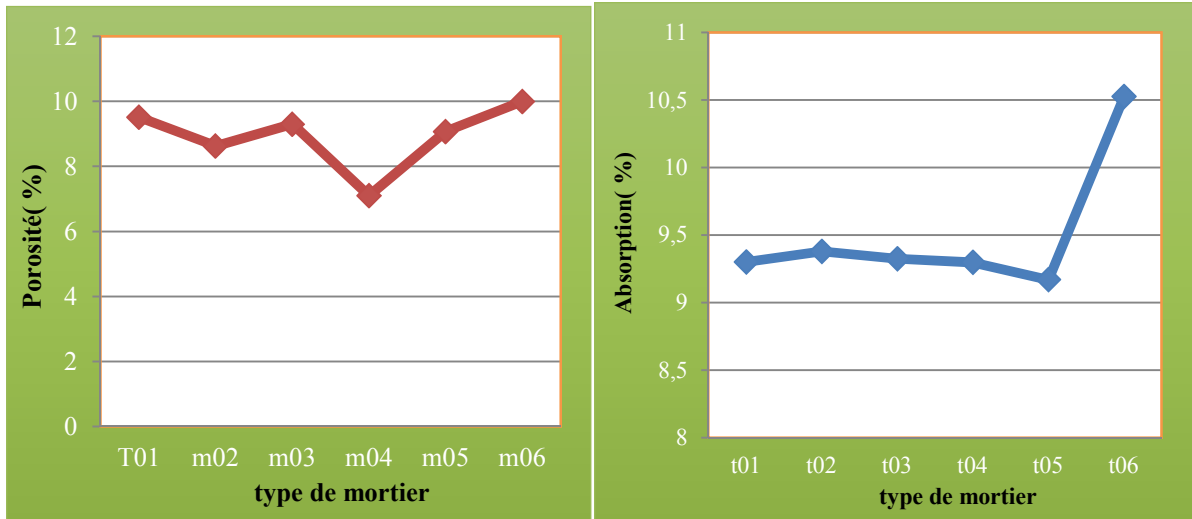


Figure III.14 : Résultats de la porosité et l'absorption d'eau des mortiers

III.7.2 le comportement mécanique des mortiers :

III.7.2.1 L'effet de pouzzolane :

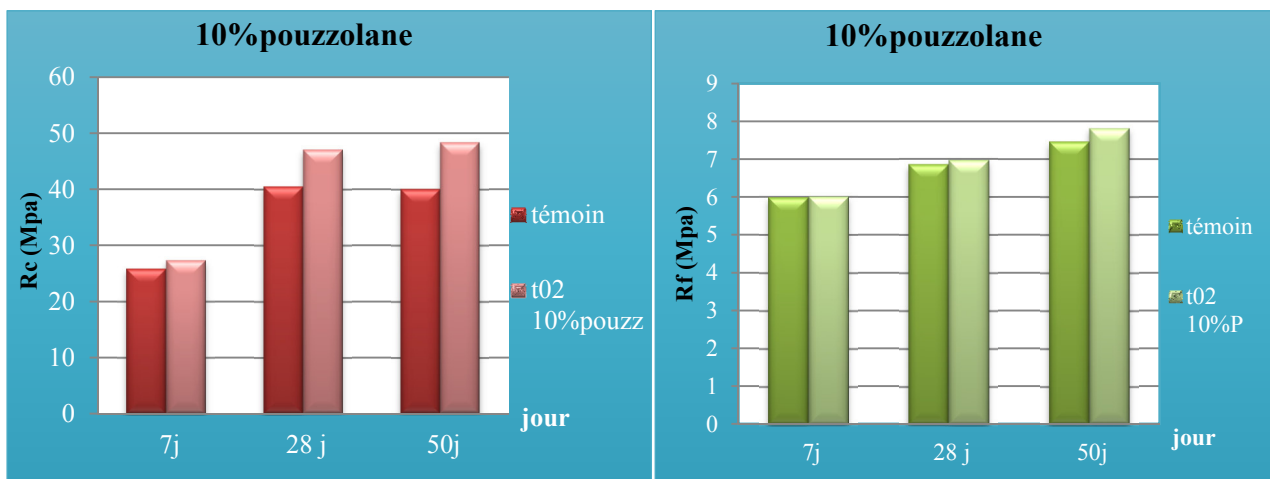


Figure III.15 : Résultats de l'effet de la pouzzolane sur le comportement mécanique

III.7.2.2 L'effet de longueur de fibre:

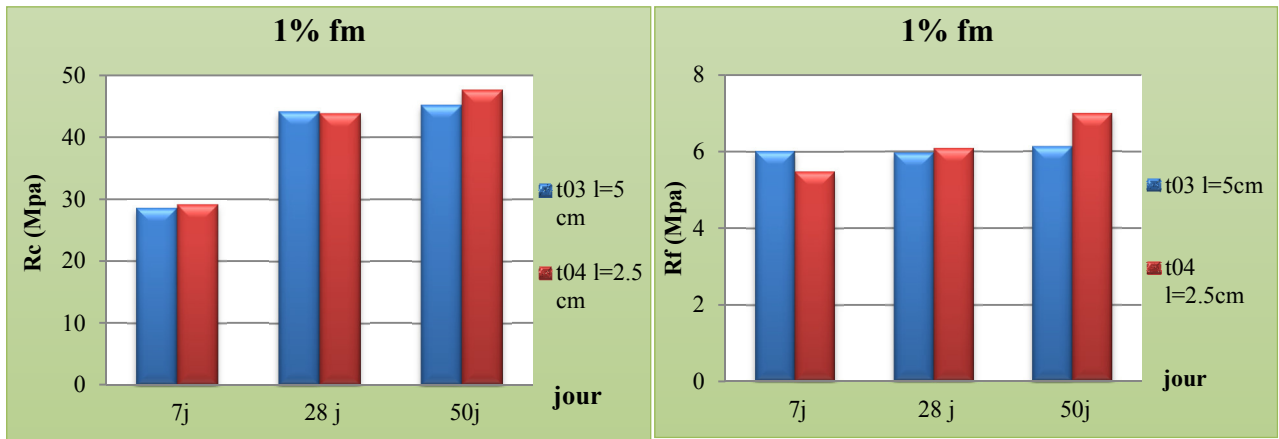


Figure III.16 : Résultats de l'effet de longueur des fibres d'acier sur le comportement mécaniques

III.7.2.3 l'effet de pourcentage% de fibre

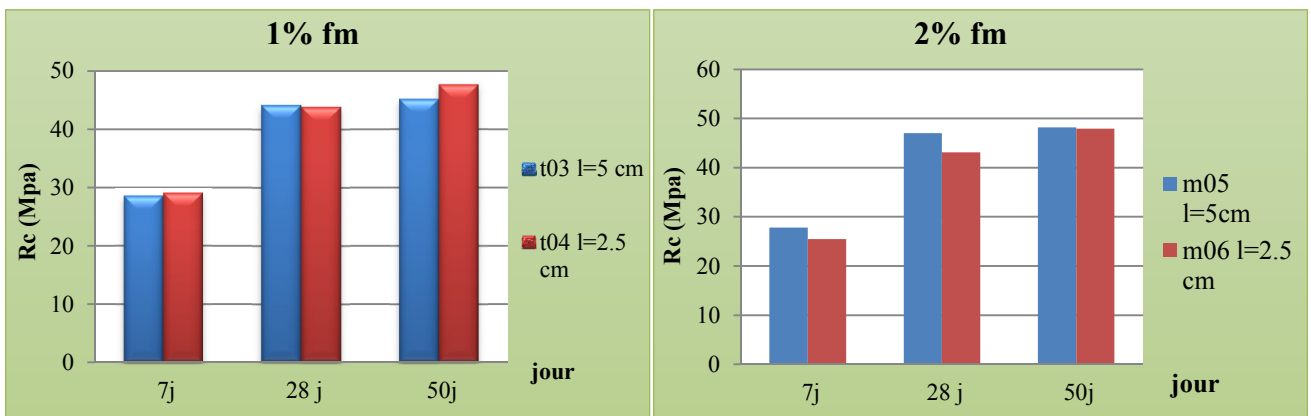


Figure III.17: Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la compression

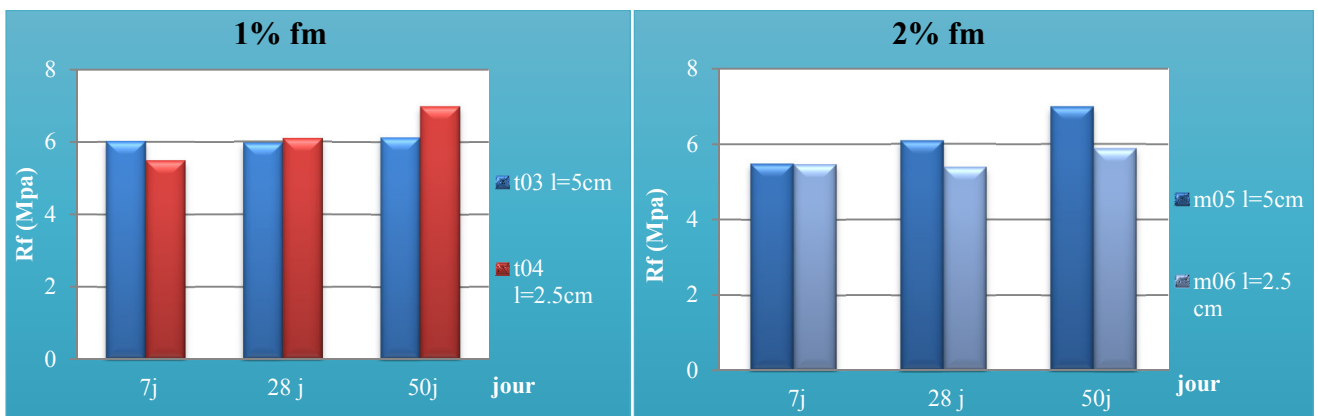


Figure III.18: Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la flexion

III.7.3 L'interprétation des résultats :

III.7.3.1 l'effet de filler

III.7.3.1.1 la porosité:

La (**Figure 14**) montre l'évolution de la porosité en fonction de la teneur en ajout. La baisse de porosité engendrée par l'ajout de filler de pouzzolane est suivie par une amélioration de la résistance mécanique en compression et en flexion. Le mortier t04 et t05 présentent les plus faibles porosités donnent des meilleurs résultats.

III.7.3.1.2 absorption d'eau :

L'ajout de pouzzolane diminue la porosité du mortier jusqu'à seuil de 7.1 % mais en sachant que la surface spécifique du ciment est supérieur à la surface spécifique du filler de pouzzolane, alors on enregistre une nouvelle hausse de la porosité du mortier qui engendre une hausse de l'absorption.

Par exemple, nous constatons que la porosité du mortier t04 est devenue égale à 7.1 après l'ajout de 10 % de pouzzolane. (**Figure 14**).

III.7.3.1.3 La résistance mécanique à la compression :

La (**Figure III.15**) illustre l'évolution de la résistance à la compression en fonction de l'âge des mortiers contenant : la pouzzolane naturelle et sable mixte (1/SD+2/3SC). D'après ces figures, nous remarquons que les résistances à la compression des mortiers élaborés avec la pouzzolane restent toujours supérieur à celle du mortier de contrôle et cela pour tous les âges.

Au jeune âge (7jour), le dosage de la pouzzolane à un effet positif sur la résistance à la compression comme le cas de mortier M02, sa résistance est arrivée à 27 MPa à 7 jours et 47Mpa à 28 jours.

À l'âge de 50jours pour les mêmes taux de pourcentage de (10%), ce qui met en évidence l'effet positif du taux de pouzzolane à jeune âge. On a constaté aussi que les valeurs des propriétés mécaniques avec du sable mixte (1/3SD+2/3SC) montraient des résultats supérieurs à ceux de sable dune.

III.7.3.1.4 La résistance mécanique à la flexion :

Au jeune âge (7 jours), les résistances à la flexion des mortiers contenant la pouzzolane sont augmentent comparativement à celle du mortier témoin et devient comparables à long terme (28 et 50

jours). Nous constatons une nette augmentation de la résistance à la flexion pour une teneur en 10% pouzzolane atteint 7,45 MPa. (**Figure III.15**)

III.7.3.2 l'effet de sables (1/3SD+2/3SC) sur le comportement mécanique des mortiers

Les résultats ont montré que lors du mélange le sable (1/3SD + 2/3SC) et la pouzzolane, une amélioration significative de la résistance mécanique avec une positive minimum par rapport au mortier formulé avec de SD seul, où la composition du mélange a donné des valeurs allant jusqu'à 48,35 Mpa en compression et 45,7 en flexion (t02).

III.7.3.3 L'effet de longueur de fibre :

Nous avons remarqué dans la figure que la valeur de la compression et de la flexion diminue pour la longueur de 5 cm et augmentent pour la longueur de 2,5 cm. On peut donc dire que la longueur de la fibre peut affecter négativement la résistance mécanique au mortier avec un mortier confectionné avec les déchets de pouzzolane (t04 et FM 2.5cm) (**voir Figure III.16**).

III.7.3.4 L'effet de pourcentage de fibre :

L'augmentation du pourcentage des fibres dans un mortier s'augmente leur efficacité vis-à-vis du comportement à l'échelle du matériau ou à celle de la structure. Que ce soit des fibres courtes ou des fibres longues. La **Figure 17 et 18** présente l'évolution d'une caractéristique mécanique quelconque d'un mortier en fonction du pourcentage de fibres. Il est évident que le choix de la fibre est lié à la caractéristique mécanique que l'on désire améliorer. Par exemple une fibre courte Pour augmenter les résistances (flexion, compression...) ou une fibre longue pour améliorer le comportement post fissuration du mortier. , dépendent du type de fibre, de ses dimensions.

Les résultats de résistance à la compression du mortier avec les deux pourcentages de métalliques obtenues à 7 et 28 .50 jours sont représentés dans la figure (7.8). L'incorporation des fibres a pu améliorer la résistance des bétons fibrés (1 et 2%) de 10 et 20% à l'âge de 7 jours et de 25 et 50% à l'âge de 28 jours respectivement par rapport au mortier témoin.

La **figure (17.18)** montre que l'augmentation du taux des fibres (de 1%) a augmenté la résistance à la compression à l'âge de 7 jours de 20%. Par contre à 2%, la résistance à la compression diminué de 10%. Ces résultats peuvent être expliqué par :

- L'incorporation des FM dans le mortier est avantageuse car elle a pu améliorer la résistance à l'âge de 7 et 28 et 50 jours.

- L'augmentation du dosage des fibres de 1 à 2% entraîne un volume important occupé par les fibres et par suite le mortier fibre a présenté une résistance à l'âge de 28 jours inférieure à celle du 7 jour.

III.8 Formulation 04 Résultat de marbre avec sable mixte

III.8.1 Porosité et absorption :

Tableau III.18 : Résultats de la porosité et l'absorption d'eau des mortiers

| Type de mortier | SD (g) | SC (g) | Marbre (g) | Ciment (g) | Fibres (g) | E/C | adjuvant (%) |
|-----------------|------------|------------|---------------|---------------|---------------|------------|-----------------|
| témoin | 900 | 450 | 0 | 500 | 0 | 0.5 | 0 |
| m02 | 900 | 450 | 50 | 450 | 0 | 0.5 | 0 |
| m03 | 900 | 450 | 50 | 450 | 5 | 0.5 | 0 |
| m04 | 900 | 450 | 50 | 450 | 5 | 0.5 | 0 |
| m05 | 900 | 450 | 50 | 450 | 10 | 0.5 | 0 |
| m06 | 900 | 450 | 50 | 450 | 10 | 0.5 | 0 |

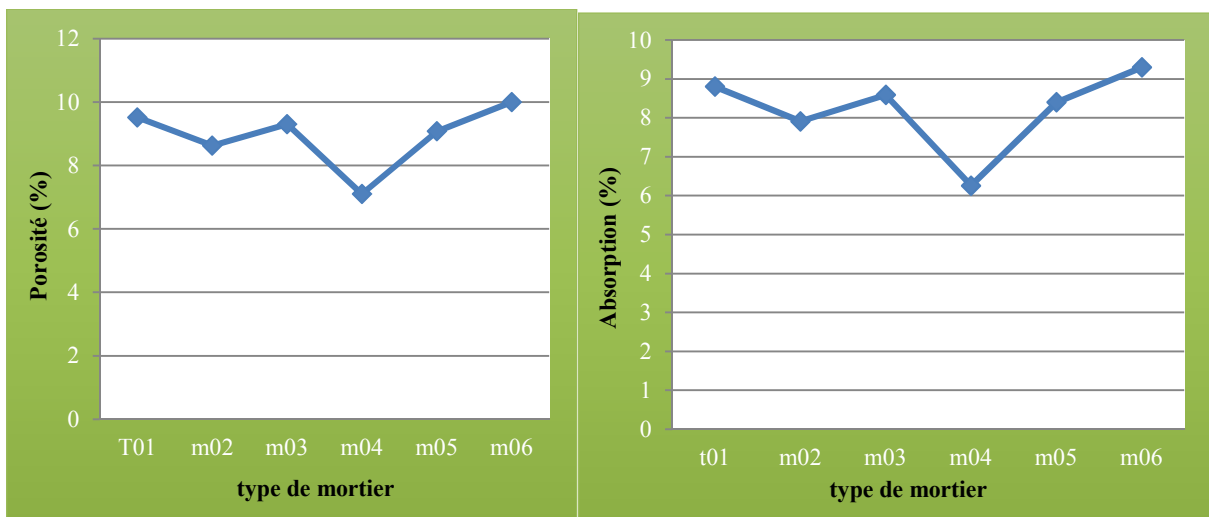


Figure III.19: Résultats de Porosité et absorption d'eau Formulation des mortiers étudiés

III.8.2 le comportement mécanique des mortiers

III.8.2.1 L'effet de marbre :

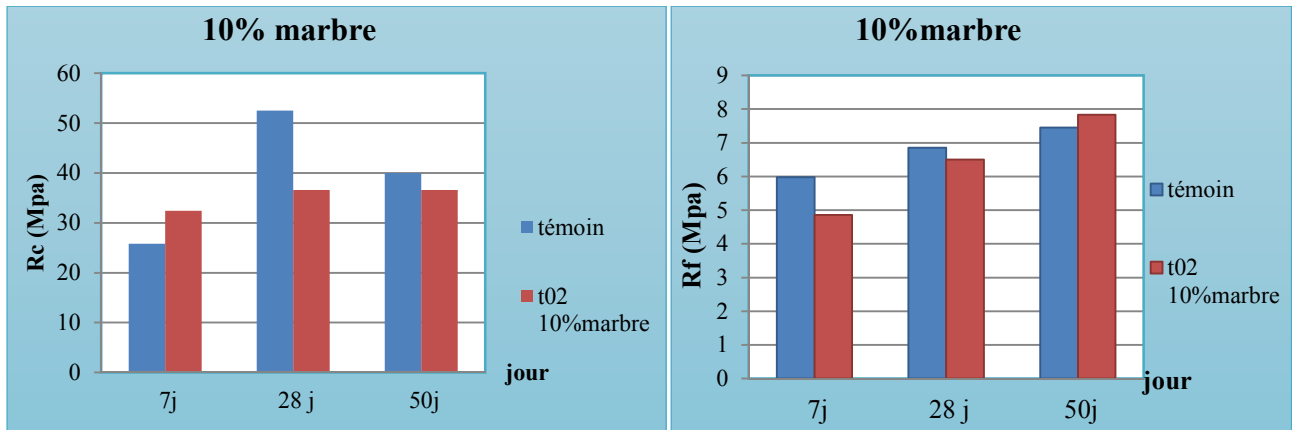


Figure III.20 : Résultats de l'effet de marbre sur la compression et flexion

III.8.2.2 L'effet de longueur de fibre:

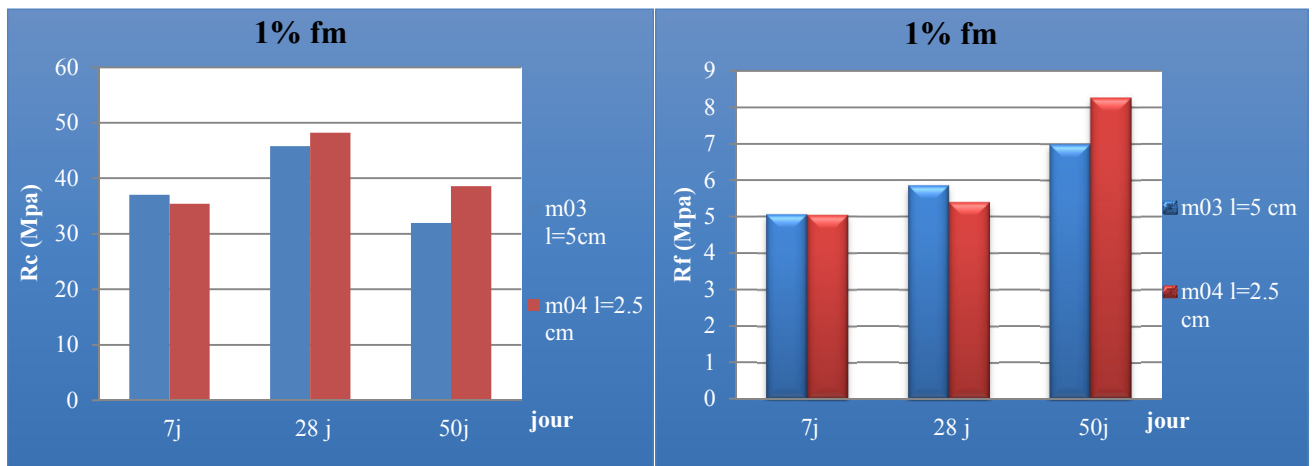


Figure III.21: Résultats de l'effet de longueur des fibres d'acier sur le comportement mécaniques

III.8.2.3 l'effet de pourcentage % de fibre:

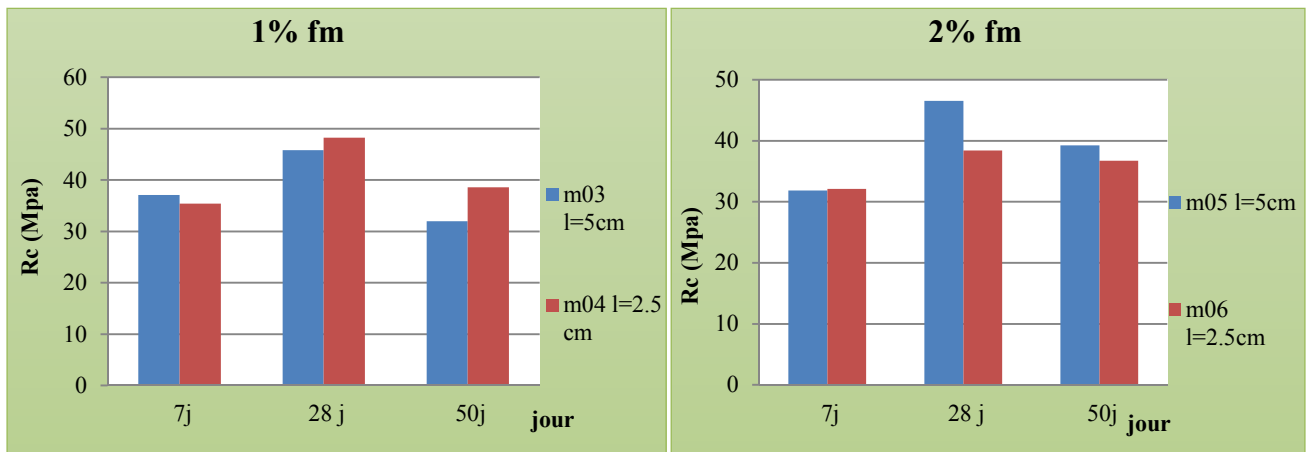


Figure III.22 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur le comportement mécaniques

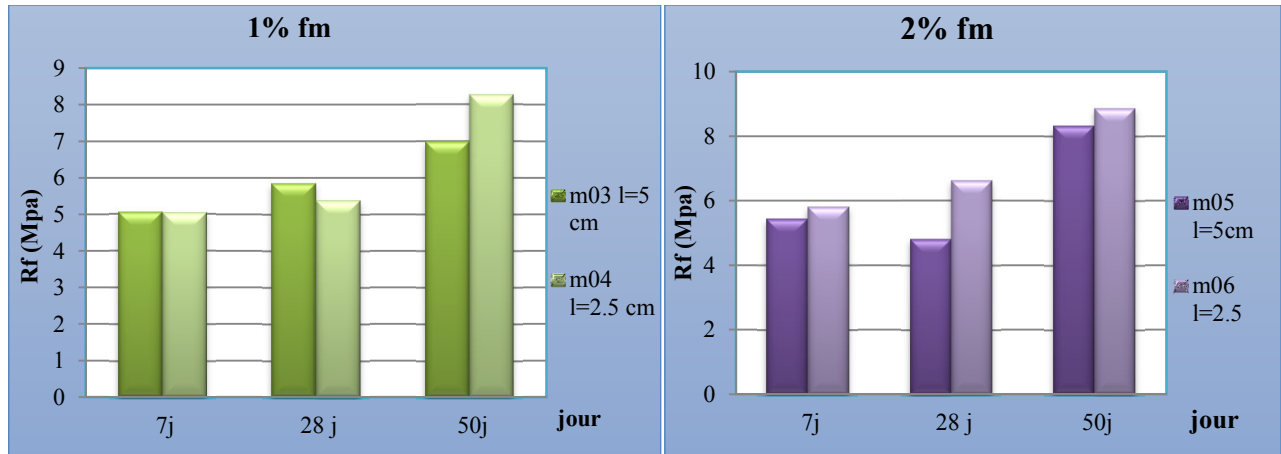


Figure III.23 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la flexion

III.8.3 L'interprétation des résultats :

III.8.3.1 l'effet de filler

Les résultats ont montré que lors du mélange le sable (1/3SD + 2/3SC) et la marbre, une amélioration significative de la résistance mécanique avec une positive minimum par rapport au mortier formulé avec de SD seul, où la composition du mélange a donné des valeurs allant jusqu'à 52,5 Mpa en compression et 7,8 en flexion (t02).

III.8.3.2 L'effet de longueur de fibre

Est toujours significatif pour la longueur de 2.5cm par rapport à la longueur de 5cm dans tous les mélanges formulés est-elle peut attendre jusqu'au 48.4 MPa a la compression et 8.26MPa à la flexion (m03). Par suite l'effet de pourcentage % de fibre est apparait à 1% comme le cas de m04. (Figure III..20)

III.9 Formulation 05 Résultat de pouzzolane avec SD et adj

III.9.1 Porosité et absorption :

Tableau III :19.Résultats de l'effet de la pouzzolane sur la compression et flexion

| Type de mortier | sable (g) | marbre (g) | ciment (g) | fibres (g) | E/C | adjuvant (%) |
|-----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|-----|-----------------|
| témoin | 1350 | 0 | 500 | 0 | 0.5 | 0 |
| t02 | 1350 | 50 | 450 | 0 | 0.5 | 0.7 |
| t03 | 1350 | 50 | 450 | 5 | 0.5 | 0.7 |
| t04 | 1350 | 50 | 450 | 5 | 0.5 | 0.7 |
| t05 | 1350 | 50 | 450 | 10 | 0.5 | 0.7 |
| t06 | 1350 | 50 | 450 | 10 | 0.5 | 0.7 |

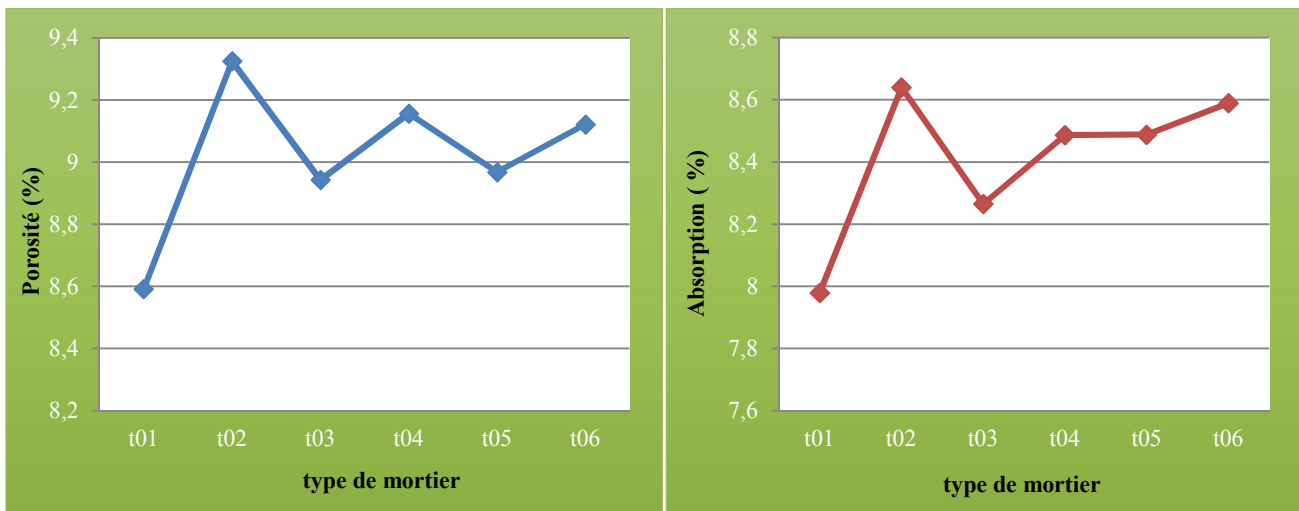


Figure III.24: Résultats de porosité et l'absorption d'eau des mortiers

III.9.2 le comportement mécaniques des mortier :

III.9.2.1 III. L'effet de pouzzolane :

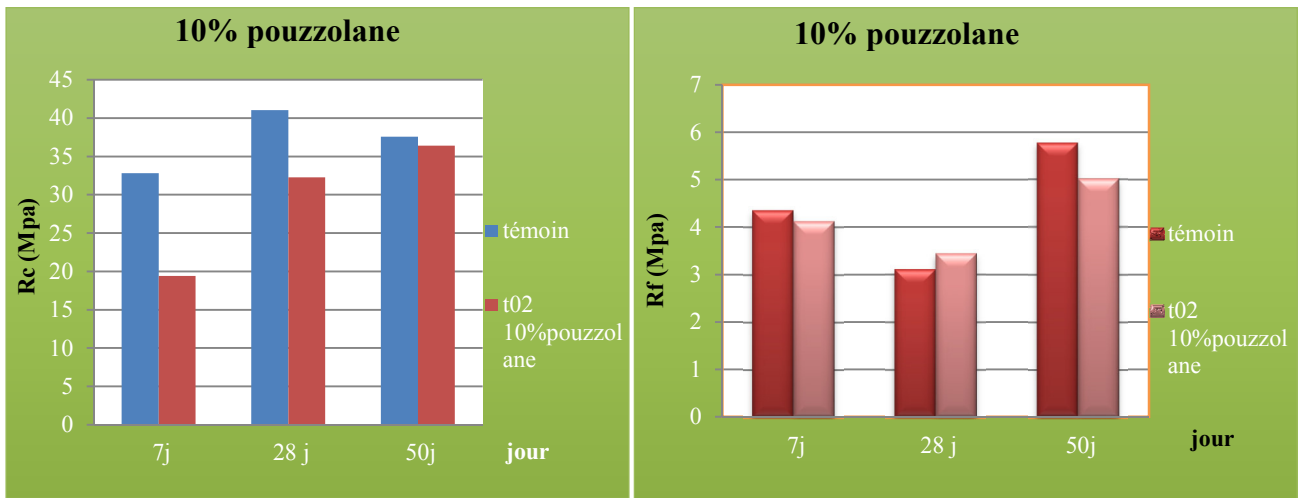


Figure III.25 : Résultats de l'effet de la pouzzolane sur le comportement mécaniques

III.9.3 L'effet de longueur de fibre:

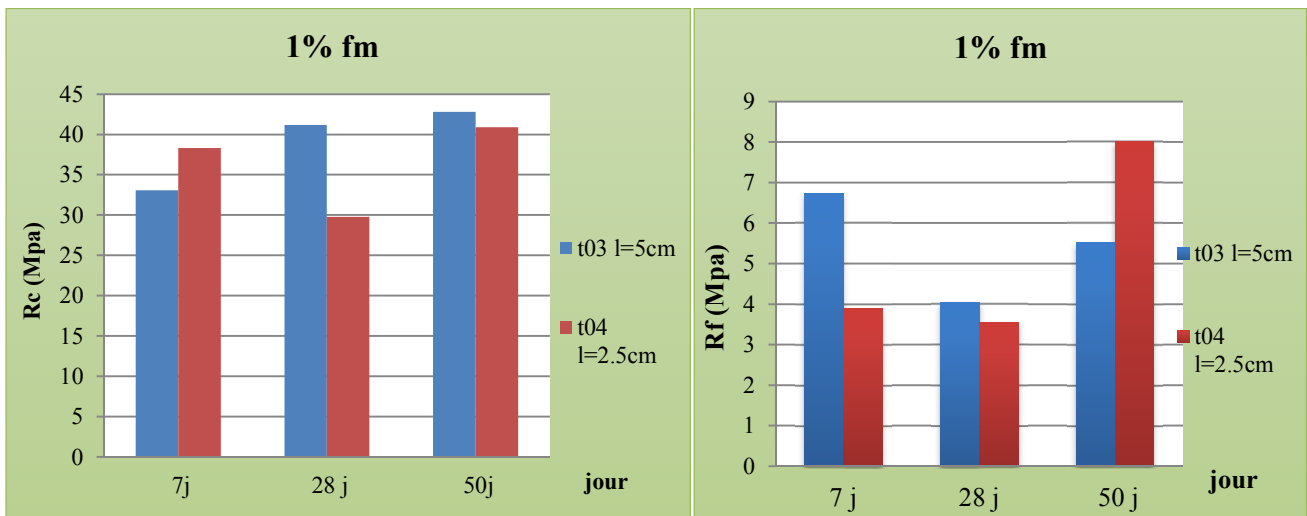


Figure III.26: Résultats de l'effet de longueur des fibres d'acier sur le comportement mécaniques

III.9.4 l'effet de pourcentage de fibre:

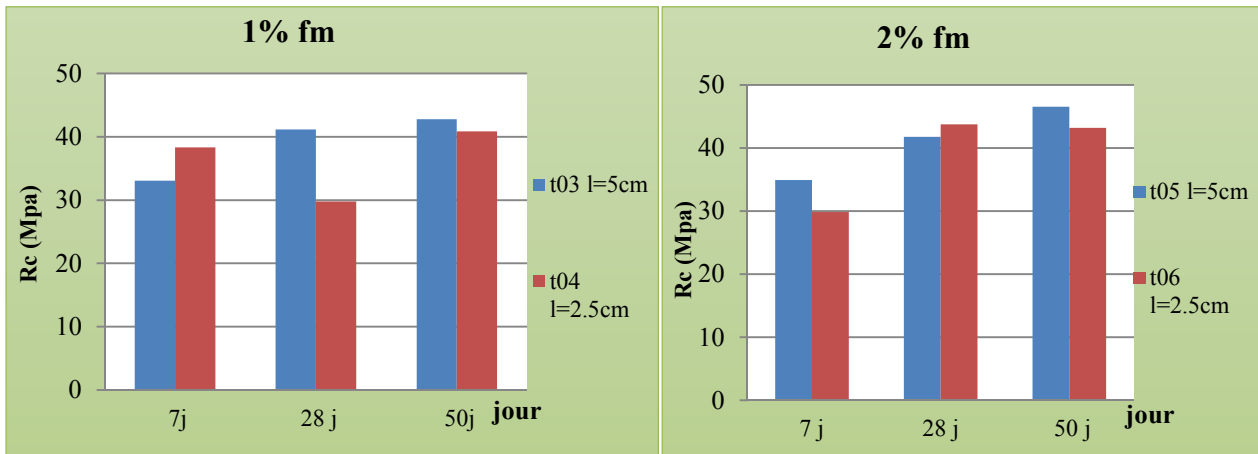


Figure III.27: Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la compression

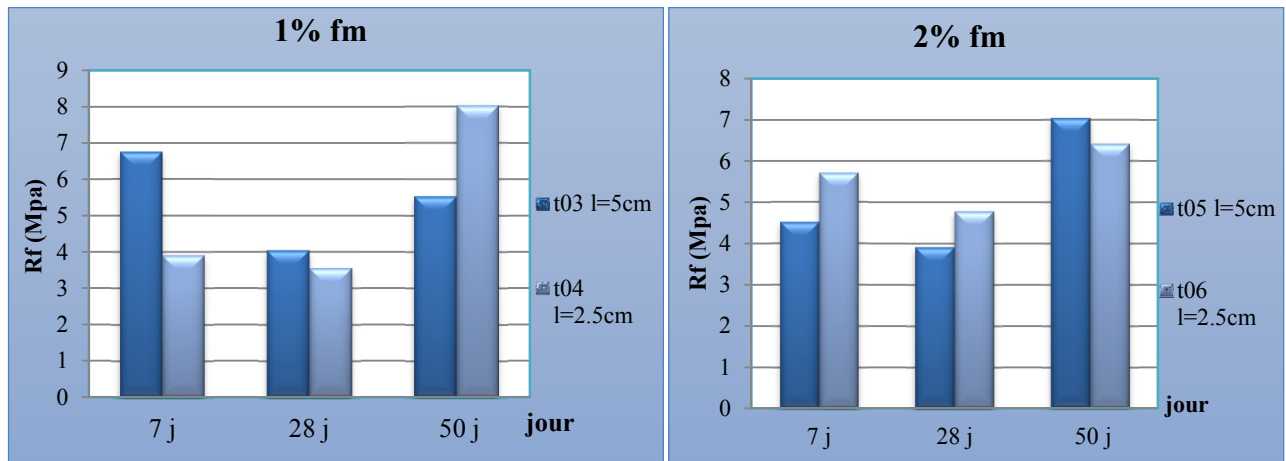


Figure III.28: Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la flexion

III.10 Formulation 06 Résultat de marbre avec SD et adj

III.10.1 Porosité et absorption d'eau

Tableau III.20 : Résultats de porosité et l'absorption d'eau Formulation des mortiers étudiés

| Type de mortier | sable (g) | marbre (g) | ciment (g) | fibres (g) | E/C | adjuvant (%) |
|-----------------|-----------|------------|------------|------------|-----|--------------|
| T01 | 1350 | 0 | 500 | 0 | 0.5 | 0 |
| m02 | 1350 | 50 | 450 | 0 | 0.5 | 0.7 |
| m03 | 1350 | 50 | 450 | 5 | 0.5 | 0.7 |
| m04 | 1350 | 50 | 450 | 5 | 0.5 | 0.7 |
| m05 | 1350 | 50 | 450 | 10 | 0.5 | 0.7 |
| m06 | 1350 | 50 | 450 | 10 | 0.5 | 0.7 |

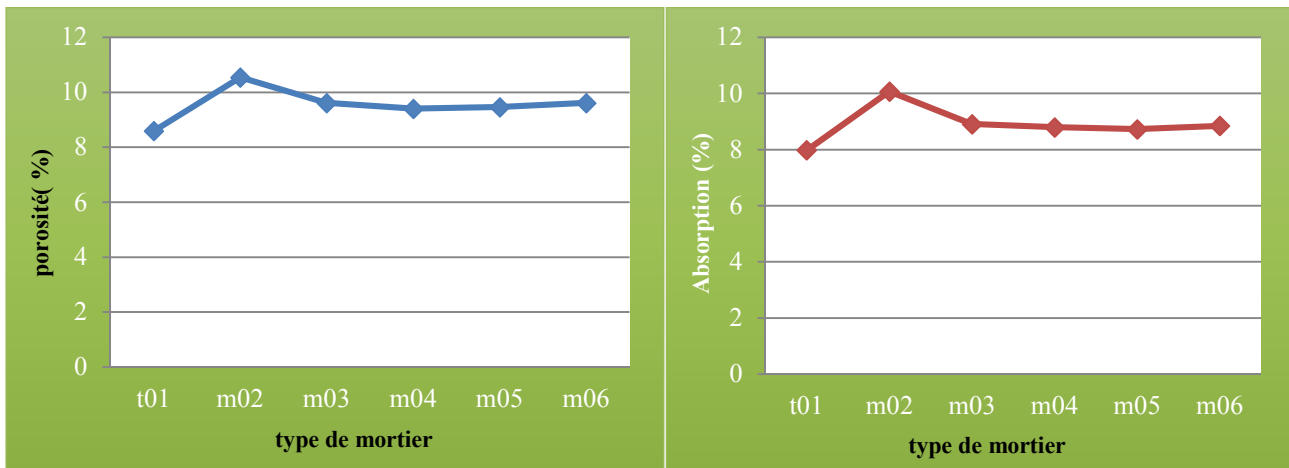


Figure III.29: Résultats de la porosité et l'absorption d'eau des mortiers

III.10.2 Comportement Mécanique Du Mortier

III.10.2.1 L'effet de marbre :

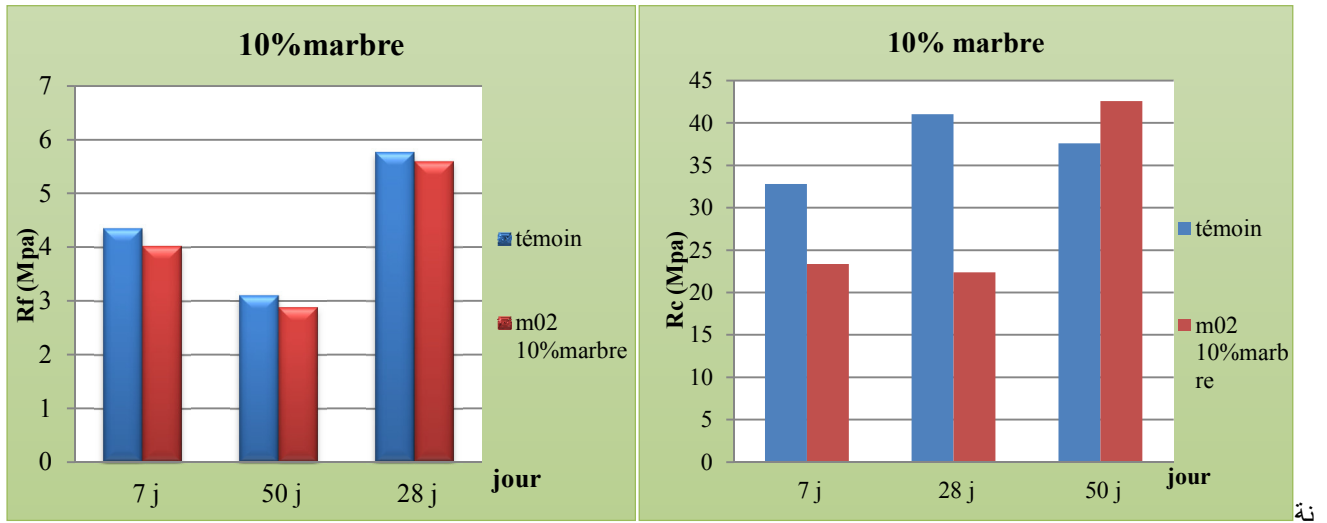


Figure III.30: Résultats de l'effet de marbre sur le comportement mécanique

III.10.2.2 L'effet de longueur de fibre:

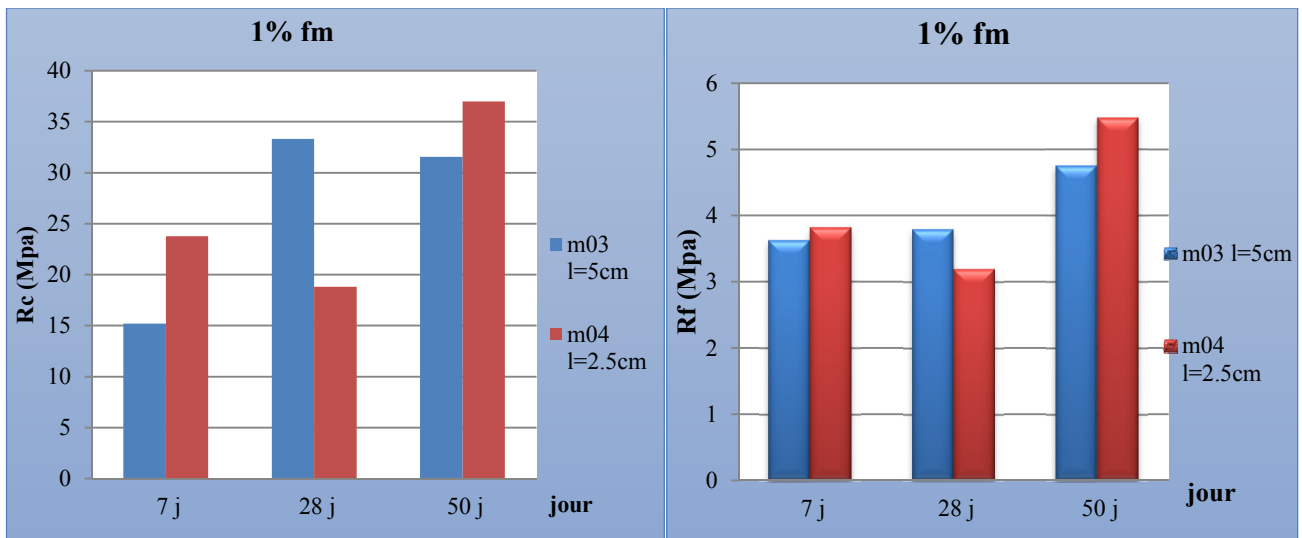


Figure III.31: Résultats de l'effet de longueur des fibres d'acier sur le comportement mécanique

III.10.2.3 l'effet de pourcentage de fibre:

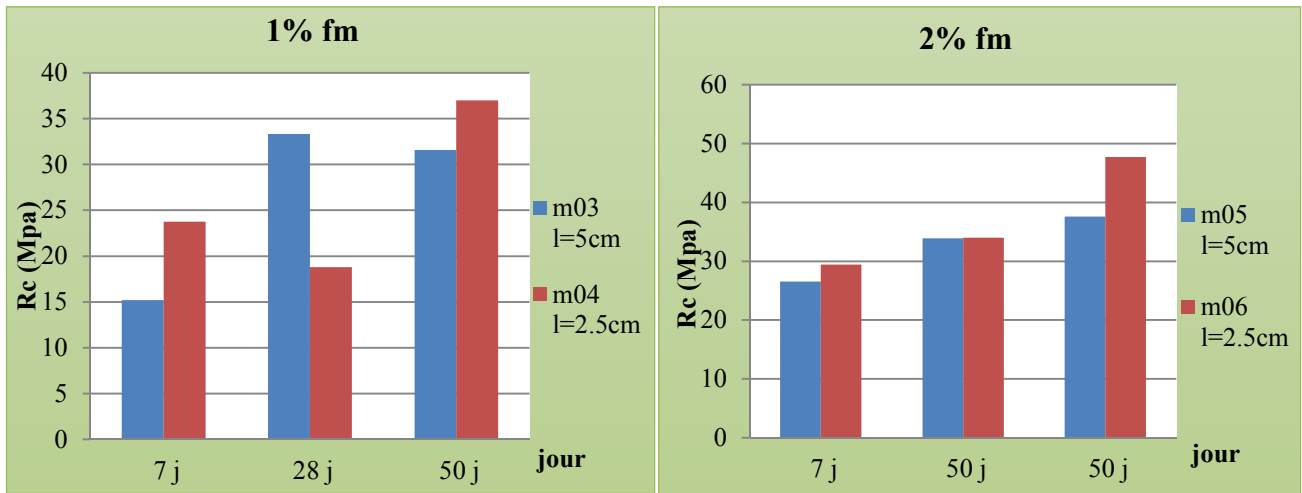


Figure III.32 : Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la compression

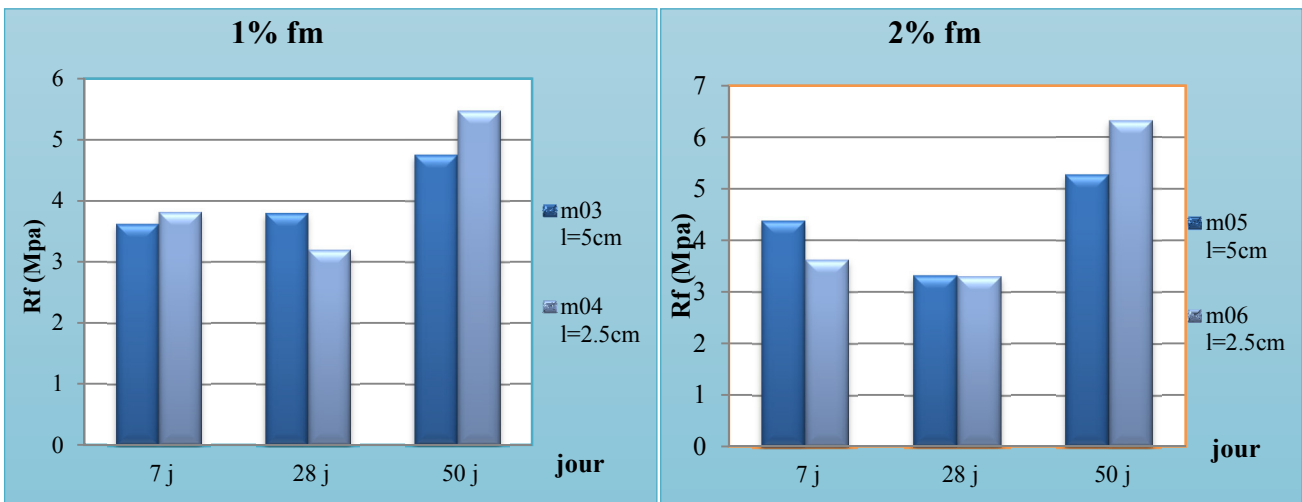


Figure III.33: Résultats de l'effet de pourcentage des fibres d'acier sur la flexion

III.10.3 L'interprétation des résultats :

L'ajout de super plastifiants est recommandé pour le béton fibré afin d'éviter l'apport excessif d'eau au chantier et également dans le but d'augmenter la fluidité du béton avant l'insertion des fibres.

Les (Figures 25.26.27.28.29.30.31.32.33) montre que le super plastifiant provoquer un fort accroissement de l'ouvrabilité du mélange, tout en conservant les performances mécaniques. Ils permettent aussi, sans modifier la consistance (ou maniabilité) du béton, de réduire fortement la teneur en eau de gâchage, et donc le rapport E/C. Ils confèrent aux bétons des résistances mécaniques à court terme.

III.10.3.1 la formulation de marbre avec SD et adj ou pouzzolane + SD et adj.

Les porosités minimales sont observées pour t01, t03 et t06 Les résultats se sont limités à 8.6% - 8.9% Cette faible porosité a eu un effet positif sur la résistance mécanique où nous avons remarqué que la résistance à la compression dépassait 41 MPa et la résistance à la flexion était dans les limites de 7.8MPa. **(Figure III.24)**

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de notre étude est d'analyser l'effet de la longueur de fibre d'acier sur le comportement du mortier combiné avec filler inerte et actif. L'objectif a été fixé suite à des analyses expérimentales, et s'appuie sur plusieurs études récentes qui ont permis de montrer que les Additifs cimentaires et fibres d'acier modifient et même améliorent les propriétés des matériaux cimentaires.

Les conclusions les plus importantes sur la pouzzolane naturelle peuvent être notées comme suit :

- Pour garder une maniabilité constante, il faut augmenter la quantité d'eau de gâchage au fur et à mesure que la teneur en ajouts pouzzolane augmente.
- Les mortiers pouzzolaniques développent des résistances inférieures à celles du mortier de contrôle (témoin).
- Bien que la résistance à la compression au jeune âge des mortiers soit réduite par l'incorporation de la pouzzolane naturelle, cette dernière s'améliore en fonction du temps et atteint son optimum à long terme. La résistance du mortier devient comparable à celle du mortier témoin.
- Le remplacement d'une partie du ciment par la pouzzolane conduit à une augmentation des résistances entre 7 jours et 28 jours.
- Les mortiers ternaires élaborés avec l'ajout de pouzzolane présentent des résistances comparables à celle du mortier de référence à court et à long terme.

Les conclusions les plus importantes sur le marbre peuvent être notées comme suit :

- ✓ L'ajout de 10% de filler de marbre à améliorer la granularité du sable de dune et réduit sa Porosité.
- La résistance mécanique en compression et en flexion des mortiers est notablement améliorée elle atteint des valeurs très appréciables.
- Pour le mortier à base de sable mixte fillerisé à 10% de poudre de marbre, à l'âge de 28 jours, la résistance à la compression atteint une valeur de 52.49 MPa, et 8.32 MPa en Flexion.
- Ont été enregistrés pour le mortier à base de sable mixte fillerisé à 10% de poudre de Marbre et avec 1.5% d'adjuvant à 28 jours, une résistance en compression qui atteint 43.53 et Le dosage de 1.5 %

d'adjuvant permet de réduire l'eau de gâchage jusqu'à 20% pour le mortier à base sable de dune sans filler.

Les conclusions les plus importantes sur le fibres métallique peuvent être notées comme suit :

On observe pour un dosage de 1% de fibres d'acier, une évolution de la résistance à la compression qui Augmente par rapport aux dosages (1%,2%) de fibres et de mortier témoin Un comportement très différent entre les sollicitations de compression et de flexion. à 2% de fibres d'acier courtes, on observe des faibles performances mécaniques (résistance à la flexion et traction par flexion) par rapport aux mortiers témoins.

Modification de l'endommagement.

D'après l'augmentation de la résistance à la compression de mortiers de fibres d'acier courtes on peut conclure que la présence des fibres dans la matrice permet d'améliorer la ductilité des éprouvettes.

La rupture fragile qui caractérise le mortier sans fibres n'est plus observée en présence des fibres.

- La chute de la résistance à la compression du mortier s'explique par la diminution de sa masse Volumique due au changement de la structure interne du mortier A la fin, cette recherche a ouvert la porte à des recherches nouvelles que Il convient de prêter attention aux ajouts de ciment naturels et recyclés mortier fibreux Ce travail ouvre différentes perspectives :

- Etude de l'effet des fibres d'acier sur le mortier
- Étudier certains aspects de la résistance mécanique et ses propriétés sur des types d'additifs minéraux (pouzzolane naturelle et filler de marbre)

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1]: BOUALI Khaled « Elaboration et caractérisation thermomécanique des mortiers à base d'ajouts de déchets de briques réfractaires », mémoire de magister (spécialité: Génie des Matériaux) Option Physique et Mécanique des matériaux université m'hamed bougara-boumerdes 2013/2014.
- [2] Bétons et mortiers : préparation et mise en œuvre sur chantier / Cimbéton . - 2e édition. Cimbéton, 1996. - 1 vol. (32 p.)
- [3] Jean FESTA, Georges DREUX, nouveau guide du béton et ses constituants, 8ème édition, EYROLLES, 2007.
- [4]: WILLIAM.D, CALLISTER.JR « Science et génie des matériaux » modolu Editeur, 2001.
- [5]: R.dupain, r.lanchon, j-c.saint-arroman «Granulat, sols, ciment et béton» Edition CASTEILLA-PARIS-20
- [6] AHMED oughba - mohamed abderrahmane NAFE « Etude des caractéristiques mécaniques du béton de sable de dunes sous l'effet d'adjuvant», mémoire master académique, soutenu Le 22 juin 2013, université KASDI MERBAH OUARGLA.
- [7] Source: Revue d'Archéométrie, Volume 28, (2004), p.127 -139
- [8] Kirby, Glen H.; Jennifer A. Lewis (2002). Évolution des propriétés rhéologiques dans les suspensions concentrées ciment-polyélectrolyte . Journal de l'American Ceramic Society. 85.
- [9] R. Derabla , Effet de l'incorporation et du dosage des fibres métalliques sur les caractéristiques du BHP à base de la Poudre de Verre, Thesis for: Master IMC (PFE) Engineering of Building Materials, Jaune 2015.
- [10]: Mounir Bellem «Valorisation des déchets plastiques pour l'amélioration des performances mécaniques des mortiers» mémoire de master, université de M'sila, juin 2013.
- [11]: Sylver.P «science des matériaux», université pierre et marie curie 2005 ,2006.
- [12]: GCI712 «Durabilité ET réparation du béton», département Génie civil, Université de Sherbrooke-Canada, Avril 2009.

- [13] http://www.univchlef.dz/fgca/doc/cours/polycopie_rdm_1_licence_2_genie_civil_harichan_z.pdf, consulté le 24/04/2018.
- [14] wikipedia.org/wiki/compression.
- [15] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Flexion_\(mat%C3%A9riau\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Flexion_(mat%C3%A9riau)).
- [16] Les bétons: formulation, fabrication et mise en œuvre Les Fiches techniques, tome II. <https://mediatheque.snbpe.org/userfiles/file/mediatheque/public/CT-G11.pdf>.
- [17] Association béton Québec «Guide de bonnes pratiques pour l'utilisation des fibres dans le béton » Dépôt légal Bibliothèque nationale du Québec ISBN 2-923379-00-4 janvier 2005
- [18] GUETTAB Abdenour -bisset mokhtar « mortier au ciment blanc avec filler de marbre « Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de master Académique univers de M'sila 2016 /2017
- [19] Djobo yankwa Jean Noël, Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Master université de YAOUNDÉ I, faculté des sciences; département de chimie inorganique; thème «effets de l'incorporation d'adjuvants minéraux sur les propriétés de ciments géopolymères a base de scories volcaniques». - année 2013.
- [20] BENACHOUR Yacine Thèse de Doctorat ; génie civil; Université de Constantine ; thème «Analyse de l'influence de l'ajout de taux élevé de fillers calcaires sur les propriétés physiques, mécaniques, microstructurales, de transfert et de durabilité des mortiers » Soutenu le 21/ 04/2009 p 16 36. (article extrait de: [de larrard F., 1988 Formulation des bétons et propriétés des bétons à très hautes performance Rapport de recherche LCPC N°149).
- [21]: (F.) De LARRARD. « Formulation et propriétés des bétons à très hautes Performances». Thèse. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, rapport de Recherche des laboratoires des Ponts et Chaussées, 1987.
- [22]: (J.P.) BOMBLED « Rhéologie du béton frais : influence des ajouts de fillers au ciment ». 8th Congrès Int. De Chimie des Ciments, rio de janeiro, IV, 190-196, Sept 1986.
- [23]: SOPHIE Housson « étude physique chimique et mécanique des interactions ciment filler. Application aux mortiers ».thèse de l'institut national polyclinique de Grenoble et de l'école national supérieure des mines de Saint –Etienne (spécialité : Génie des procédés)
- [24] M. Belouadah , Z. Rahmouni, N.Tebbal, Influence of the addition of glass powder and marble powder on the physical and mechanical behavior of composite cement, Procardia Computer Science , Volume 158, 2019, Pages 366-375.

- [25] N.Tebbal , Z. Rahmouni ,L. R. Chadi, Study of the Influence of an Air- Entraining Agent on the Rheology of Mortars, MATEC Web of Conferences 149, 01054 (2018).
- [26] Laboratoire ciment CETIM. BOUMERDES, disponible sur site web « [http:// www.cetim.dz.com /bull 12.pdf](http://www.cetim.dz.com/bull12.pdf)». (Consulte le 10 /06 /2007)
- [27] Amouri Ch. (2009).contribution à l'étude de l'influence des différents ajouts sur les propriétés des matrice cimentaires. Thèse de Doctorat en science : Génie civil. Constantine : Université Mentouri Constantine.
- [28] Belhocine A,Nacoudi N. (2014).Etude expérimentale d'un mortier avec ajouts minéraux. Mémoire de Master : Génie civil. Ouargla : Université KASDI Merbah Ouargla.79p.
- [29] De Larrard F., « Formulation et propriétés des bétons à très hautes performances », Rapport de recherche LCPC, Paris, 1988.
- [30] Sarkar S-L. and XU A., «Why use mineral admixture in high performance concrete», In: L'Industria Italiana del cemento, October 1996.
- [31]. M Venuat -La pratique des ciments , mortier et béton- Tom1 : « Caractéristiques des liants et des béton , mise en œuvre des coulis et mortiers »-édition2- Collection Moniteur. - 277p-1989.
- [32] : R.SERSALE : Structure et caractérisation des pouzzolanes et des cendres volantes. Sous thème IV-1.7eme Congrès International de la chimie des ciments. Vol I. Paris, 1980.
- [33] : L'activité pouzzolanique, Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 93, 1978.
- [34]: Chemistry of pozzolanic additions and mixed cements, in 6th International Congress on the Chemistry of Cement, Mocow, September 1974.
- [35]: Publication du 01-01-1974 de l'institut de recherche de la construction « CBD-140-F. Comportement thermique des murs de maçonnerie en béton sous l'action du feu » de T. Z. harmathy et l. w. allen date de publication 01-01-1974.
- [36] : J.M.geoffray, r.valladeau : Morphologie et couleur des pouzzolanes. Bulletin de liaison des Laboratoires de ponts et chaussées-92-nov-déc, 1977- réf. 2116.
- [37] : A.MEBROUKI «influence de la pouzzolane de Beni-Saf sur les caractéristiques mécaniques des mortiers » thèse de Magister- Université Mostaganem - juin 2003.

- [38] Laboratoire ciment cetim. boumerdes, disponible sur site web «<http://www.cetim.dz.com/bull12.pdf>». Consulté le 10 /06 /2007.
- [39] Lea F-M., « Pozzolans and pozzolanic cements », In : The chemistry of cement and concrete, par FM. Lea, Great Britain : Edward Arnold, 1970, p.414-453.
- [40] Dron R. et Voinovitch I-A., «Activation hydraulique des laitiers, pouzzolanes et cendres volantes», Le béton hydraulique, l'ENPC, Paris, 1982.
- [41] Nonat A., « Interaction between chemical evolution and physical evolution », In: the case of tricalcium silicate, Materials and structures, 1994.
- [42] A Kerbouche, M. Mouli, L. Laoufi, Y. Senhadji, S. Benosmane (Faculté des sciences, Laboratoire de Chimie des Polymères, Université d'Oran, Es-sénia, Oran)(Influence des ajouts minéraux sur les résistances mécaniques des mortiers).
- [43] Von Euw V, Ciment contenant des additions minérales, Preceding of the 8ème Congrès International de la Chimie des Ciments. RIO de Janeiro-Brasil, V7, 1986.
- [44] Tebbal, N., Maza, M., Zitouni, S., & Abidine Rahmouni, Z. E. (2022). Combined Impact of Replacing Dune Sand with Glass Sand and Metal Fibers on Mortar Properties. *Revue des Composites et des Matériaux Avancés*, 32(2).
- [45] Maza, M., Tebbal, N., Zitouni, S., & Rahmouni, Z. E. A. (2021, December). Combined Effect of Marble Waste as Powder and Aggregate Form on the Proprieties of the Mortar. In *Annales de Chimie-Science des Matériaux* (Vol. 45, No. 6, pp. 467-476).
- [46] Tebbal, N. (2017). *Effet de la nature des granulats sur les propriétés physico-mécaniques et durabilité d'un béton à haute performance* (Doctoral dissertation, Université de M'sila).
- [47] Tebbal, N., & Rahmouni, Z. (2011). Etude paramétrique de l'effet du dosage en super plastifiant sur la performance d'un béton à haute performance. *INVACO2: Séminaire International, Innovation & valorisation en génie civil & matériaux de construction*, (10-275).
- [48] Tebbal, N., Rahmouni, Z., & Belouadah, M. (2012, November). Valorisation du filler de marbre dans la formulation d'un béton à haute performance. In *Colloque NoMaD-19 et 20 novembre 2012. Toulouse*.
- [49] Tebbal, N., El abidine Rahmouni, Z., & Djendi, Z. (2014). Effect of fillers Granulated slag on the durability of HPC in marine environment. In *MATEC Web of Conferences* (Vol.11, p. 01013). EDP Sciences.

Annexes

Annexe A : Annexe 1

Fabrication Des Eprouvtes

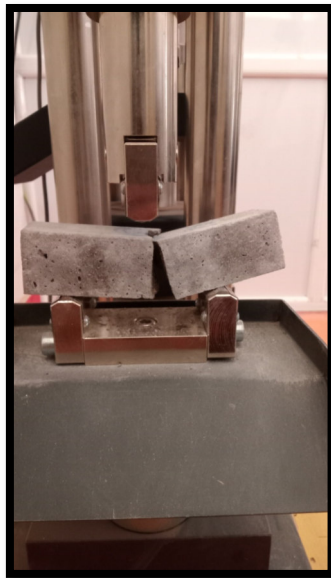


Préparation des Compositions des éprouvtes

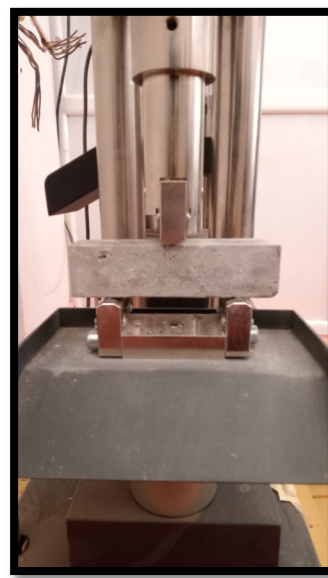


Annexe B : Annexe 1

comportement mecanique des mortier



Flexion

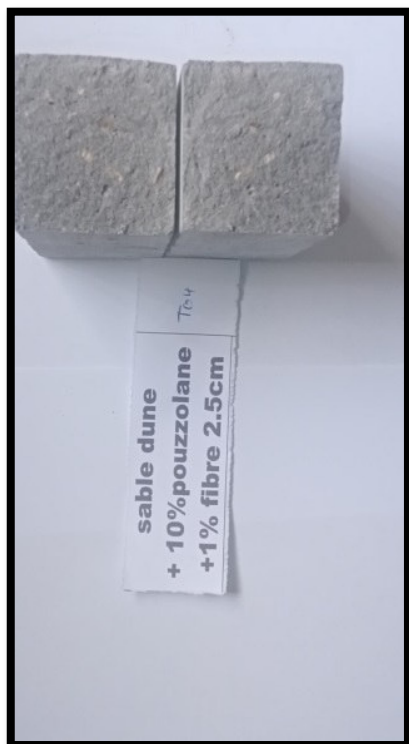


compression

Annexe C

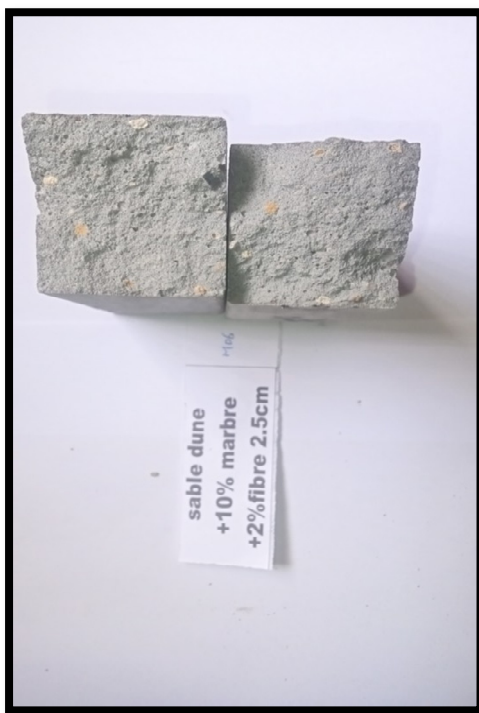
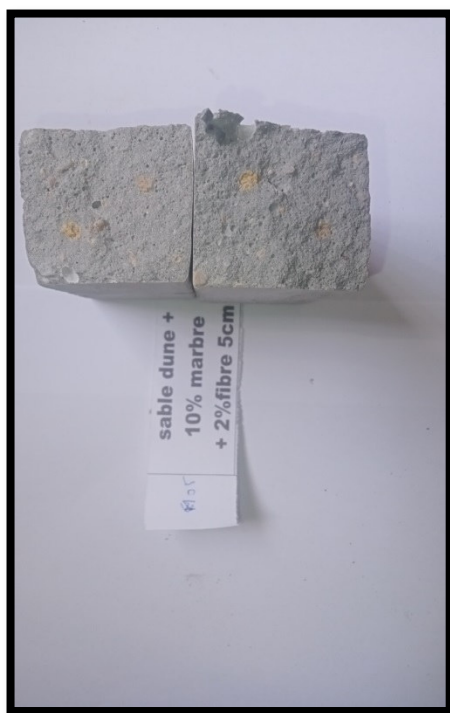
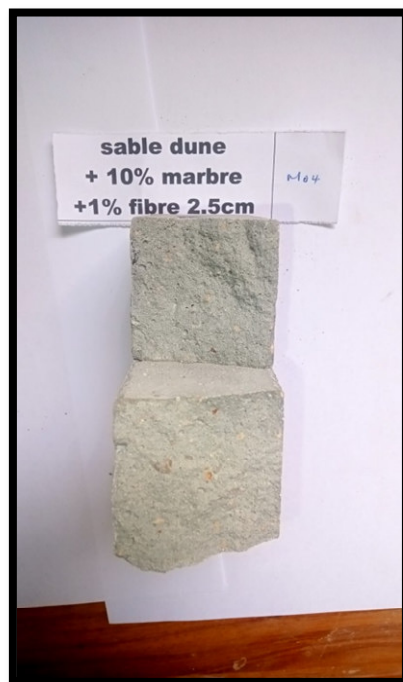
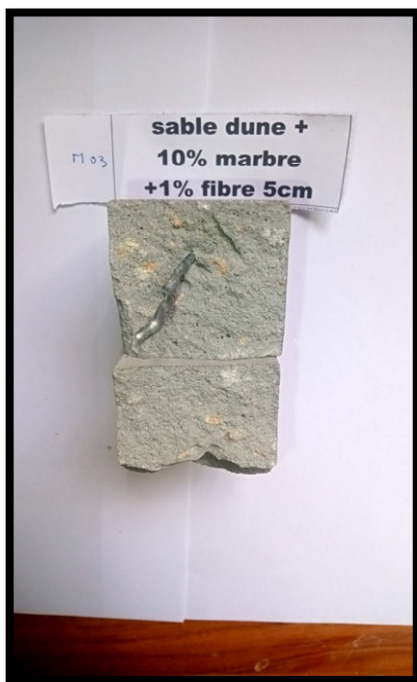
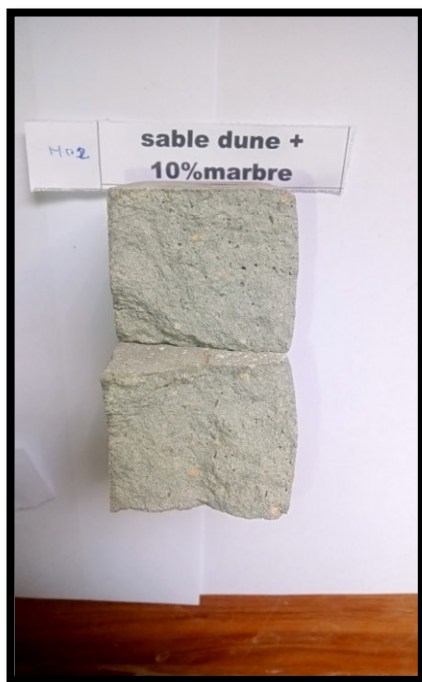
Les formulations étude

1- formulation pouzzolane + SD



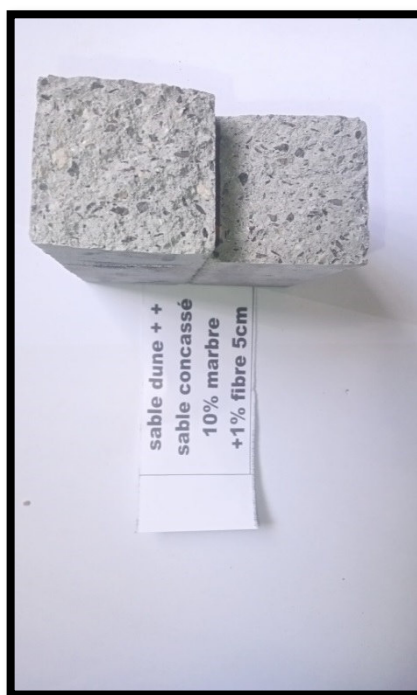
Annexe D

2- formulation marbre + SD



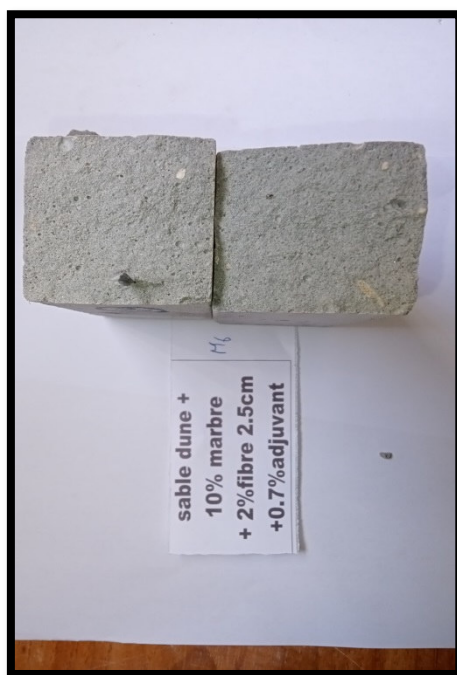
Annexe E

3-formulation marbre (SD+SC)



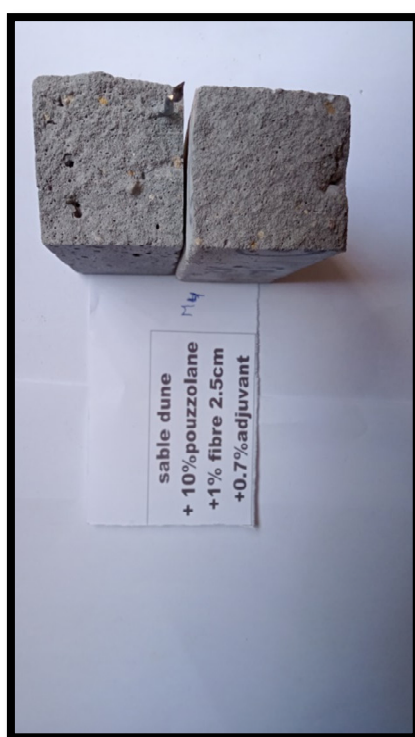
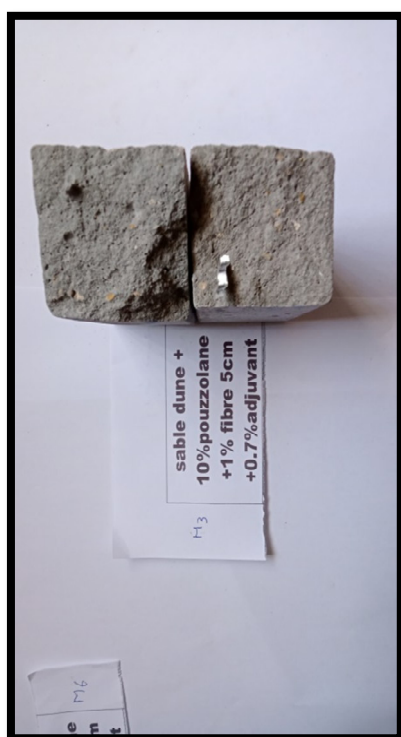
Annexe F

4-formulation marbre (SD+ adj)



Annexe G

5-formulation marbre (SD+ adj)



Annexe H



50kg

Mokaouem
مقاوم بلوس Plus

ALGÉRIE

LAFARGE
Construire
des villes meilleures™



Ciment Portland

NA 442 - CEM I 42,5 N-SR 3

Mokaouem est un ciment gris résistant aux sulfates, résultat de la mouture d'un clinker contenant un faible taux d'aluminates de calcium avec une proportion de gypse inférieure à celle d'un ciment portland composé.

Mokaouem
NA 442 - CEM I 42,5 N-SR3

Mokaouem NA 442 -CEM I 42,5 N-SR3 selon la NA 442 v 2013 et la EN 197-1II est conforme à la norme nationale NA 442 v 2013 et à la norme Européenne EN 197-1 avec un taux en C3A < 3%.

AVANTAGES PRODUIT



- Tout en étant un ciment de haute performance, **Mokaouem** protège la structure contre les agressions chimiques de l'environnement externe.
- Une meilleure durabilité pour les structures en béton.
- Une faible chaleur d'hydratation.

Annexe I

APPLICATIONS RECOMMANDÉES 

- Les fondations et les structures à réaliser dans un milieu agressif
- Les travaux maritimes
- Les stations de dessalement et d'épuration
- Les travaux hydrauliques
- Les barrages et les digues de soutènement collinaire

FORMULATION CONSEILLÉE 

| | Ciment  | Sable (sec)  | Gravillons (sec)  | Eau (litres)  |
|--------------------------|--|---|--|--|
| Dosage pour béton C25/30 | X 1  | + X7  | + X5  + X4  | + 25 L |

Remarque: un bidon = 10 Litres

Formulation de béton à suivre dans le cas de l'absence d'une étude délivrée par un laboratoire*

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES 

• Analyses chimiques

| | Valeur |
|---|-------------|
| Perte au feu (%) (NA5042) | 0,5 à 3 % |
| Teneur en sulfates (SO ₃) (%) | 1,8 à 3 |
| Teneur en oxyde de magnésium MgO (%) | 1,2 à 3 |
| Teneur en Chlorures(NA5042) (%) | 0,01 à 0,05 |

• Temps de prise à 20° (NA 230)

| | Valeur |
|----------------------|-----------|
| Début de prise (min) | > 60 |
| Fin de prise (min) | 240 à 400 |

• Composition minéralogique

| | Valeur |
|----------------------|--------|
| Taux d'aluminate C3A | <3.0% |

• Résistance à la compression

| | Valeur |
|----------------|--------|
| 2 jours (MPa) | ≥10 |
| 28 jours (MPa) | ≥42,5 |

• Propriétés physiques

| | Valeur |
|---|-------------|
| Consistance Normale (%) | 25 à 28 |
| Finesse suivant la méthode de Blaine (cm ² /g) (NA231) | 3200 à 3800 |
| Retrait à 28 jours (µm/m) | < 1000 |
| Expansion (mm) | ≤2,0 |
| Chaleur d'hydratation | <270J/g |

Ces valeurs sont données à titre indicatif et ne peuvent être considérées comme absolues

CONSIGNES DE SÉCURITÉ 

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

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



 A member of LafargeHolcim

Conditionnement:  / 

LAFARGE ALGÉRIE

Bureau n°02, 16ème étage, tour Geneva,
les Pins maritimes, Mohammadia, Alger.
tél: + 213 (0) 21 98 54 54
Fax: + 213 (0) 23 92 42 94
www.lafargealgerie.com
dz.satisfaction-clients@lafargeholcim.com
Tél: 021 98 55 55

 LAFARGE
لافارج

Annexe J

NOTICE TECHNIQUE

Version 03

Edition février 2017

2

1

3

6

MEDAPLAST SP 40

Conforme à la norme NA 774 , NA 5102 et NA 5075

Super Plastifiant -/Haut réducteur d'eau**Description**

Le **MEDAPLAST SP 40** est un super plastifiant haut réducteur d'eau permettant d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.

En plus de sa fonction principale de super plastifiant, il permet de diminuer considérablement la teneur en eau du béton.

Domaines D'application

- Bétons à hautes performances
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons architecturaux
- Bétons extrudés
- Bétons BCR

Propriétés :

Grâce à ses propriétés le **MEDAPLAST SP 40** permet :

Sur béton frais :

- Améliorer la fluidité
- Augmenter la maniabilité
- Réduire l'eau de gâchage
- Éviter la ségrégation
- faciliter la mise en œuvre du béton

Sur béton durci :

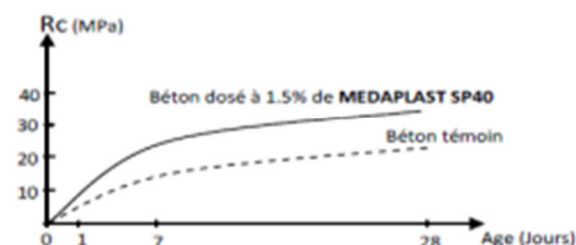
- Augmenter les résistances mécaniques même à jeune âge
- Diminuer la porosité
- Augmenter la durabilité
- Diminuer le retrait

| DESIGNATION | Rc MPA | |
|-----------------------|--------|-------|
| Jours | 7j | 28j |
| Témoin | 8,05 | 31,3 |
| MEDAPLAST SP 40(1.5%) | 13,65 | 38,13 |

Béton CPJ 42.5 = 350Kg/m³ ; E/C = 0.46
Gravier et sable concassés

Caractéristiques :

- Aspect Liquide
- Couleur Marron
- PH 8,2
- Densité 1,20 ± 0,01
- Teneur en chlore < 1g/L
- Extrait sec 40%



Evolution des résistances en compression

Mode D'emploi

Le **MEDAPLAST SP 40** est introduit dans l'eau de gâchage.

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

Dosage:

Plage de dosage recommandée :

0,6% à 2,5% du poids de ciment soit 0,5L à 2L pour 100 kg de ciment

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

Conditionnement Et Stockage

Le **MEDAPLAST SP 40** est conditionné en bidons de 12Kg, fûts de 270 kg et cubéteinaire de 1200 kg.

Durée de conservation :

Une année dans son emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur (5°C < t < 35°C).

Précaution D'emplois

Manipulation non dangereuse.

Se référer à la Fiche de Données de Sécurité disponible sur : www.granitex-dz.com

PV d'essais conforme aux normes, établi par le CNERIB en 17 JUL 2016.

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



Zone industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger

Tél : (213) 021 51 66 81 & 82

Fax : (213) 021 51 64 22 & 021 51 65 23

www.granitex.dz - E-mail: granitex@granitex.dz



Résumé

Le béton étant un mélange de ciment, de granulats et d'eau, il peut être utilisé dans une vaste gamme d'applications. Il a une excellente durabilité et disponibilité qui sont ses principaux avantages. Bien que le béton soit fort en compression, il est relativement faible en charge de traction. Au fil des ans, divers matériaux ont été utilisés pour renforcer le béton afin de résister aux contraintes de traction. La fibre de métallique est l'une de ces fibres qui se décline en différentes tailles et qui est aujourd'hui utilisée pour renforcer le béton. Dans cette étude, nous utiliserons deux longueurs différentes de fibres avec un pourcentage de fibre 0,20 % en poids. Le laitier et le fillers de marbres sont remplacés à (10% en volume de remplacement de ciment).

Les propriétés étudiées incluent la résistance à la compression (28jours), la résistance à la rupture-traction (28 jours), l'absorption d'eau (28jours),

-Mots clés : mortier, Pouzzolane, marbre, fibre d'acier, comportement mécanique.

Abstract

Since concrete is a mixture of cement, aggregates and water, it can be used in a wide range of applications. It has excellent durability and availability which are its main advantages. Although concrete is strong in compression, it is relatively weak in tensile load. Over the years, various materials have been used to strengthen concrete to resist tensile stresses. Iron fiber is one such fiber that comes in different sizes and is used today to reinforce concrete. In this study, we will use four different fiber lengths with 1% and 2% fiber weight. The pozzolana and the marble fillers are replaced at (10% by volume of cement replacement).

Properties studied include compressive strength (28 days), tensile strength (28 days), water absorption (28 days), ultrasonic pulse velocity-UPV (28 days).

-Key words: mortar, pozzolana, marble, steel fiber, mechanical behavior.

ملخص

بما أن الخرسانة عبارة عن خليط من الإسمنت والركام والماء، فهي كذلك يمكن استخدامها في مجموعة واسعة من التطبيقات. لديه واحدة من المتانة الممتازة والتوافر وهي مزاياه الرئيسية. على الرغم من أن الخرسانة قوية في الانضغاط، إلا أنها ضعيفة نسبيًا في حمل الشد. على مر السنين، تم استخدام مواد مختلفة لتقوية الخرسانة لمقاومة إجهادات الشد. الألياف المعدنية هي واحدة من هذه الألياف التي تأتي بأحجام مختلفة والتي تستخدم اليوم لتعزيز الاسمنت. في هذه الدراسة ، سوف نستخدم طولين مختلفين من الالياف بنسبة 0.20٪ وزناً. يتم استبدال حشوات الرخام بنسبة (10٪ من حجم استبدال الاسمنت).

تشمل الخصائص المدروسة مقاومة الانضغاط (28 يوماً) ، وقوة الشد (28 يوماً) ، وامتصاص الماء (28 يوماً).

- الكلمات المفتاحية: الملاط ، البوزولان ، الرخام ، الألياف الفولاذية ، السلوك الميكانيكي.