REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de Technologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : Matériaux en Génie Civil

Renforcement du mortier de ciment à base de déchets de briques par des fibres hybrides

---

Présenté par :

BOUKHADRA Nadjet

KERRAT Idir

Proposé et Dirigé par :

Dr. ZEMIR Ismail

Promotion Juin 2022

REMERCIMENT

Au terme de ce travail, nous remercions ALLAH le Miséricordieux de nous avoir donné la force et la patience à achever ce travail. Sans l'aide D'ALLAH, nous n'aurions pas pu terminer ce Mémoire…

Nous tenons à remercier et à exprimer nos gratitudes à notre encadreur : **Dr ZEMIR Ismail** qui nous a orienté et nous a soutenu tout au long de ce travail de recherche, avec beaucoup de compétence, d'enthousiasme et de disponibilité. Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Nous tenons à remercier nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience durant ces longues années d'études.

Enfin nous adressons nos sincères remerciements également à tous les enseignants du département de Génie civil option Matériaux en Génie Civil de l'université de Médéa, et à tous les enseignants qui ont participé à notre formation.

Dédicace

Ce travail est dédié

A ma chère mère et mes sœurs

KERRAT IDIR

Dédicace

C e travail est dédié

A Mes chers parents qui étaient toujours à mes cotes

Mes frères et mes sœurs

A mes petits anges Younes, Zaki, Saber, Farah, Chahd et Sirin

A tous mes proches et amis.

BOUKHADRA NADJET

RESUMÉ

Les déchets de briques sont l'une des alternatives les plus importantes de substitution au sable, tandis que les chercheurs se sont empressés de développer des matériaux de construction et de trouver des matériaux utilisables à moindre coût grâce à leurs propriétés mécaniques et physiques. Ce travail contribue également à la protection de l'environnement grâce au recyclage des briques.

Le renforcement des matériaux de construction, particulièrement les mortiers par des fibres est une technique de plus en plus utilisée, dans le but d'améliorer leurs caractéristiques mécaniques, notamment leurs résistances à la traction et à la compression.

Ce travail a pour objectif de faire une étude de mortier par la substitution du sable à travers six teneurs 10%, 20% ,30%, 40% ,50% et 60% du déchet de briques et l'ajout de deux type de fibres (métalliques et polypropylène) dont le rapport varie en fibre métallique : 0.2% ; 0.3% ; 0.4% ; 0.5% ; 0.6 ; 0.7% et en polypropylène : 0.1% ; 0.2% ; 0.3% ; 0.4% , 0.5% et 0.6% .

Les résultats de cette étude montrent que l'utilisation des déchets de briques avec une substitution de sable et en ajoutant des fibres métalliques et de polypropylène contribuent à l'amélioration des propriétés mécaniques dont les résistances à la compression et traction des mortiers.

Mots clés :

Mortier, déchets des briques, fibres métalliques, fibres polypropylène, résistances mécaniques.

-

ABSTRAC

Waste bricks are one of the most important alternatives to sand, while researchers have rushed to develop construction materials and find usable materials at lower cost thanks to their mechanical and physical properties. This work also contributes to the protection of the environment through the recycling of bricks.

The reinforcement of building materialis, particularly mortars , with fibers is a technique that is increasingly used , with the aim of improving their mechanical characteristics , in particular their tensile and compressive strengths . This work aims to make a study of mortar by the substitution of sand through six contents 10% , 20% , 30% , 40% , 50% and 60% of waste bricks and the addition of two types of fibers (metallic and polypropylene) whose ratio varies in metallic fiber 0.2% ; 0.3% ; 0.4% ; 0.5% ; 0.6% and 0.7% and polypropylene : 0.1% ; 0.2% ; 0.3% ; 0.4% ; 0.5% and 0.6%) , The results of this study show that the use of waste bricks with the substitution of sand and the addition of metal and polypropylene fibers contribute to the improvement of mechanical properties, including the compressive and tensile strengths of the mortars .

Key words:

Mortar, brick waste, metal fibers, polypropylene fibers, mechanical strength.

ملخص

تعتبر نفايات الطوب احد أهم بدائل الرمل, بينما سارع الباحثون إلى تطوير مواد البناء و العثور على مواد قابلة للاستخدام بتكلفة اقل بفضل خواصها الميكانيكية و الفيزيائية. يساهم هذا العمل أيضا في حماية البيئة من خلال إعادة تدوير الطوب .

ان تقوية مواد البناء, و خاصة الملاط , بالألياف تقنية مستخدمة بشكل متزايد من اجل تحسين خصائصها الميكانيكية, و لا سيما مقاومة الشد و الضغط .

يهدف هذا العمل إلى إجراء دراسة للملاط بإحلال الرمل بستة محتويات 10% , 20% 0,3 , % 40% , 50% و 60% من نفايات الطوب ,و إضافة نوعان من الالياف (المعدنية و البولي بروبيلين) تختلف نسبتهما (الالياف المعدنية : 0.2% ,0.3% , 0.4% , 0.5%, 0.6% و 0.7%) و (البولي بروبيلين : 0.1% , 0.2% , 0.3% 0.4% ; 0.5% و 6.0%) . اظهرت نتائج هذه الدراسة ان استخدام مخلفات الطوب مع استبدال الرمل و إضافة ألياف المعادن و البولي بروبيلين يساهم في تحسين الخواص الميكانيكية بما في ذلك قوة الانضغاط و الشد للملاط .

الكلمات المفتاحية :

الملاط , نفايات الطوب ، الالياف المعدنية , ألياف البولي بروبيلين , الخصائص الميكانيكية

TABLE DES MATIERES

Table des matières…….. I
Liste des figures……VI
Liste des tableaux……...VIII
Liste des symboles et des abréviations..... X

Introduction générale……...1-2

Parti I : Recherche Bibliographique

CHAPITRE I : Les Mortiers

I.1 Introduction ……..…….……...…05
I.2 les mortiers ……...…….05
I.2.1 Définition ……..…….…….06
I.2.2 Constituants des mortiers ……..…….…06
I.2.2.1 Le Liant …….…06
I.2.2.2 Le sable…….……..…06
. I. 2.2.3 L'eau de gâchage…… ……..…06
I.2.2.4 Les adjuvants …….....07
I.2.2.4.1 Intérêt des adjuvants ……....07
I.2.2.4.2 Classification des adjuvants ……....07
I.2.2.4.3 Le super plastifiant…… ……..08
I.2.2.4.4 Les avantages principaux de l'utilisation des super plastifiants…… ..08
I.2.2.4.5 Facteurs affectant l'action des super plastifiants……..…08
I.2.2.4.6 Domaines d'utilisation des super plastifiants……...09
I.2.2.5 Les ajouts……..……..…….09

I.3 Le rôle d'utilisation du mortier…….…. …...09
I.4. Classification générale des mortiers…….....……..…..09

I.5 Préparation des mortiers……..…...……13

I.6 Mortier normalisé…….....14

I.6.1 Séquence de malaxage…….....14

I.7 Les caractéristiques principales des mortiers …… ……..……...……15

I.7.1 Ouvrabilité…….. …15

I.7.2 Prise……...…….….16

I.7.3 Résistances mécaniques…….. ...16

I .7.4 Retraits et gonflements …….…....17

I.7.5 Masse volumique apparente…….....18

I.7.6 Masse volumique absolue ……...18

I.7.7 Porosité et compacité…….……..18

I.8 Application du mortier ……...……19

I.9 Conclusion…….....20

CHAPITRE II : Déchet de brique

II.1 Introduction……..…...……22

II.2 Déchets de brique……...….....22

II.2.1 Définition de brique …….. ….23

II.2.2 Types de brique…….....23

II.2.3 Mode de fabrication ……..……..26

II.2.4 Propriétés des briques…….....26

II.2.5 Valorisation des déchets de brique….....28

II.2.5.1-Sur mortier….....28

a. Etat frais…….....28

b. Etat durci…….....30

II.3. conclusion……..33

Chapitre III : Les Fibres

III.1. Introduction ..... ……..35
III.2.Définition des fibres ..... …….35
III.3. Différentes nature de fibres ..... …….35
III.3.1Fibres naturelle ..... …….35
III.3.1.1 Fibres végétales ……....35
III.3.1.2 Fibres animale..... ……..35
III.3.2. Fibres minérales 36
III.3.2.1. Fibres d'amiante ..... ……..36
III.3.2.2. Fibres de verre 37
III.3.2.3. Fibres de carbone 38
III.3.3.Fibres organique ..... .,…….40
III.3.3.1.Les fibres d'Aramide . ...,….40
III.3.3.2. Les Fibres polypropylène ..... ……40
III.3.3.3 Les Fibres métallique…….....41
III.3.3.4 Les Fibres d'acier ……..42
III.4. Propriétés des fibres 43
III.4.1. La notion de fibres structurales ..... ……..43
III.4.2. Le facteur d'élancement ..... …….43
III.4.3. La performance ..... …….44
III.4.4. La valeur de résistance résiduelle ..... ……44
III.4.5. La distribution des contraintes mécaniques ..... …….44
III.4.6. Les propriétés spécifiques à chaque type de fibres ..... ……...45
III.5. Rôle des fibres ..... …….45
III.6.Conclusion……...….46

Parti II : Etude expérimentale

CHAPITRE IV : Matériaux et Essais

IV.1 Introduction 49
IV.2. Caractérisation des matériaux utilisés …….....….49
IV.2.1. Ciment …….....49
IV.2.2. Sable……. :…….....….51

IV.2.3.Eau de gâchage :……...……...52

IV.2.4. Super plastifiant……..…..52

IV.2.5. Déchets de briques ……..……..……53

IV.2.5.1. Recyclage et caractérisation des déchets briques……...……..53

IV.3. Les fibres :……..……...……55

IV.3.1. Fibres métalliques : ……..…….55

IV.3.2. Fibres de polypropylènes ……..……...…….55

IV .4.La formulation du mortier……...…….56

IV.4.1. Mortier normal:…….……...……56

IV.4.2. Mortier renforce…….……..…….……56

IV.5. TECHNIS EXPENTALES…….....57

IV.5.1. Séquence de malaxage du mortier…….....……57

IV.5.1.Mortier à base de déchet de brique ……...……..…....58

. IV.5.2 préparation et Conservation des Eprouvettes ……..….....59

. IV. 5.3. Démoulage et conservation des éprouvettes ….……..…….....60

IV.6-Les essais sur les mortiers :……...…….…..60

IV.6.1-Etat frais :…….……...……..……60

IV.6.1.2. Maniabilité (NF P..18-452et NF P18-437)…….……..…….…….60

IV .6. 2.3. Essai LCPC …….…….……60

A. Matériel nécessaire……...……..…….....62
B. Mode opératoire…….....…..…….....…….…62

IV.6.2. Etat durci :……...……...……..62

IV.6.2.1. Résistance à la traction par flexion …….…….……62

IV.6.2.2 Résistance à la compression …….……..63

IV.7. Retrait et Gonflement …….……64

IV.8. Porosité accessible à l'eau ……..67

IV.9 .Conclusion……...……...….71

CHAPITRE V : Analyses & Interprétations

V .1.Introduction……..……..……73
V.2. Essais sur un mortier frais.……..……..……..…..73
V.2.1 Effet des fibres métallique et polypropylène sur le temps d'écoulement à travers LCPC……75
V.3.Essai sur mortier durci ……..…….…….....76
V.3.1. Résistance mécanique …….....…….……...76
V.3.2. Résistance à la compression …….…….……77
V.3.2.1. Effet des fibres Métalliques et polypropylène sur La résistance à la compression des mortiers renforcés ……..……77
V.3.3. Résistance à la traction …….……78
V.3.3.1. Effet des fibres Métalliques et polypropylène sur La résistance à la traction des mortiers renforcés…….78
V.3.4. Variation dimensionnelle …….……...79
V.3.4.1. Retrait …….…….....79
V.3.4.2. Gonflement…….……..80
V.3.5.Porosité……...…….81
V.4.Conclusion…….……82

CONCLUSION GENERALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : Les Mortiers

Figure I.1 Les différents types des mortiers……13

Figure I.2 Table à secousses ……..…15

Figure I.3 Principe de fonctionnement du maniabilimètre……..16

Figure I. 4 Moule pour moulage des éprouvettes de mortier ……17

Figure I.5 Appareil de Vicat manuel……....18

Figure I.6 Application des mortiers……19

CHAPITRE II : Déchet De brique

Figure II.1 Déchets des briques utilisés……..23

Figure II.2 Nomination de différente face d'unité de brique…….……24

Figure II.3 Briques creuses…….……24

Figure II.4 Exemples de briques LD NF EN 771…….....26

Figure II 5 L'effet de l'ajout des déchets de brique sur l'ouvrabilité du mortier….....29

Figure II .6 Temps d'écoulement des mortiers à base de déchets de brique (MBr)……30

Figure II.7 Variation de la résistance à la compression des mortiers en fonction….....31

Figure II.8 Variation de résistance à la traction par flexion des mortiers MBr…….....32

Figure II.9 Variation de résistance à la traction par flexion des mortiers MBr……..…….33

Chapitre III : Les Fibres

Figure III. 1 Vue microscopique de fibres d'amiante……..….36

Figure III. 2 Fibre de verre……..……..38

Figure III. 3 Propriétés mécaniques des fibres de carbone……...39

Figure III.4 Fibres d'Aramide hachées et en……..40

Figure III.5 Fibres de polypropylène……..41

Figure III.6 Différentes forme de fibres métallique ……..…… 42

Figure III.7 Essais de l'ASTM C 1018 ……...……45

Figure III.8 Illustration de l'apport du renfort par des fibres ……46

CHAPITRE IV : Matériaux et Essai

Figure IV. 1 le ciment utilisé……..51
Figure IV. 2 Courbe granulométrique de sable corrigé……...…52
Figure IV.3 Super plastifiant utilisé…….……..52
Figure IV. 4 Protocole de concassage des déchets de brique…….……53
Figure IV. 5 Courbe granulométrique de brique……54
Figure IV.6 Fibres métalliques et polypropylène. ……...……..55
Figure IV. 7 Séquence de malaxage du mortier ordinaire……...58
Figure IV. 8 Malaxeur……...59
Figure IV. 9 Moulage et conservation des d'éprouvettes prismatiques. ……59
Figure IV.10 Les éprouvettes après le décoffrage……...60
Figure IV.11 Protocole de l'essai LCPC…….....61
Figure IV.12 Essai de traction par flexion sur mortier…….....62
Figure IV.13 Essai de compression sur mortier……...63
Figure IV.14 Réfractomètre et son étalonnage (variation dimensionnelle)…….....64
Figure IV .15 Protocole de l'essai retrait…….....67
Figure IV. 16 Essai de porosité sur mortier……69

CHAPITRE V : Analyses & Interprétations

Figure V. 1 Temps d'écoulement en fonction du Substitution du sable par déchet de briques sans Fibres…….……74
Figure V. 2 Temps d'écoulement en fonction de la substitution du sable par Déchet de brique avec la fibre…….……...75

Figure V.3 La résistance à la compression des mortiers renforcés…….……..….77
Figure V.4 la résistance à la traction des mortiers renforcés……78
Figure V.5 Retrait en fonction de l'âge du MDBFMP……...…79

Figure V.6 Gonflement en fonction de l'âge du MDBFMP……..……80
Figure V. 7 Porosité du mortier……...……...……...……81
Figure V. 8 Evolution de la résistance de compression avec la porosité…….82

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Les Mortier

Tableau I.1 Dosage des mortiers…….……13
Tableau I.2 Opérations de malaxage du mortier normal…….14

Chapitre II : Déchets de briques

Tableau II.1 Caractéristiques des briques……..….25
Tableau II. 2 Les propriétés physico –mécaniques des Briques creuses et perforée……..27
Tableau II .3 La Résistance thermique des briques pleines, perforées et Creuse ……....27

Chapitre III : Les Fibres

Tableau III. 1 Caractéristiques mécaniques des fibres d'amiante……..……...37
Tableau III. 2 Caractéristiques mécaniques des fibres de verre……...…38
Tableau III. 3 Propriétés mécaniques des fibres de carbone……..……39
Tableau III.4 : Facteur d'élancement……43

CHAPITRE IV : Matériaux et Essai

Tableau IV.1 Caractéristiques techniques de ciment CEM I 42.5 R……..50
Tableau IV. 2 Propriétés physiques du Sable utilisés……..51
Tableau IV.3 Caractéristiques du super plastifiant MEDAPLAST SP 30……..53
Tableau IV. 4 Propriétés physiques de déchet de Briques……..54

Tableau IV .5 Les caractéristiques des fibres utilisées……56
Tableau IV.6 Composition des différents mortiers réalisés ……...57

CHAPITRE V : Analyses & Interprétations

Tableau V. 1 Résultats d'essais à l'état frais de mortier…….…….73
Tableau V.2 Caractéristiques à l'état durcis…….……..76

LISTE DES ABREVIATIONS

M : Mortier

MT : Mortier témoin

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

E/C : Rapport eau sur ciment

FM : Fibres métalliques

FP : Fibres polypropylène

Mdb : Mortier de déchets de briques

MDBFMP : Mortier de déchet de brique avec fibres métallique et polypropylène

CEM I 42,5R : ciment Portland

NE: Norme Européenne

NF : Norme française

Introduction générale

1. Contexte :

L'importance et l'utilisation d'un mortier est très vaste ; il recouvre tous les aspects qui lui rend différent du béton traditionnel, c.-à-d. des changements relatifs tant aux constituants à la composition, et à la mise en œuvre qu'aux propriétés, il ait été surtout utilisé dans des applications mettant en valeur leur résistance élevée, il est inévitable que, dans un avenir très proche, le mortier sera de plus en plus utilisé pour sa durabilité plutôt que pour sa résistance.

De ce fait il peut être le réceptacle de différents sous-produits (déchets) qui peuvent être «engloutis » en son sein contribuant ainsi à l'action environnementale devenue un enjeu majeur mobilisant la communauté internationale dans son ensemble.

Les déchets qui autrefois ne suscitaient guère d'intérêt ni d'inquiétude, ont commencé à constituer un problème économique et écologique. Les quantités énormes des déchets qui sont constituer un problème économique et écologique. Les quantités énormes des déchets qui sont générées sans cesse immobilisent de plus en plus de grandes surfaces pour le stockage et réduisent ainsi les disponibilités des terrains sans compter la pollution de l'environnement avec toutes ses conséquences.

La protection de l'environnement est une préoccupation majeure qui se traduit, dans le domaine du génie civil, par la recherche de nouveaux procédés de construction ou de nouveaux produits à faibles impacts environnementaux. Si, par ailleurs, ces écoproduits amélioraient les propriétés d'usage des bétons actuels ou diminuaient la sinistralité, leur développement devrait requérir plus d'intérêt.

La production des granulats recyclés répond au besoin d'une source de granulats et à la réduction des volumes de déchets. Parmi ces derniers, la brique rouge qui peut être broyée et utilisés comme une addition cimentaire pour la fabrication du mortier. L'une des applications envisageables est sa valorisation dans la fabrication des ciments et des bétons, Le recyclage de brique dans le domaine des matériaux de construction apparait être une nouvelle alternative comme réutilisation de brique.

Deux types de fibres sont introduits dans le mortier avec différents fractions volumiques pour étudier l'effet de ces derniers sur les caractéristiques rhéologiques et mécaniques du mortier.

2. Objectif et intérêt scientifique du sujet :

L'objectif de l'étude est d'élaborer un nouveau mortier à partir d'un mortier normal à matrice cimentaire en substituant du sable par de déchets de briques (10%, 20%, 30% ,40% ,50% et 60%) en premier lieu et ajouter par la suite des fibres métalliques et de polypropylènes pour renforcer ce nouveau composite de mortier.

Les mortiers confectionnés sont testés à l'état frais et durci pour avoir une combinaison d'activation adéquate, vis-à-vis de la consistance, la maniabilité et les résistances mécaniques.

3. Structure de mémoire :

Le travail est divisé en deux parties :

- La première partie, est une étude bibliographique qui est composée de trois chapitres
  - **Chapitre I :** Les mortiers.
  - **Chapitre II :** Les déchets de briques
  - **Chapitre III :** Les fibres
- La deuxième partie, contenant deux chapitres IV et V est consacrée à l'étude expérimentale.
  - **Chapitre IV :** consiste à étudier les différentes caractéristiques des matériaux utilisés dans cette étude et le protocole des essais.
  - **Chapitre V** : donne une analyse et discussion des résultats des différents essais réalisés dans la partie expérimentale.

En fin, à travers les résultats de cette étude, on clôture ce mémoire par une conclusion générale qui recouvrera les principaux résultats dégagés et les éventuelles perspectives envisageables dans le futur.

Recherche Bibliographique

Chapitre I : Les Mortiers

I.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons les composants du mortier, le rôle et utilisation de mortier et les différents types ainsi que les caractéristiques principales telles que l'ouvrabilité, la prise, le retrait, le gonflement et les résistances mécaniques.

I.2 Les mortiers :

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

- solidariser les éléments entre eux.
- assurer la stabilité de l'ouvrage.
- combler les interstices entre les blocs de construction.

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

En ce qui concerne le liant, tous les ciments et les chaux sont utilisables ; leur choix et leur dosage sont fonction de l'ouvrage à réaliser et de son environnement auquel il se trouve.

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

Les mortiers peuvent être :

- Préparés sur le chantier en dosant et en mélangeant les différents constituants y compris les adjuvants.
- Préparés sur le chantier à partir de mortiers industriels secs prédosés et avant l'utilisation, il suffit d'ajouter la quantité d'eau nécessaire.
- Livrés par une centrale : ce sont des mortiers prêts à l'emploi.

Les mortiers industriels se sont beaucoup développés ces dernières années, permettant d'éviter le stockage et le mélange des constituants sur des chantiers.

I.2.1 Définition :

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]**

I.2.2 Constituants des mortiers :

I.2.2.1 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. **[2]**

Généralement, on peut utiliser :

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

I.2.2. 2 Les sables :

Les sables utilisés sont le plus souvent des sables naturels. 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. **[2].**

I.2.2.3 L'eau de gâchage :

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

Les caractéristiques des eaux requises pour la confection des mortiers et des bétons sont précisées dans la norme NA-442.

Les mortiers devraient contenir la quantité d'eau maximale compatible avec une ouvrabilité optimale. **[3]**

I.2.2.4 Les adjuvants :

Les adjuvants sont des produits chimiques que l'on utilise dans le cas des bétons et mortiers. Ils modifient les propriétés des bétons et des mortiers auxquels ils sont ajoutés en faible proportion (environ de 1 à 5% du poids de ciment).

Les mortiers peuvent comporter différents types d'adjuvants, les super plastifiants (haut réducteurs d'eau), les entraîneurs d'air, les modificateurs de prise (retardateurs, accélérateurs) et les hydrofuges. **[4]**

I.2.2.4.1 Intérêt des adjuvants :

La raison de l'utilisation croissante des adjuvants est qu'elle confère physiquement et économiquement au mortier des avantages considérables. Ces avantages comprennent, entre autres, l'utilisation de mortier dans des conditions qui présentaient auparavant des difficultés considérables.

Ils permettent l'utilisation d'une grande gamme de matériau dans le mortier. Même s'ils ne sont pas toujours bon marché, les adjuvants ne représentent pas nécessairement des dépenses supplémentaires, car leur utilisation peut engendrer des économies.

Les adjuvants fournissent à la formulation de mortier une gamme étendue, variée et nuancée de possibilités pour faciliter la mise en œuvre des mortiers, adapter leur formulation au temps froid et au temps chaud, réduire les coûts de mise en œuvre, améliorer les propriétés du mortier durci.

Il y a toutefois lieu d'insister sur le fait que, même utilisés de manière adéquate et bénéfique pour le mortier, ils ne peuvent en aucun cas servir à corriger la mauvaise qualité des autres constituants ni leur dosage incorrect, ni des erreurs de manutention lors du transport, de la mise en place du mortier. **[5]**

I.2.2.4.2 Classification des adjuvants :

Les adjuvants sont utilisés depuis très longtemps, mais leur développement réel et la multiplication de leur utilisation n'ont commencé que depuis 1960. Leur qualité et leur constance s'améliorent sans cesse.

Les adjuvants peuvent être organiques ou inorganiques selon leur composition chimique, mais leur caractère chimique, distinct de celui des autres minéraux utilisés

dans la fabrication du mortier, est essentiel. Ainsi, dans la nomenclature Américaine on les appelle adjuvants chimiques, mais ici cette qualification est superflue, car les produits minéraux incorporés dans le mortier, dont la teneur est souvent supérieure à 5% de la masse du ciment sont appelés liants ou ajouts. Les adjuvants peuvent être classés selon leur fonction, on distingue**:**

- Les entraineurs d'air.
- Les réducteurs d'eau.
- Les retardateurs de prise, les accélérateurs de prise.
- Les super plastifiants.
- Les adjuvants divers (ceux qui améliorent la viscosité, l'adhérence, etc.).**[5]**

I.2.2.4.3 Le super plastifiant :

Les super plastifiants sont des produits chimiques qui sont ajouté 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. [**5]**

I.2.2.4.4 Les avantages principaux de l'utilisation des super plastifiants :

- La production de mortier de haute ouvrabilité sans réduire la teneur en ciment et la valeur de la résistance.
- La production d'un mortier contenant moins de ciment, mais ayant une résistance et une ouvrabilité normale.

Grâce à cette découverte, il est maintenant possible de fabriquer des mortiers fluides qui contiennent seulement la quantité d'eau nécessaire pour hydrater les grains de ciment. On évite ainsi l'eau qui ne participe jamais à l'hydratation du ciment et qui affaiblit la structure durcie du mortier et augmente sa porosité. **[5]**

I.2.2.4.5 Facteurs affectant l'action des super plastifiants :

La capacité des super plastifiants d'augmenter l'affaissement du mortier dépend de plusieurs facteurs :

- **Le type de super plastifiant :**

Pour obtenir un affaissement de 260 mm à partir d'un Affaissement initial de 50 mm, il est nécessaire d'ajouter 0,6 de SMF ou MLS, mais seulement 0,4% de SNF.

- **Le dosage en super plastifiant :**

L'augmentation de l'affaissement est proportionnelle au dosage en super plastifiant, mais l'efficacité diminue au-delà d'un certain dosage. De plus la

concentration en super plastifiant influence le taux et la vitesse d'hydratation des constituants.

- **Le rapport E/C :**

Les mesures de la viscosité et de l'affaissement montrent que pour des rapports E/C compris entre 0,4 et 0,65, l'addition d'une certaine quantité de super plastifiant augmente l'affaissement et diminue la viscosité en augmentant le rapport E/C.

I.2.2.4.6 Domaines d'utilisation de super plastifiants :

Les super plastifiants sont utilisés dans les cas suivants :

❖Bétons à compacité, et donc durabilité.

❖Bétons à haute performance.

❖Bétons autoplaçants. **[6]**

I.2.2.5 Les ajouts :

Les ajouts que l'on utilise dans les mortiers sont :

- Poudres fines pouzzolaniques (cendres, fumée de silice, etc.…).
- Fibres de différentes natures.
- Colorants (naturels ou synthétiques).
- Polymères. **[7]**

I.3 Le rôle d'utilisation du 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. **[8]**

I.4 Classification générale des mortiers :

❖ 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 ;
- Mortier d'injection ;
- Mortier pour les mosaïques ;
- Mortier de réparation pour pierres. **[9]**

❖ La nature du liant :

On peut classer les mortiers selon la nature du liant :

a- Le mortier de ciment :

Les mortiers de ciments sont très résistants, prennent et durcissent rapidement. Le dosage du rapport entre le ciment et le sable est en général volumétrique de 1/3 et le rapport de l'eau sur ciment est environ 1/2. De plus, un dosage en ciment les rend pratiquement imperméables. En revanche, il est davantage sujet au retrait. **[10]**

b- le mortier de montage :

Le mortier de montage se fabrique en mélangeant du sable, du ciment et de l'eau Pour monter un mur et assembler des blocs de béton entre eux, c'est le mortier de montage qui est utilisé car il est d'une grande résistance et d'une prise rapide. Le sable à utiliser doit être plutôt fin : partir sur du 0/1 ou du 0/4. **[11]**

c- Le mortier de ragréage :

Le mortier de ragréage est un mélange de sable fin, de ciment et d'eau. L'ajout d'adjuvants est recommandé, notamment l'hydrofuge pour les façades extérieures. **[11]**

d- Le mortier colle :

Ce type de mortier est utilisé pour la mise en œuvre des briques et des blocs avec des joints de 3 à 6 mm. Il assure une plus grande adhérence entre la brique et le mortier.

Le mortier colle regroupe la famille des mortiers adhésifs destinés à coller un revêtement comme :

- Le carrelage ;
- Le dallage ;
- Certains blocs de maçonnerie ;

Si le mortier colle est parfaitement adapté pour le collage des céramiques, il est tout de même possible de les coller à l'aide de mortier-ciment ou de mortier chaux sous certaines conditions.

Il existe plusieurs classes de performances :

- C1 pour la pose de carrelage intérieur (sols et murs) ;
- C2 pour la pose de carrelage intérieur et extérieur (sols et murs) ;
- C2 S1 ou S2 pour la pose de carrelage intérieur et extérieur (sols et murs) avec en plus, des propriétés d'adhérence élevées et une capacité à être déformé par une contrainte entre le carreau et la surface d'encollage. **[11]**

e- Le mortier bâtard :

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

Les chaux apportent leur plasticité, les ciments apportent la résistance mécanique et un durcissement plus rapide. **[10]**

f- Le mortier d'imperméabilisation :

Les mortiers d'imperméabilisation sont utilisés dans le cadre de travaux situés dans des lieux humides comme la salle de bain, les abords de piscine. Ils ont une plus grande résistance à l'humidité.

Ils sont aussi utilisés pour tous les travaux de cuvelage, fondation et bassins. **[11]**

g- Le mortier hydrofuge :

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

- Boucher des fissures ;
- Enduire un mur ;
- Réaliser des chapes ;

On l'utilise avant tout dans les lieux humides (salle de bain, extérieur, etc.) ou encore Pour concevoir des réalisations étanches, comme un bassin de piscine. **[12]**

h- Le 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. **[13]**

i- Le 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. **[9]**

On trouve deux types de chaux :

- **La chaux aérienne :**

Elle a l'avantage de durcir lentement, et uniquement au contact de l'air.

- **La chaux hydraulique :**

Elle durcit au contact de l'eau, puis de l'air. L'usage de chaux dans un mortier permet généralement une application plus facile, grâce à un temps de séchage un peu plus long. Ces mortiers sont cependant plus complexes à doser que le ciment. **[11]**

g- Le mortier industriel :

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

- Mortiers pour enduits de couleur et d'aspect varié ;
- Mortiers d'imperméabilisation ;
- Mortier d'isolation thermique ;
- Mortier de jointoiement ;
- Mortier de ragréage ;
- Mortier-colle pour carrelages, sur fond de plâtre ou de ciment ;
- Mortier de réparation. **[13]**

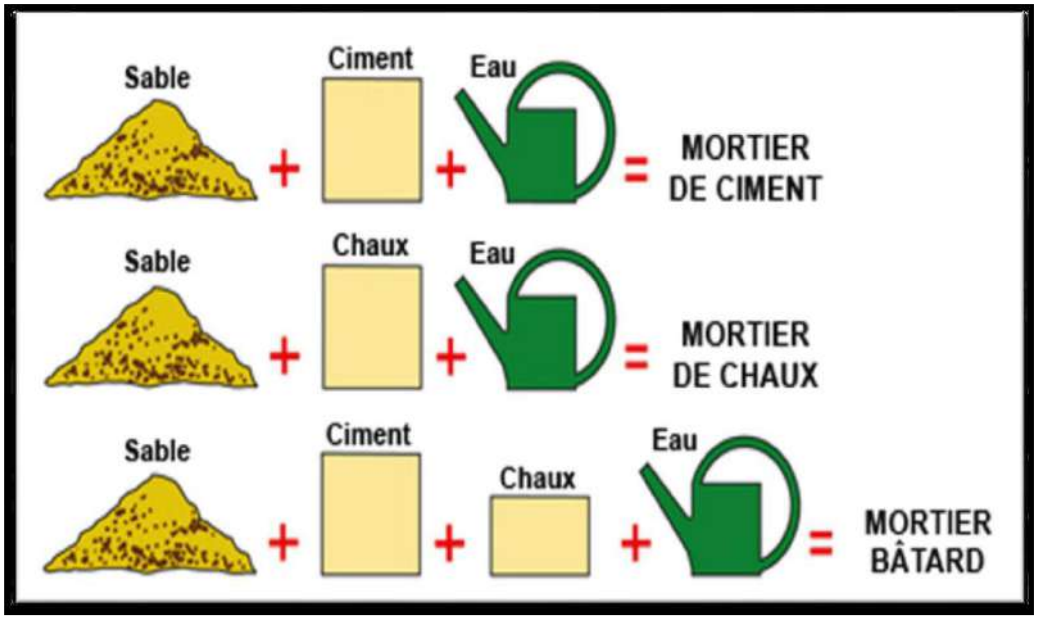


Figure I.1 : Les différents types des mortiers [14]

I.5 Préparation des mortiers :

Les quantités nécessaires en fonction des dosages et des travaux à faire comme le montre tableau ci-dessous :

Tableau I.1 : Dosage des mortiers [15]

Sable **(g)**	Ciment **(g)**	Eau **(g)**
1350	**450**	**225**

- Prévoir une surface de gâchage plate et assez grande, balayer cette aire de gâchage au balai de chantier, elle doit être propre et surtout sans débris végétaux.
- Installer la bétonnière ou le seau de maçon à proximité des produits ;
- Prévoir un tuyau d'alimentation en eau muni d'un robinet d'arrêt ;
- Déposer sur l'aire prévue à cet effet la quantité de sable ;
- Verser le ciment (ou la chaux) sur le sable.
- Commencer à mélanger à la pelle le sable et le ciment. Afin d'obtenir un bon

mélange, déplacer le tas deux ou trois fois. Le mélange doit être de couleur homogène ;

- Creuser le tas en cratère et verser 2/3 de l'eau prévue ;
- Faire tomber peu à peu les bords du cratère dans l'eau pour humidifier le mélange;
- Mélanger le tas afin de répartir l'eau. Pour homogénéiser le mélange, le déplacer deux ou trois fois come pour le mélange à sec ;
- Couper le dessus du tas de mortier avec la pelle. S'il ne se forme pas de boudins, ajouter un d eaux et mélange à nouveau ;
- Le mortier est correctement humidifié lorsqu'on passe le plat de la pelle dessus, il se lisse et l'eau remonte en surface ; **[15]**

I.6 Mortier normalisé :

Est un mortier qui sert à définir certaines caractéristiques des ciments et notamment la résistance à la compression. Ce mortier est réalisé conformément à la norme EN 196-1. Le mortier normal est le mélange d'éléments secs 1 : 3 avec un rapport E/C = 0,5.

I.6.1. Séquence de malaxage :

Ces opérations de malaxage sont récapitulées dans le tableau I.2.

Tableau I.2. Opérations de malaxage du mortier normal

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

Le mortier prêt, le verser dans des moules prismatiques 4x4x16 cm. La mise en place est réalisée par vibration

I.7. Les caractéristiques principales des mortiers :

I.7.1 Ouvrabilité :

L'ouvrabilité d'un mortier se mesure à l'aide de divers appareils :

❖ **Table à secousses**

Après le démoulage du mortier, ce dernier reçoit 15 chocs en 15 secondes. On mesure le diamètre de la galette ainsi obtenue. L'étalement en % est donné par la formule :

$$E\%=100\ Dr-Di/\ Di$$

Avec : Dr : diamètre final ; Di : diamètre initial

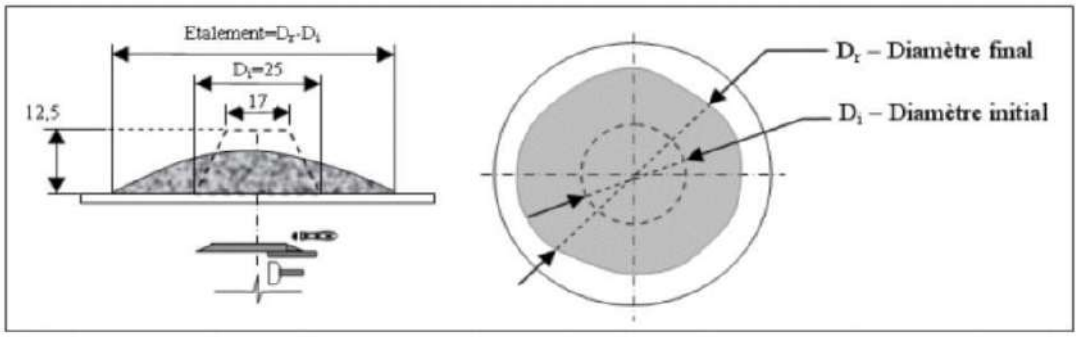


Figure I.2 .Table à secousses [16]

❖**Maniabilimètre du LCPC :**

Il est constitué d'un moule parallélépipédique comportant une paroi mobile et un vibrateur. Le principe de l'essai consiste, après avoir enlevé la paroi mobile, à mesurer le temps mis par le mortier sous vibrations pour atteindre un repère gravé sur la face intérieure du moule.

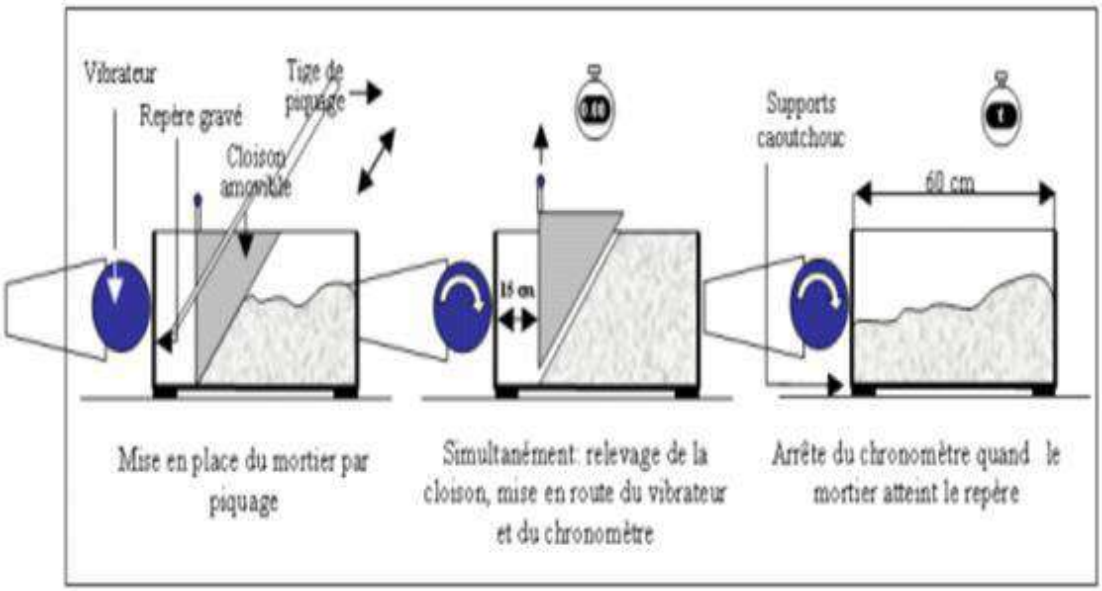


Figure I.3 Principe de fonctionnement du maniabilimètre [16]

I.7.2 Prise :

Le temps de prise se mesure habituellement sur une pâte pure de ciment De consistance Normale (24 à30% d'eau) et conformément à la norme concernée (à l'aide de l'appareil de Vicat).

Il est possible d'obtenir (hors norme) le temps de prise d'un mortier avec le même appareillage mais en plaçant une surcharge de 700 grammes sur le plateau supérieur.

Le poids Le début de prise est l'instant où l'aiguille s'arrête à 2,5 mm du fond (taille des plus gros grains de sable) et la fin de prise est l'instant où l'aiguille s'arrête à 2,5 mm du niveau supérieur. **[15]**

I.7.3 Résistances mécaniques :

Les essais sont souvent effectués sur les éprouvettes prismatiques de 4x4x16 cm conservés dans l'eau à 20 °C.

Les éprouvettes sont rompues en traction par flexion puis en compression.

Les résistances, aussi bien en traction par flexion qu'en compression, progressent à peu près comme logarithme du temps (entre 1 et 28 jours).

Les résistances des mortiers dépendent de très nombreux facteurs :

- ✓ Nature et dosage en ciment ;
- ✓ Rapport E/C ;

- ✓ Granulométrie et nature du sable ;
- ✓ Energie de malaxage et mise en œuvre ;
- ✓ Protection des premiers jours. **[16]**

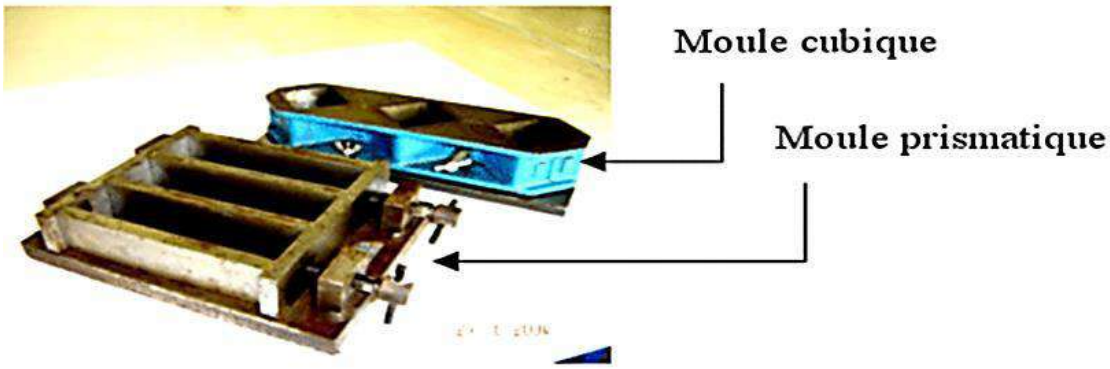


Figure I. 4: Moule pour moulage des éprouvettes de mortier

I.7.4 Retraits et gonflements :

- ➢ **Le Retrait :**

Les retraits se mesurent sur des prismes 4x4x16cm en mortier 1/3, munis de plots à Leurs extrémités et conservés, après démoulage, dans une enceinte à 20°C et à 50% d'humidité relative. Ce retrait progresse à peu près comme le logarithme entre 1 et 28 jours.

Le mortier prend son retrait plus rapidement que la pâte pure. Le rapport du retrait de la Pâte pure sur le retrait du mortier croît avec le temps. Il est de l'ordre de 1,5 à 2,5 les premiers jours, puis augmente pour atteindre 2,5 à 3,5 en un an. En moyenne, le retrait sur mortier est 2 à 3 fois plus faible que celui de la pâte pure (avec le même ciment). **[16]**

- ➢ **Le gonflement :**

Le gonflement des mortiers (qui se produisent lorsqu'ils sont conservés dans l'eau) se mesure sur les mêmes éprouvettes de 4x4x16cm conservées dans l'eau à 20°C. Ils sont en général assez faibles (cas de ciment stable ayant une expansion aux aiguilles de le Chatelier inférieure sur pâte pure à 10 mm). **[16]**

I.7.5 Masse volumique apparente :

C'est la masse d'un corps par unité de volume apparent en état naturel (y compris les vides et les capillaires). Elle est exprimée en (g/cm³, kg/m³ ou t/m³). **[16]**

I.7.6 Masse volumique absolue :

C'est la matière seule sans tenir compte les vides et les pores). Elle est exprimée en (g/cm³, kg/m³ ou t/m³) **[15**

I.7.7 Porosité et compacité :

- **La porosité**

La porosité est le rapport du volume vide sur le volume total. **[16]**

P = volume de vide /volume total

- **La compacité**

La compacité est le rapport du volume des pleins sur le volume total. **[16]**

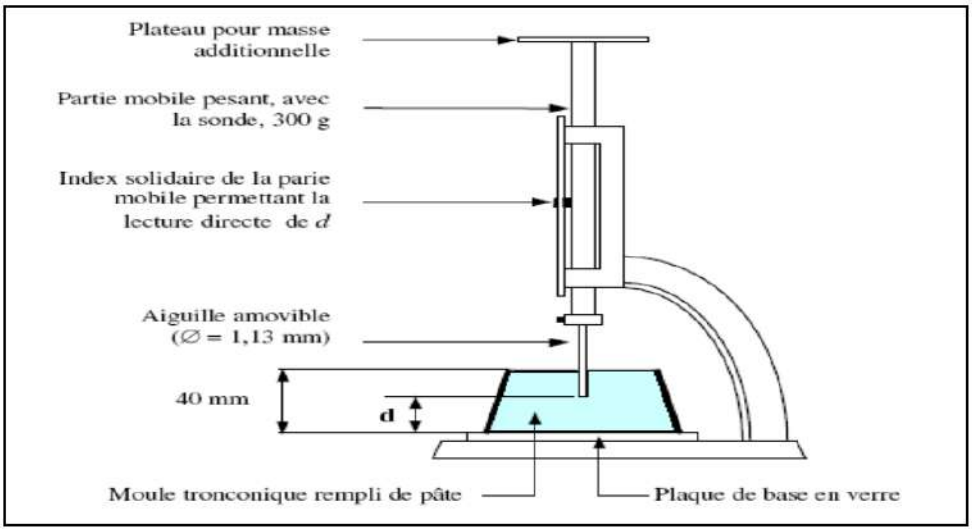


Figure I.5 Appareil de Vicat manuel [17]

I.8 Application du mortier :

Dans la maçonnerie en fondation ou en élévation, on emploi normalement le mortier moyen de chaud hydraulique, de liant à maçonner ou de ciment à maçonner ou le mortier maigre de ciment de fer.

- Pour les maçonneries peu chargées, on pourra utiliser le mortier maigre de chaud de liant ou de ciment à maçonner ; en revanche, pour les maçonneries frottement chargées, le mortier moyen de ciment portland sera recommandé. Le mortier moyen de ciment de laitier ou de haut fourneau pourra être utilisé

en fondation, il y a sera même recommandé on présence d'eaux nocives, mais il ne devra pas être employé en élévation.

- Pour le jointoiement on utilisera un mortier gras du même liant qui a server à hourder la maçonnerie.
- Pour les enduits aériens et crépis, le mortier moyen est recommandé, car il protégera mieux que le mortier maigre et il sera moins susceptible de décollement, fissuration et faïençage que le mortier gras.

On utilise principalement le mortier de chaux hydraulique et de mortier portland.

- Pour les enduits mouilles ou enterrés, n'importe quel mortier moyen convient.
- Pour les enduits étanches, le mortier devra être gras on peut utiliser le ciment de laitier ou de haut fourneau, mais on emploie surtout le portland ou le ciment de fer.

Pour les chapes ordinaires, on utilisera le même mortier que pour les enduits aériens, mais pour les chapes de dallages, soumise à une usure rapide, et pour les chapes étanches, il faudra un mortier gras de ciment de fer ou portland.

- Pour les enduits et chapes étanches, soumis à la forte sous-pression le mortier très gras de ciment de laitier ou de haut fourneau pourra être utilisé en fondation. **[18]**
-



Figure I.6 Application des mortiers [19]

I.9 Conclusion :

Le mortier est le matériau le plus fréquemment utilisé dans le domaine de construction. Il est composé de : liant, sable, chaux, eau et adjuvant, se différent par leur compositions et leur consistances d'où la différence du domaine d'utilisation. Nous utilisons le mortier pour but de :

• Solidariser les éléments entre eux ;

• Assurer la stabilité de l'ouvrage ;

• Combler les interstices entre les blocs de construction, etc….. ;

• Réaliser une chape.

Chapitre II
Déchets de briques

II.1 Introduction :

Les considérations économiques et environnementales affectent de plus en plus l'approvisionnement des déchets. Il y a des grands défis à la réalisation et au sens opposé des grandes objections à l'ouverture de nouveaux bancs de carrières. En même temps, on se heurte, des difficultés pour déposer à la décharge et de sous-produits inertes de l'industrie et à l'existence des décharges sauvages qui affectent l'environnement.

Ces types de résidus peuvent être transformés en vue de leur utilisation dans la fabrication du béton. L'usage de déchet de brique pour la fabrication du béton est jugé, niveau bas de recyclement de ce dernier peut être à cause de manque des recherches dans leur application et utilisation en construction des routes. Il faut ajouter que la brique à cause de son mauvais comportement en compression et avoir un haut degré d'absorption d'eau ne peut pas être utilisée facilement dans le béton.

Ce genre des déchets est une menace sérieuse pour l'environnement et hygiène des eaux souterraines de surcroît il a un aspect qui frappe désagréablement a l'œil. Le traitement nécessaire des déchets n'est pas simple, parfois s'est plus onéreux, et demande des connaissances spécialisées, puisque aucun de ces matériaux n'est normalisé. **[20]**

II.2 Déchets de briques :

L'objectif de ce paragraphe est de donner quelques renseignements sur les déchets de brique qu'on appelle « briquaillons », « chamotte » ou « brique concassée ». Vu leur emploi occasionnel, il y a peu des données sur ces matériaux et leur utilisation comme granulats du occasionnel, il y a peu des données sur ces matériaux et leur utilisation comme granulats du béton, malgré la consommation universel de leur matière première « brique » en grande masse, en conséquence, leur génération en quantités énormes.

En Algérie, selon les informations disponibles, la recherche sur ces matériaux est presque négligeable.

On appelle **« *briquaillons* »** : des briques morcelées provenant généralement de la démolition ou d'une mauvaise cuisson de briques (briques trop cuites).

On appelle **« *chamotte* »** : brique cuite broyée ou concassée **[21]**.



Figure II.1 : Déchets des briques utilisés

II.2.1.Définition de brique :

La brique est un matériau de construction qui est fabriqué en portant une petite quantité d'argile, préalablement mise en forme, a une température appropriée (la température de frittage).

Les particules d'argile commencent alors à fondre et s'agglomèrent pour former une masse à caractère pierreux. Après la cuisson, la brique conserve une certaine porosité, qui lui confère d'ailleurs des propriétés spécifiques et la distingue des autres matériaux de construction.

En réalité, la brique de terre offre une isolation thermique, phonique et hydrométrique bien supérieure au parpaing béton et une résistance à la compression également supérieure au parpaing **[22].**

II.2.2.Types de Brique :

A. Les briques :

Les briques sont des pierres artificielles à base de terres argileuses (briques de terre moulée et cuites), de laitier (brique de laitier) ou à base de chaux et de silice (briques silico-calcaires).

Ce sont des unités prismatiques disponibles dans une grande variété de tailles, de textures, de couleurs et de formes. Elles peuvent être pleines, perforées ou creuses.

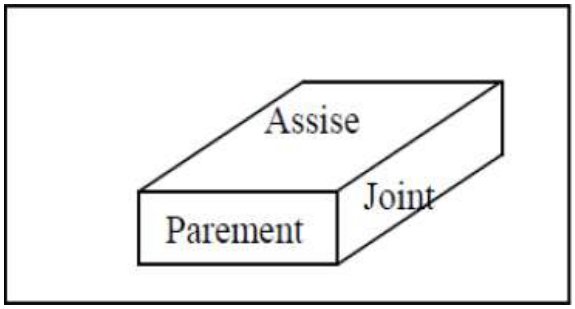


Figure II.2 : Nomination de différente face d'unité de brique

B. Brique de terre cuite :

Les briques cuites sont des pierres artificielles à base de terres argileuses subirent à un traitement avant le moulage.



Figure II.3 : Briques creuses.

C. Brique de laitier :

Les briques de laitier s'obtiennent par le mélange sous presse (pression d'environ 30 GPa) d'un mélange de laitier et de liant (chaux grasse, chaux au laitier ou ciment de laitier).La fabrication de ces briques est totalement mécanisée. En France, elles ont des dimensions assez réduites puisqu'il faut en général 145 briques pour la construction d'un mètre carre de mur de 22cm d'épaisseur. Elles sont surtout employées comme matériau de parement

Les briques pleines ont une résistance à la compression qui se situe autour de15MPa.

Les briques de céramique ont des résistances qui avoisinent les 40 MPa

En traction, les résistances varient entre 6 et 12MPa. Elles ont également un module d'élasticité compris entre 9 et 14 GPa. Ce qui donne en moyenne pour un mur de briques de premier choix un module de 15 GPa.

D. Briques silico-calcaires :

La fabrication des briques silico-calcaires consiste à comprimer un mélange de silice90 % et de la chaux grasse à une pression de 30 MPa et à soumettre ce mélange à un jet de vapeur d'eau sous pression pendant plusieurs heures. Ces briques sont des matériaux de remplissage, la rugosité des surfaces permet l'accrochage des enduits.

L'emploi des silico-calcaires légers ou denses donne des résistances à la compression qui peuvent aller respectivement jusqu'au 7 MPa pour des densités de l'ordre de 0.8 et jusqu'a 60 MPa pour les densités d'ordre de 2.2. En général, les briques sont caractérisées par leur résistance à la compression et à la traction comme indiqué dans le **Tableau II.1**

Tableau II.1 : Caractéristiques des briques.

Texture	Masse Volumique Kg/m^3	Module Elastique (MPa)	Coefficient de Poisson	Résistance Compression (MPa)	Résistance Traction (MPa)
Brique creuse	3000	5000	0.3	20	8
Brique pleine	3000	15000	0.2	40	4

Quelques figures montrent les différents types de briques :

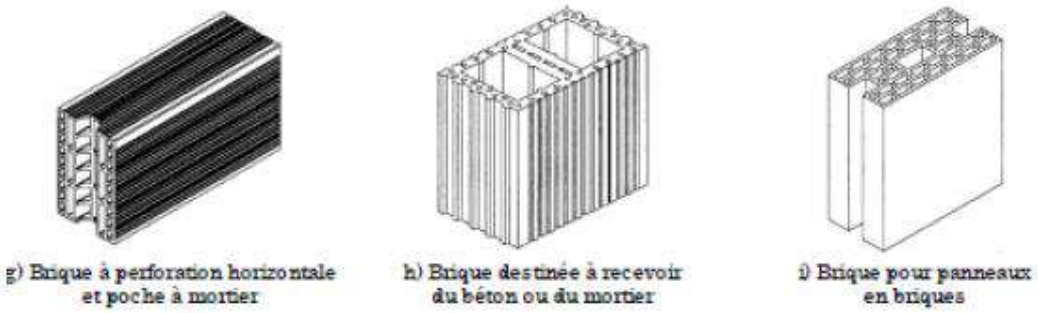


Figure II.4: Exemples de briques LD NF EN 771.

II.2.3 - Mode de fabrication :

Extrusion des briques à travers une filière. La fabrication d'une brique moderne passe par les grandes étapes suivantes : [**23]**

- Extraction de l'argile rouge et de l'argile verte. On mélange environ 10% d'argile verte avec 90 % d'argile rouge.

La terre argileuse, généralement extraite à proximité de la briqueterie, ne peut pas inclure trop de sable.

- Broyage de la terre pour obtenir la granulométrie désirée ;
- Humidification et mélange des divers types de terres ; ajout d'une faible quantité de lignosulfite, résidu de l'industrie du papier, dérivé de la lignine contenue dans les arbres ; le lignosulfite facilite l'extrusion ;
- Extrusion au travers de filières correspondant à une forme donnée de brique ;
- Coupage
- Séchage dans un séchoir à gaz (durée entre vingt et cinquante heures)
- Cuisson à environ 900 °C, pendant trente heures ;
- Éventuellement rectification (fraisage des bords jointifs pour faciliter le montage).

II.2.4 - Propriétés des briques :

A. les propriétés thermo- physico -mécaniques de brique :

Les propriétés thermo- physico –mécaniques de brique sont indiquées dans les tableaux **(II.2 et II.3)** suivants :

Tableau II. 2: Les propriétés physico –mécaniques des Briques creuses et Perforées [24, 25, 26]

.

Masse volumique (kg/ m^3)	Briques creuses	Briques Perforées
	1750-2050	1650-2000
Absorption d'eau	< 15%	30 - 80 %
Isolation acoustique (**dB)**	41 -58	41 - 54
Résistance à la Compression (**MPa)**	4 - 8	12.5 - 40

Tableau II .3: La Résistance thermique des briques pleines, perforées et Creuse [24, 25,26]

Pleines		Perforées		Creuse	
Epaisseur (cm)	**R(m2. °C/W)**	**Epaisseur (cm)**	**R(m2. °C/W)**	**Epaisseur (cm)**	**R(m2. °C/W)**
5.5	**0.05**	**20**	**0.52**	**5**	**0.1**
10.5	**0.09**	**30**	**1.00**	**10**	**0.2**
2.2	**0.20**	**35**	**1.21**	**20**	**0.39**

- **Conductivité thermique** : des briques de terre cuite égale 0.8 (W /m. °C) ;
- **Conductivité thermique** : des briques de terre cuite pleines 1.15 (W /m. °C) ;
- **Coefficient de dilatation** : des briques de terre cuite entre 5 -8 x10 K^{-1} ;
- **Porosité :** des briques de terre cuite quelques % à 50% ;
- **Adsorption** : des briques de terre cuite est faible **[27].**

B. Résistance au gel :

La résistance au gel est l'image de la propriété qu'a un matériau à résistera une succession de cycles gel – dégel. On l'eau dans les pores en cas de gel. Si les pores sont totalement remplis d'eau et que cette dernière ne peut être évacuée à temps durant le gel, la glace exerce une pression interne sur la brique et le fait éclaté.

La résistance au gel est déterminée sur base d'essais normalises.

C. Propriété thermique :

La brique fournit des conditions de vie et un confort intérieur excellents grâce à ses bonnes propriétés thermiques et acoustiques. Celles-ci découlent d'un équilibre judicieux entre leur structure poreuse, qui confère entre autres le caractère isolant thermique, et leur masse qui apporte résistance mécanique et isolation acoustique **[28].**

II.2.5. Valorisation des déchets de briques :

II.2.5. 1-Sur mortier :

a. Etat frais :

F.Bektas et al. **[29]** ont examiné les effets du recyclage de la brique d'argile sur la durabilité du mortier.

La brique a été utilisée par remplacement du poids de sable avec des taux de substitution de 5% à 30%. Les auteurs ont remarque une diminution de l'ouvrabilité des mortiers avec l'augmentation du taux de substitution **(Figure II 5)**. Cela peut être dû au degré d'absorption des déchets de brique (7%).

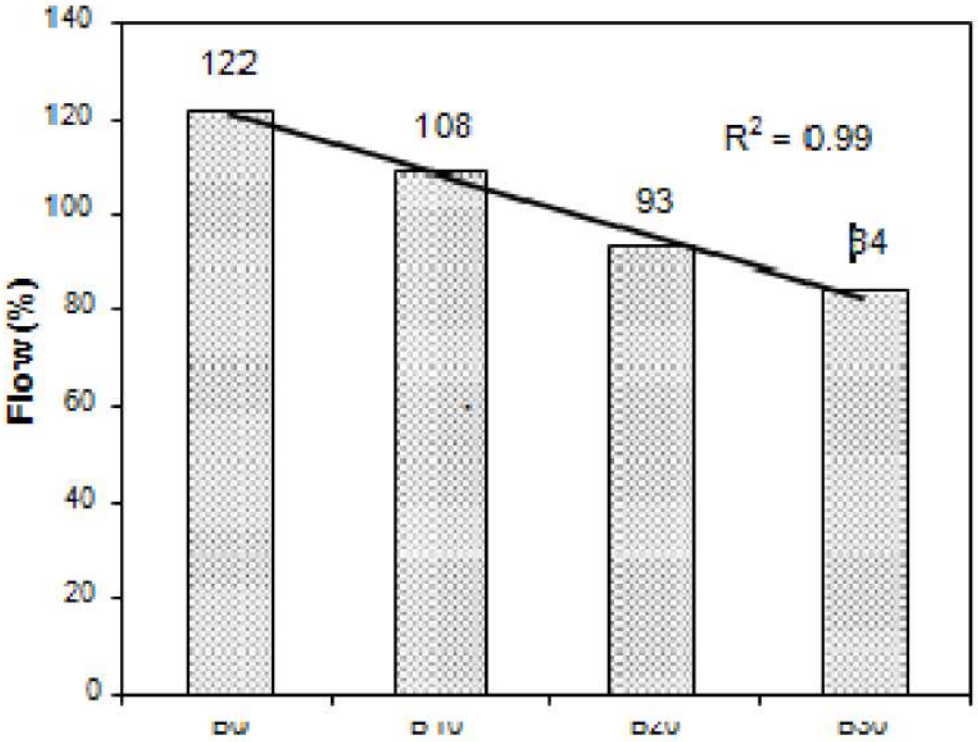


Figure II 5: L'effet de l'ajout des déchets de brique sur l'ouvrabilité du mortier **[29]**

Debieb.F et Aouni.M **[30]** ont réalisés un mortier à base des déchets de brique cuite (MBr) en faisant substituer une partie du poids de ciment par une quantité similaire en poudre et comparées au mortier témoin. Les taux de remplacement des poudres recyclées, sont choisis de 0 à 30 % avec une marge de 5%. Ils ont remarqué que les déchets de brique influent négativement sur l'ouvrabilité du mortier, et également que plus le pourcentage des déchets augmentent, le temps d'écoulement du mortier augmente aussi.

Les résultats d'ouvrabilité sont présentés sur un histogramme **(Figure II .6)** qui permet de comparer les valeurs du temps d'écoulement des différents mortiers a base de déchets de brique (MBr) au mortier témoin (MT).

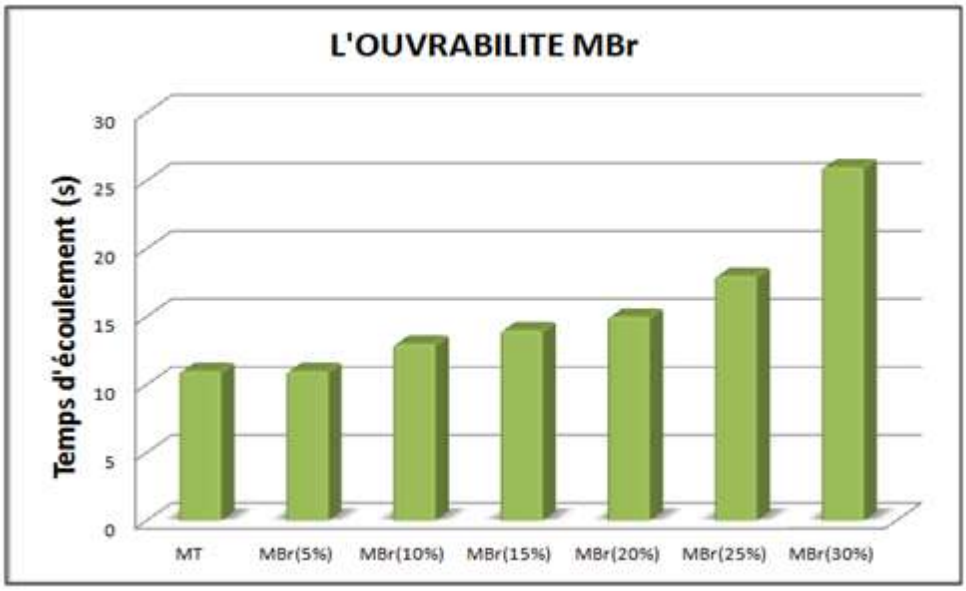


Figure II .6 : Temps d'écoulement des mortiers à base de déchets de brique (MBr) [30].

b. Etat durci :

NIGRI.G. et al. **[31],** Ont cherché à élaborer un nouveau ciment composé à base de déchets de briques.

Des résultats préliminaires montrent que l'incorporation de 5 à 15% de déchets de briques dans un broyeur à haute énergie, permet une amélioration des principales caractéristiques physiques (retrait, densités, expansion à chaud, etc.) du nouveau liant, avec des propriétés mécaniques comparables aux ciments portlands composés de classe de résistance normale de 42,5 MPa. Les meilleures valeurs des caractéristiques et des propriétés physico-mécaniques ont été obtenues pour un ciment contenant les proportions en masses suivantes : 85% de clinker + 10% de déchets de briques + 5% de gypse.

Les travaux de Dina M. S. **[32],** ont pour but d'étudie les propriétés physico-mécaniques des mortiers de ciment à base du déchet de brique d'argile broyées comme granulats recyclés.

Quatre séries de mélanges dont la teneur en ciment de 100, 150, 200 et 300 kg/m3 ont été préparés.

Dans chaque série, les granulats naturels fins, ont été remplacés par des agrégats de briques concassées (ABC) à avec des taux de substitution de 0%, 50% et 100% en volume.

Les résultats expérimentaux ont montré une diminution du poids et des résistances mécaniques des mortiers avec l'augmentation du dosage en granulats recyclés. En plus ils ont remarque que l'absorption d'eau par capillarité augmente en augmentant le taux de remplacement des granulats recyclés des granulats naturels F.Bektas et al. **[29]** ont examiné les effets du recyclage de la brique d'argile sur la durabilité du mortier. La brique a été utilisée par remplacement du poids de sable avec des taux de substitution de 5% à 30%.

Concernent l'état durci (Résistance à la compression), les auteurs ont trouvé une augmentation graduelle avec le vieillissement (B0, B5%, B10% et B20%). Audelà ils ont remarqué une réduction de 5% à 10% pour un pourcentage de 25% de brique.

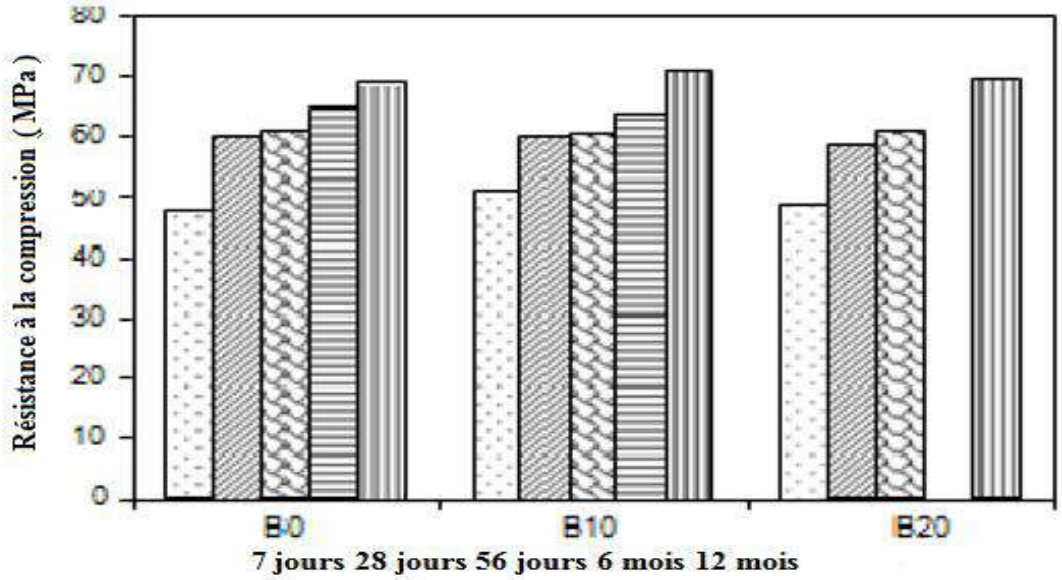


Figure II.7 : Variation de la résistance à la compression des mortiers en fonction du pourcentage de déchets de brique [29].

Debieb.F et Aouni.M **[30]** ont réalisés un mortier à base des déchets de brique cuite (MBr) en faisant substituer une partie du poids de ciment par une quantité similaire en poudre et comparées au mortier témoin. Les taux de remplacement des poudres recyclées, sont choisis de 0 à 30 % avec une marge de 5% concernent l'état durci la résistance à la compression des Mortiers MBr 5%, MBr 10%, MBr 15%, dépasse celle du mortier de référence, les résultats sont présentent sous forme d'histogramme **(Figure II.8**), ainsi que les résistances à la traction augmentent en fonction de l'âge

quel que soit le type du mortier. Les résistances des mortiers MBr 5%, MBr 10% et MBr 15% dépassent celle du mortier témoin pour les trois âgés et il est de l'ordre de 7,51 MPa, 7.21 MPa et 7,23 MPa respectivement à 28 jours, et la plus faible valeur de l'ordre de 3.30 MPa est remarquée pour le mortier MBr 30%. La traction par flexion nous donne à peu près une idée sur la résistance à la traction, on constate alors qu'on a un gain de résistance de 11%les résultats sont présenté sous forme d'histogramme donné par la **Figure II.9.**

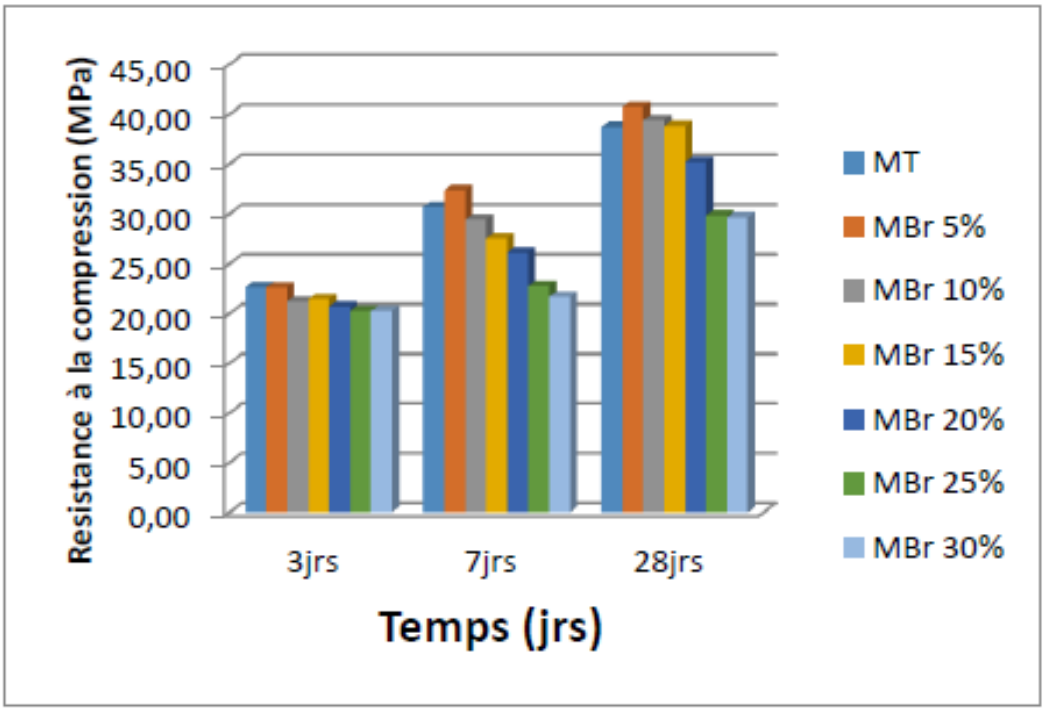


Figure II.8: Variation de résistance à la traction par flexion des mortiers MBr [30]

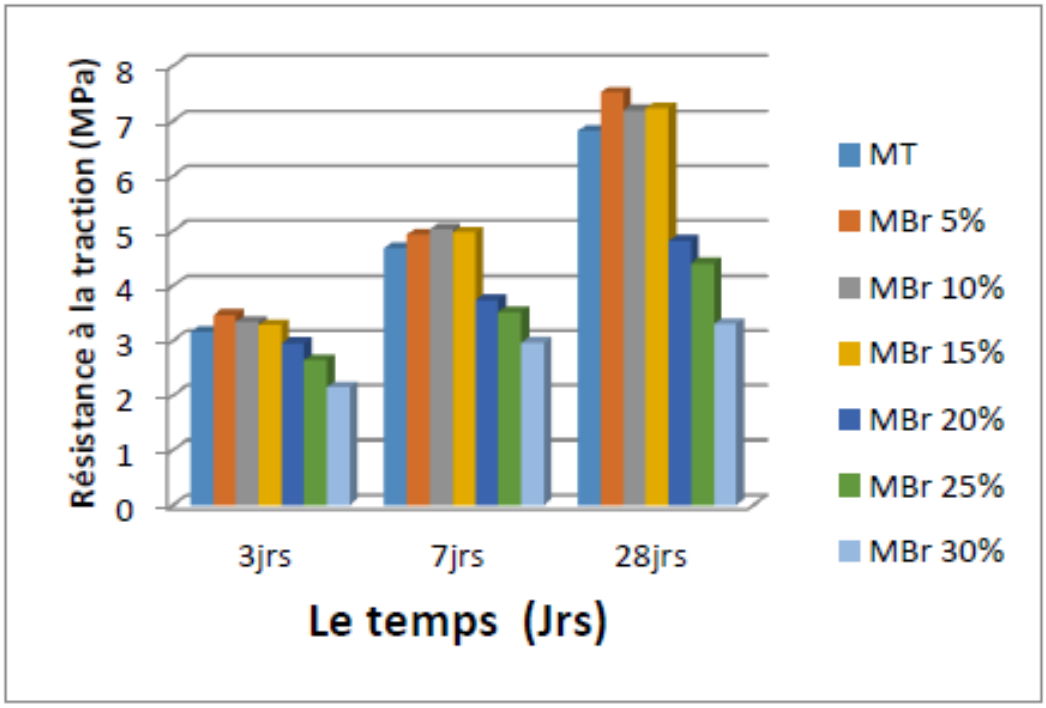


Figure II.9 : Variation de résistance à la traction par flexion des mortiers MBr [30]

II .3 Conclusion :

Dans notre étude nous concluons que le déchet est un grand problème, à toute vie biologique et à toutes activités, et à ce titre, la recherche des solutions est une vraie nécessité pour les êtres vivants (les personnes, les plantes, les animaux…. etc.). Cela ne peut être que réduire les déchets, où nous utilisons dans beaucoup de cas de figures importances surtout le domaine de génie civil.

Chapitre III : Les Fibres

III.1. Introduction :

Le renforcement des matériaux de construction, en l'occurrence les bétons et les mortiers, par des fibres est une technique de plus en plus utilisée dans le but d'améliorer leurs performances mécaniques, notamment leurs résistances à la traction, flexion et à la fissuration ainsi que la ductilité.

Le mortier et le béton de fibres est un matériau qui a connu ces derniers temps beaucoup de développements et nombreuses sont les études qui ont été effectuées durant les trois dernières décennies. Des fibres de toutes natures ont été expérimentées. Les plus répondues sont les fibres d'amiantes, de verre, d'acier, de plastique, de carbone et végétales.

III.2.Définition des fibres :

Le terme fibre se rapporte à un corps solide flexible. La fibre est un composant filiforme (rapport longueur /diamètres est très élevé : (25-1500) de faible longueur (5-60mm) et dont l'épaisseur est comprise entre (0,005-0,75) mm les fibres sont disponibles sous différentes formes (rondes, plates, gaufrées) d'origine minérale, organique ou métallique, les fibres sont courtes et dispersées dans toute la masse de béton **[33].**

III.3. Différentes nature de fibres :

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

III.3.1.Fibres naturelle :

III.3.1.1. Fibres végétales :

La principale fibre végétale est la cellulose qui résiste aux alcalis. Les fibres végétales résistent aussi à la plupart des acides organiques mais sont détruites par les acides minéraux forts. Il existe quatre sortes de fibres végétales : les fibres provenant des poils, les fibres du liber, et les fibres extraites des troncs de certaines graminées. Elles sont souvent utilisées dans la fabrication du papier et dans les panneaux de construction (fibres de bois) **[34].**

III.3.1.2. Fibres animale :

Les fibres animales sont composées principalement de protéines. La kératine constitue les poils (dont les laines en tout genre) et les plumes. La soie est une sécrétion de fibroïne produite par le ver à soie, chenille d'un papillon du genre

bombyx et les araignées. La laine et les plumes sont des très bons isolants pour la construction.

III.3.2. Fibres minérales :

III.3.2.1. Fibres d'amiante :

Ces fibres sont considérées comme les renforcements les plus anciens des matrices cimentaires et aussi pour la confection de tissus résistants aux feux.

Elles sont en fait, des bûchettes de micro- fibres extrêmement fines, difficilement fusibles (vers 1500°C) et ont l'avantage d'être inattaquables par les ciments. Elles possèdent une excellente tenue au feu, une bonne résistance à la traction et un module d'élasticité élevé. Elles sont aussi plus résistantes aux agressions chimiques et aux microorganismes, ainsi que leur résistance électrique élevée. Les fibres d'amiante sont utilisées dans les applications suivantes : voiles, tuyaux, panneaux, matériaux d'isolation thermique et protection contre le feu, tuyaux d'égout, plaques de toitures plates et ondulées, revêtements de mur **[35].**



Figure III. 1 : Vue microscopique de fibres d'amiante [35]

Tableau III. 1: Caractéristiques mécaniques des fibres d'amiante [35]

Type de fibre	Amiante
Diamètre (mm)	**0.0002 - 0.002**
Longueur (mm)	**5**
Masse Volumique (g/cm3)	**2.6 – 3**
Résistance à la rupture Sfu (MPA)	**100 – 300**
Module de Young E (GPA)	**80 – 150**

III.3.2.2. Fibres de verre :

Ces fibres sont fabriquées à partir de verre fondu qui passe dans une filière, chauffé par effet Joule, qui comporte 50 à 800 trous d'un diamètre de l'ordre de 10 à 100m. Elles sont disponibles dans le commerce sous forme de bobines (découpage à la demande) ou sous forme de morceaux prédécoupés de 3, 6, 12, et 50 mm de long. Ils sont regroupés en trois types : La fibre de verre classique (silice, soude, chaux), la fibre de verre au zirconium et la fibre de verre au borosilicate. Ces fibres sont généralement caractérisées par les propriétés suivantes :

- Bonne adhérence avec la matrice ;
- Disponibilité sous toutes les formes (coupées, continues …) ;
- Bonne résistance à l'humidité et à la corrosion ;
- Conductivité thermique relativement faible **[35].**



Figure III. 2: Fibre de verre [35]

Tableau III. 2 : Caractéristiques mécaniques des fibres de verre [35]

Type de verre	**E**	**R**	**S**
Résistance à la rupture Sfu (MPA)	**3400**	**4400**	**4800**
Module de Young E (GPA)	**73**	**86**	**87**
Masse volumique (g/cm3)	**2.54**	**2.55**	**2.54**

III.3.2.3. Fibres de carbone :

Le carbone est très dispendieux ce qui le rend beaucoup moins populaire que le verne moins disponible sur le marché, les fibres de carbone sont cependant reconnues comme étant les fibres les plus performantes.

Les types de fibres de carbone sont classés selon leurs propriétés mécaniques. Ces propriétés dépendent des cycles de pyrolyse ainsi que de la nature du précurseur. On distingue deux types de fibres divisés en quatre grandes classes de fibres.

- les types hauts modules soient les classes UHM (Ultra Haut Module) et HM (Haut Module),
- les types hautes résistances soient les classes l THR ou VHS (Très haute résistance ou very high strength) et HR ou HS (haute résistance ou high strength).

Les fibres de carbone sont très fragiles ce qui rend l'opération de malaxage du béton de ces fibres très difficile. Pour cela, elles sont ajoutées par la suite au béton par projection. Par ailleurs, le béton de ces fibres présente des caractéristiques de durabilité très intéressantes **[36].**

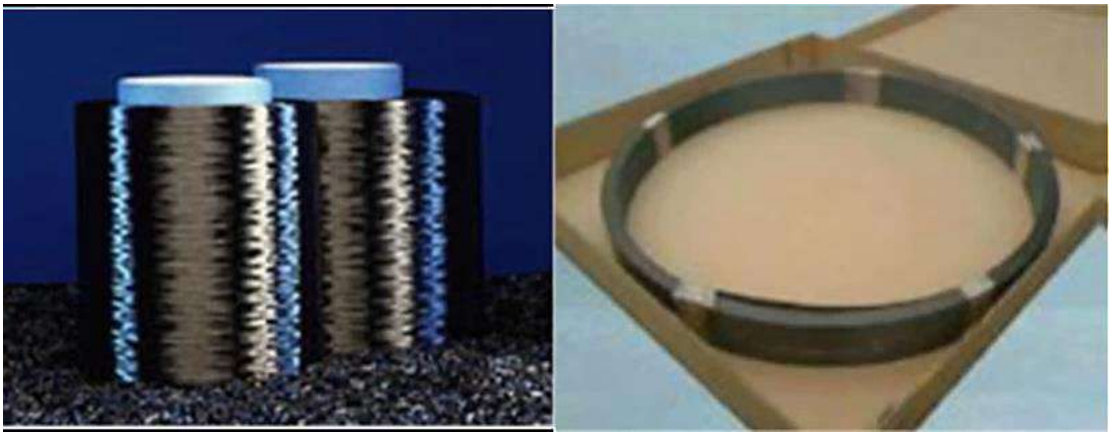


Figure III. 3 : Fibres de carbone [18].

Tableau III. 3 : Propriétés mécaniques des fibres de carbone [36]

Type de Carbone	H.R	H.M
Diamètre D (mm)	**8**	**8**
Masse Volumique (g/cm3)	**1.75**	**1.81**
Résistance à la rupture Sfu (MPA)	**3000-5000**	**2800**
Module de Young E (GPA)	**220**	**400**

III.3.3. Fibres organique :

III.3.3.1. Les fibres d'Aramide :

Aramide est un terme générique pour un groupe de fibres organiques de faible densité et résistances spécifiques (rapport résistance en traction / densité) parmi les plus élevées parmi les fibres de renfort courantes.

Les fibres d'aramide (**Figure III.4**) sont caractérisées par :

- Une haute résistance ;
- une rigidité élevée ;
- une stabilité vis-à-vis des hautes températures.



Figure III.4 : Fibres d'Aramide hachées et en files

La température d'utilisation typique pour les fibres d'aramide varie entre -200°C et +200°C. Trois types de fibres d'aramide sont commercialement disponibles portant les marques de fabricants telles que :

- Kevlar (Dupont, USA) ;
- Twaron (Akzo, Pays-Bas) ;
- Technora (Teijin, Japon).

Ces fibres sont résistantes à de nombreux produits chimiques, mais elles peuvent être dégradées par certains acides et alcalins.

III.3.3.2. Les fibres de polypropylène :

Ces fibres obtenues par extrusion du polypropylène, se présentent en faisceaux ou sous forme de filament individuel. Lorsqu'elles sont utilisées sous forme de faisceaux,

elles se séparent lors du malaxage. Elles se répartissent de façon multidirectionnelle dans le béton.

Les fibres polypropylène permettent en particulier de mieux contrôler le retrait plastique du béton frais mais n'améliorent pas son comportement post-fissuration (contrairement aux fibres métalliques).

Elles améliorent la maniabilité et la cohésion du béton (en particulier dans le cas de béton projeté). Elles sont particulièrement souples et insensibles chimiquement mais peu résistantes au feu (température de fusion comprise entre 140 à 170 °C).



Figure III.5 : Fibres de polypropylène

III.3.4. Fibres Métallique :

Ce type de fibres, qui regroupe les fibres d'acier et les fibres de fonte amorphe, ont été et reste encore l'objet de recherches très importantes dans le monde.

Dans la présente étude, nous nous sommes intéressé à la fibre métallique (acier), vue les caractéristiques (forme, élancement, caractéristiques physicochimique… etc.) qu'elles présentent. L'ajout des fibres au béton, apporte une certaine ductilité ; pour une longueur de fibres égale à 30 mm et un pourcentage en fibres de 1%, le résultat est meilleur avec les fibres en copeaux.

Cependant, en ce qui concerne l'énergie de rupture, elle est plus importante dans le cas des éprouvettes armées de fibres Dramix (pour Lf=50mm). Ceci peut s'expliquer par le fait que ces fibres présentent un système d'ancrage, elles sont

munies de crochets aux extrémités. L'adhérence fibres-matrice (béton) est ainsi meilleure.

Il existe sur le marché, une panoplie de fibres métalliques d'acier, voici quelques types de fibres **:**

- Fibres ondulées - crantées - torsadées-droites.
- Fils, rubans.
- Fibres à extrémités aplaties, à crochets, à têtes coniques, etc. **[37]**



Figure III. 6 : Différentes forme de fibres métallique [37]

III.3.4.1. Les Fibres d'acier :

Les fibres d'acier restent parmi les fibres les plus utilisées dans le renforcement des bétons ou mortiers. En effet, ces fibres présentent une bonne résistance à la traction et un module d'élasticités très élevé **[38].**

III.4. Propriétés des fibres :

III.4.1. La notion de fibres structurales :

La notion de fibres structurales n'est applicable qu'à certains types de fibres métalliques pour lesquelles les résistances résiduelles s'apparentent à l'action structurale des armatures traditionnelles. Il est important de réaliser que le terme « fibre structurale » est inapplicable à la plupart des types de fibres.

Il est à noter que les applications de dalles sur sol ne sont pas considérées comme étant structurales. Les fibres métalliques et les macros fibres synthétiques peuvent être utilisées en concentration nécessaire pour satisfaire aux spécifications du devis **[39]**.

III.4.2. Le facteur d'élancement :

Le facteur d'élancement est défini par un ratio géométrique. Le facteur d'élancement est donc le ratio qui représente le rapport de la longueur sur le diamètre équivalent de la fibre. Le tableau 4-2 indique des valeurs de ratio pour certains types de fibres.

Le lien entre la matrice du béton et la fibre augmente proportionnellement avec le facteur d'élancement. Par contre, les fibres avec un facteur d'élancement supérieur à 60 et dotées d'une géométrie particulière sont potentiellement susceptibles de former des « oursins » **[39].**

Tableau III.4 : Facteur d'élancement. [39]

Types de fibres	Elancement (L/D)
Macro synthétiques	**50-100**
Métalliques	**25-100**
Fonte amorphe	**1200-1400**
Polypropylène	**140-1700**
Carbone	**150-400**

III.4.3. La performance :

La performance des fibres est directement reliée à la valeur de résistance résiduelle qu'il est possible d'obtenir pour une formulation donnée d'un béton. La performance des fibres est évaluée selon différentes normes japonaises et américaines **[39].**

III.4.4. La valeur de résistance résiduelle :

Les fibres dans le béton apportent une meilleure résistance aux déformations en flexion des ouvrages de béton soumis à des charges. C'est lorsque apparaît la première fissure que les fibres sont sollicitées et qu'il est possible de déterminer une valeur de résistance résiduelle.

Effectivement, les fibres apportent une meilleure cohésion et résistance intrinsèque de la matrice et augmentent ainsi la résistance à la propagation et à l'augmentation de la fissuration. Les fibres permettent une reprise de charge en post-fissuration.

Il existe trois méthodes d'essais de référence qui donnent des valeurs différentes pour la détermination de la résistance résiduelle :

• ASTM C1018 : détermine le facteur de résistance résiduelle.

• ASTM C1399 : détermine la résistance résiduelle moyenne.

• JCI SF-4 : détermine la résistance résiduelle équivalente.

L'essai JCI SF-4 est le plus utilisé pour les méthodes de conception **[39].**

III.4.5. La distribution des contraintes mécaniques :

Un des principaux avantages de l'ajout des fibres est le meilleur contrôle de la post fissuration du béton. Les fibres ont la particularité d'absorber l'énergie de fissuration et de redistribuer les contraintes mécaniques dans la matrice du béton.

La répartition des fibres dans la masse du béton permet de différer la rupture fragile du béton en s'opposant à la propagation des microfissures (figure II.6), Selon les fibres utilisées et les ouvrages auxquels elles sont incorporées, ce rôle se traduit par des améliorations en post-fissuration relatives à :

- La résistance à la traction.
- La résistance aux impacts.
- La résistance à la fatigue.
- La résistance à l'abrasion.

- La réduction des fissures de retrait.

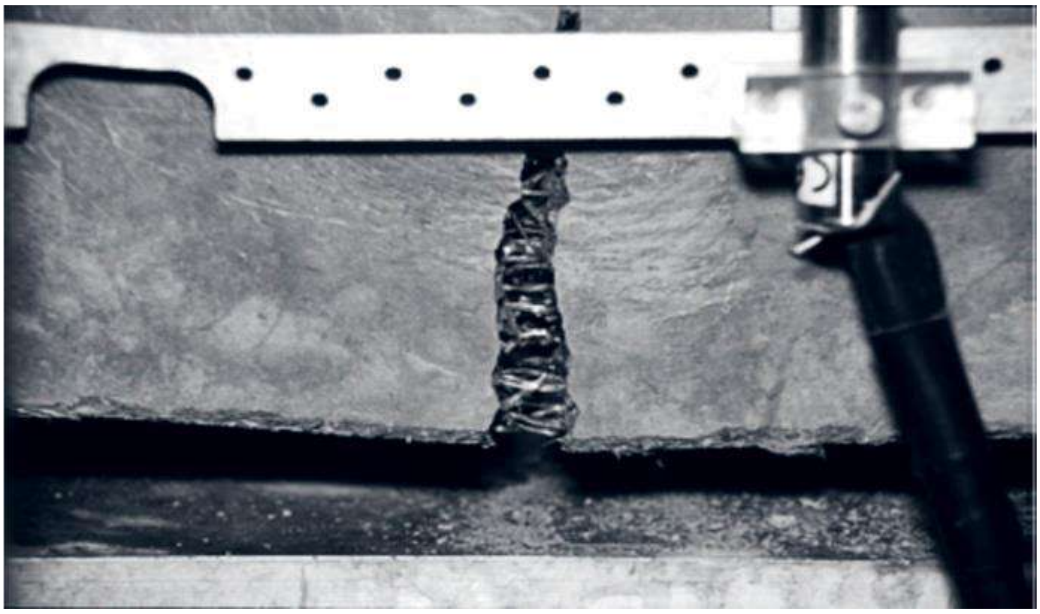


Figure III. 7 : Essais de l'ASTM C 1018 [39]

III.4.6 Les propriétés spécifiques à chaque type de fibres :

Les fibres ont un rôle qui se traduit par des résultats variables, donc des applications différentes en fonction de leur nature. Pour apprécier l'apport des fibres au béton et leur influence sur ses lois de comportement, il importe de connaître leurs caractéristiques, aussi bien géométriques que mécaniques.

Selon leur type, les fibres métalliques, synthétiques ou naturelles ont une influence différente sur les propriétés du béton durci.

Le type de liant utilisé dans le béton, la géométrie et la composition des fibres, ainsi que leur orientation, leur distribution et leur densité à travers le béton, sont des facteurs qui influencent les propriétés du béton frais et durci **[39].**

III.5. Rôle des fibres :

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

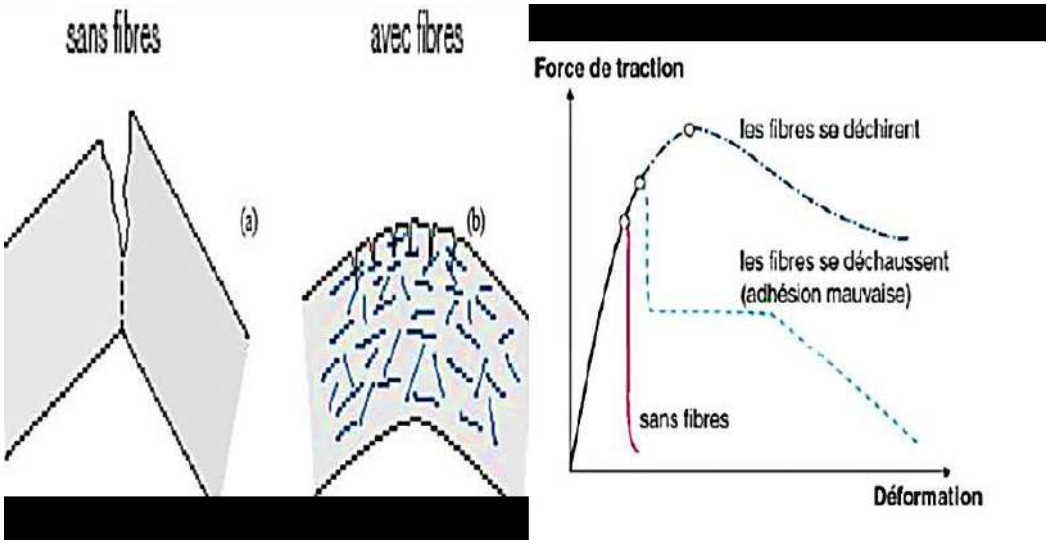


Figure III.8 : Illustration de l'apport du renfort par des fibres.

- Le contrôle de la propagation d'une fissure dans un matériau en état de service en réduisant l'ouverture des fissures.
- Transformation du comportement fragile d'un matériau en un comportement ductile qui accroît la sécurité lors des états de chargement ultimes.
- l'augmentation de la ductilité et le comportement post-fissuration.
- la réduction de la microfissuration due aux variations dimensionnelles notamment au jeune âge.
- la réduction de la fissuration d'origine mécanique (chargement extérieur).
- l'augmentation de la résistance à la traction par flexion.
- l'amélioration de la tenue au feu et de la résistance aux chocs, à la fatigue, à l'usure, et à l'abrasion **[40].**

III.6 Conclusion :

L'utilisation des fibres comme renfort dans les matériaux est largement applicable, vue l'amélioration des propriétés techniques de ses derniers notamment la résistance à la flexion, par leurs rôles de renforcement et la limitation du phénomène propagation des fissures, néanmoins plusieurs aspects restent à améliorer, et à maitriser à savoir leurs effets sur le comportement à l'état frai et leurs durabilités.

Etude Expérimentale

Chapitre IV
Matériaux & Essais

IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre est présenté les caractéristiques des matériaux utilisés pour la confection du mortier et la méthode de formulation expérimentale à base d'ajouts de déchets de briques, fibres métalliques et polypropylène qui nous permet de suivre l'évolution des différentes propriétés des mélanges et sélectionner les mélanges qui donnent des performances comparables à celles développé par le mélange témoin.

Les matériaux utilisés sont :

- Le sable corrigé
- Le ciment
- L'eau potable du Laboratoire de département de génie civil
- L'Super-plastifiant
- déchet de brique
- les fibres métalliques et polypropylène

IV.2. Caractérisation des matériaux utilisés :

Pour la confection des mortiers, des matériaux locaux de la wilaya de Médéa sont caractérisés expérimentalement au laboratoire de génie civil tout en assurant les recommandations des normes en vigueur.

IV.2.1. Ciment :

Le ciment de base utilisé dans notre recherche, est un ciment portland- CEM-I 42.5 Provient de la cimenterie de BISKRA

Le tableau **IV**.1 résume les Caractéristiques techniques de ciment portland CEM I 42.5 R , selon la fiche technique du ciment.

Tableau IV.1. Caractéristiques techniques de ciment CEM I 42.5 R

Analyses chimique	Valeur
Pert au feu	**2.6-3.7**
Teneur en sulfates (SO3)	**2.2-2.8**
Teneur en oxyde de magnésium (MgO)	**1.7-2.8**
Teneur en chlorures (cl)	**0.03-0.07**
Composition potentielle du clinker (selon bogue)	**Valeur**
C3S	**56-66**
C3S	**56-66**
C3A	**501-702**
Propriétés physiques	**Valeur**
Consistance normal	**25.8-26.4**
Expansion à chaud (mm)	**0.25-1.0**
Temps de prise (mm)	**Valeur**
Débute de prise	**150-190**
Fin de prise	**220 – 250**
Résistance à la compression	**Valeur**
2 jours (MPA)	**20 -29**
28 jours (MPa)	**42.5 - 52.5**



Figure IV. 1. le ciment utilisé

IV.2.2. Sable :

Les sables utilisés dans notre travail de recherche sont respectivement résumés dans les tableaux et les figures sous-dessous

Tableau IV. 2 : Propriétés physiques du Sable utilisés

Caractéristiques	Type de sable	
	Oued souf	Bighalia
Classe granulaire	0/3	0/5
Module de finesse	1.9	3.2
Module de finesse de sable corrigé	2.50	
La masse volumique absolue de sable corrigé (g/cm3)	2.72	
Masse volumique apparente de sable corrigé (g/cm3)	1.66	
Equivalent de sable corrigé (%)	Es = 88 %	Esp=85%
La porosité de sable corrigé	39%	
La compacité de sable corrigé	61%	

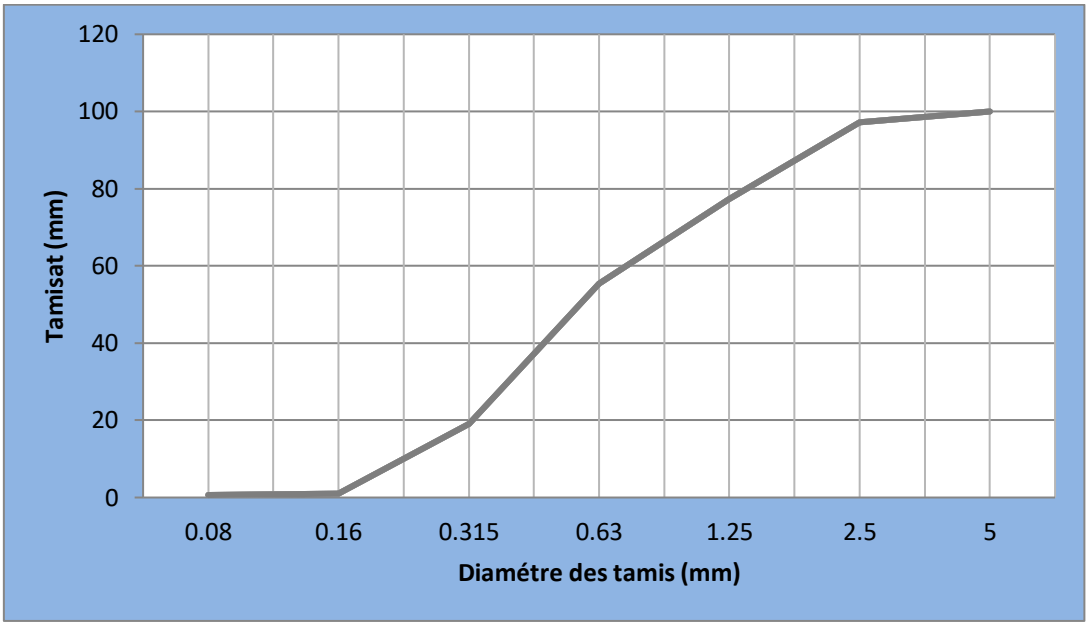


Figure IV. 2 Courbe granulométrique de sable corrigé

IV.2.3-Eau de gâchage :

L'eau de gâchage utilisée est l'eau du robinet du laboratoire (hall technologique de l'université de Médéa) sans passer par l'analyse chimique de cette eau.

IV.2.4. Super plastifiant :

Pour assurer une ouvrabilité satisfaisante, on a employé un Supe plastifiant – Haut réducteur d'eau à base de poly carboxylate d'éther formule a base de polymère de synthèse combinée commercialisé par la société Graniteux, sous le nom « MEDAFLOW 30 » (**Figure IV.**3). Voir la fiche technique en annexe pour avoir plus de détail sur cet adjuvant.



Figure IV.3 Super plastifiant utilisé

Tableau IV.3: Caractéristiques du super plastifiant MEDAPLAST SP 30

Forme	Couleur	Extrait sec	Densité	PH	Teneur en chlorure
liquide	Brun clair	30%	1.07 ± 0.01	6 – 6.5	< 0.1 g/l

IV.2.5. Déchets de briques :

Les déchets de briques utilisée dans ce travail de recherche proviennent de la briqueterie de Draa-Smar de la wilaya de Médéa sous forme de cailloux de briques qui ont été broyés.

IV.2.5.1. Recyclage et caractérisation des déchets de briques :

Notre travail consiste une méthode pour le recyclage des déchets de brique qui est résumé comme suit :

1) Concassage :

Les déchets une fois réceptionnés, ils ont fait l'objet d'un concassage par un concasseur à mâchoires de laboratoire (figure IV.4) qui nous a permet d'obtenir un matériau dont les grains sont de dimensions 0-5 mm La figure IV.4 montre les étapes précédentes.



Figure IV. 4 : Protocole de concassage des déchets de brique

2) Essais sur le déchet recyclé brique :

Les essais effectués sur nos déchets sont résumé en annexe et les résultats dans le **Tableau IV.4** :

Tableau IV. 4 : Propriétés physiques de déchet de Briques

Caractéristiques	Déchet de Briques
Masse Volumique Absolue (g/ cm3)	2.40
Module de finesse de briques	2.74
Absorption d'eau (%)	14
Porosité (%)	47
Compacité(%)	53

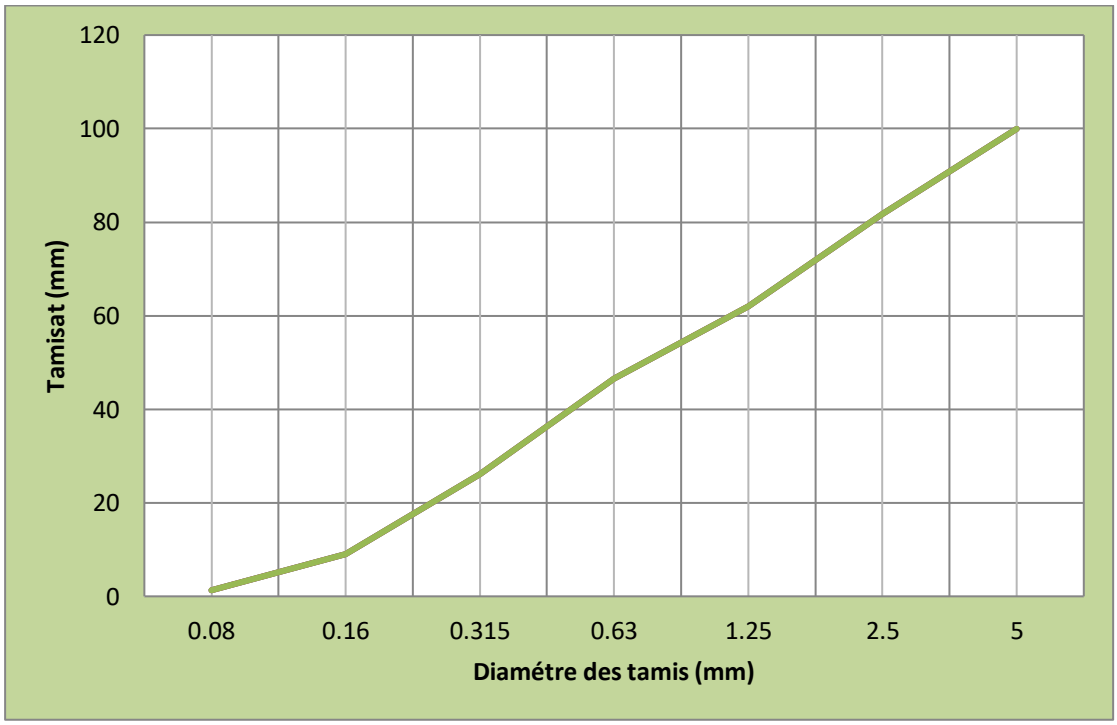


Figure IV. 5 : Courbe granulométrique de brique

IV.3. Les fibres :

Dans notre travail deux types de fibres sont utilisé à savoir les fibres métalliques et les fibres polypropylène :

IV.3.1. Fibres métalliques :

Les fibres métalliques se sont des produits en acier tréfilé. Sa géométrie et ses caractéristiques techniques lui permettent d'offrir au mortier une ténacité importante.

IV.3.2.Fibres de polypropylènes :

Fibre synthétique de polypropylène modifié pour une utilisation dans le béton et les mortiers renforcés de fibre.

Les fibres de polypropylène réduisent la formation de fissures de retrait plastique sur le béton et augmentent l'impact et la résistance aux chocs. Les fibres synthétiques augmentent également la résistance à l'abrasion dans les planchers en béton et réduisent le saignement .De plus, ils améliorent l'élasticité et la cohésion des mortiers et des chapes lors de la mise en place. Certifié avec le marquage CE, selon la selon la norme EN 14889-2. Elles améliorent la maniabilité et la cohésion du béton. Elles sont particulièrement souples et insensibles chimiquement mais peu résistantes au feu.

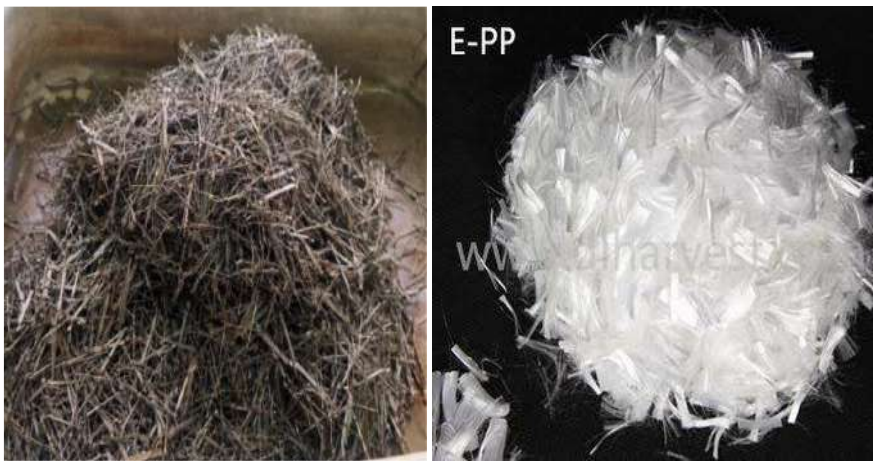


Figure IV.6: Fibres métalliques et polypropylène

Tableau IV .5. Les caractéristiques des fibres utilisées

Caractéristique et propriétés	Fibre métallique	Fibre polypropylène
Densité	7.8	0.91
Longueur mm	30	12
Diamètre	0.62 mm	34µm

IV .4.La formulation du mortier :

IV.4.1. Mortier normal (Témoin) :

Pour préparer un mortier normal, la norme **NF P15-403** exige les quantités massiques suivantes :

- Sable 0/3 : 1350 ± 5g ;
- Ciment : 450 ± 2g ;
- Eau de gâchage : 225 g (le rapport E/C est égale 0,5).

IV.4.2. Mortier renforcé :

Pour l'ensemble des mortiers à base de déchets recyclés, les rapports E/C sont fixés à 0,5.

Le mortier à base de déchet est fabriqué, en faisant substituer une partie du poids de sable par une quantité similaire en déchet de brique comparé au mortier témoin. Les taux de remplacement des poudres recyclées, sont choisis de 10% à 60 % et l'ajout des fibres métalliques et polypropylène sont indiqués dans (tableau IV.6**)**

Tableau IV.6.: Composition des différents mortiers réalisés :

Type de Mortier	Substitution (%)	Ciment (g)	Sable (g)	Eau (g)	E/C	Super-Plastifiant		Déchets de Brique g	Fibre Métallique		Fibre Polypropylène	
						g	%		g	%	g	%
MT	**0**	**450**	**1 350**	**225**	**0.5**	**0.45**	**0.1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Db+FM+FP	**10**	**450**	**1215**	**225**	**0.5**	**2.25**	**0.5**	**120**	**0.9**	**0.2**	**0.45**	**0.1**
Db+FM+FP	**20**	**450**	**1080**	**225**	**0.5**	**3.15**	**0.7**	**240**	**1.35**	**0.3**	**0.9**	**0.2**
Db+FM+FP	**30**	**450**	**945**	**225**	**0.5**	**4.05**	**0.9**	**360**	**1.8**	**0.4**	**1.35**	**0.3**
Db+FM+FP	**40**	**450**	**480**	**225**	**0.5**	**5.85**	**1.3**	**480**	**2.25**	**0.5**	**1.8**	**0.4**
Db+FM+FP	**50**	**450**	**675**	**225**	**0.5**	**6.75**	**1.5**	**600**	**2.7**	**0.6**	**2.25**	**0.5**
Db+FM+FP	**60**	**450**	**540**	**225**	**0.5**	**7.65**	**1.7**	**720**	**3.15**	**0.7**	**2.7**	**0.6**

IV.5. TECHNIQUES EXPENTALES :

Nous allons exposer la méthodologie des expériences menées sur les différents échantillons confectionnés. Ces techniques expérimentales seront menées conformément aux normes en vigueur.

IV.5.1. Séquence de malaxage du mortier :

Pour la confection des mortiers, nous avons utilisé un malaxeur de 5 litres de capacité (Figure **IV**. 6). Le mortier normalisé est malaxé pendant 4 minutes conformément aux prescriptions de la norme en vigueur NF EN 196-1.

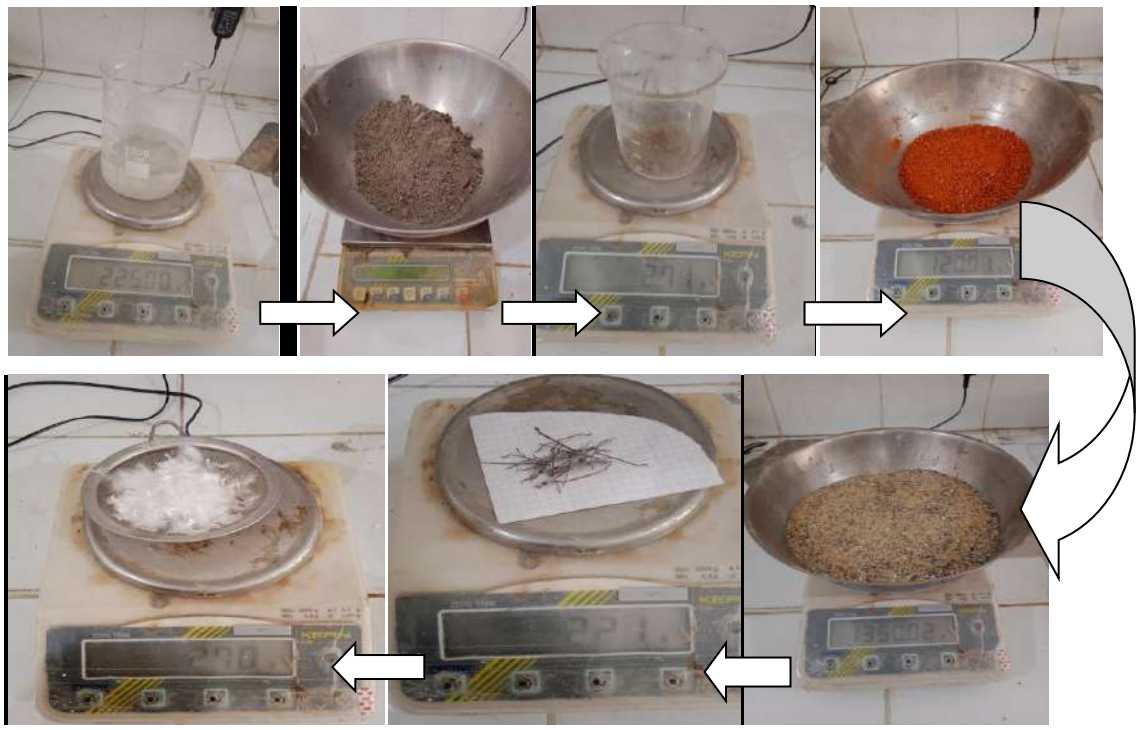


Figure IV. 7. Séquence de malaxage du mortier ordinaire

IV.5.1.1. Mortier à base de déchet de brique :

Le malaxage est effectué au moyen d'un malaxeur (figure **IV. 8**) spécifié par la norme **[NF P15-403].** Le malaxeur étant en position de fonctionnement :

- Mettre 225 ml d'eau ;
- Mettre 450 g de ciment ;
- Malaxer pendant 30 s à vitesse lente, introduire l'adjuvant, les déchets de brique et le sable d'une manière aléatoire, puis malaxer pendant 2 mn à vitesse rapide ;
- Arrêter le malaxeur, démonter le batteur, puis racler les parois et le fond du récipient de façon qu'aucune partie de mortier n'échappe au malaxage ;
- Après remontage du batteur reprendre le malaxage pendant ajuter ensuite les fibres polypropylène et métallique 2 mn à vitesse rapide ;

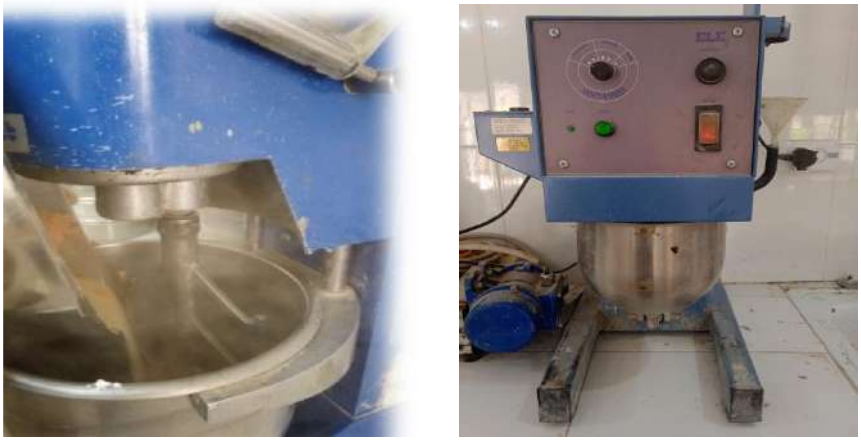


Figure IV. 8: Malaxeur

IV.5.2. Préparation et Conservation des Eprouvettes :

La préparation des éprouvettes (40X40X160 mm3) du mortier normal effectuée selon la norme EN 196-1**[43].**

Les éprouvettes sont de forme prismatique de section carré (40X40X160 mm3). Elles doivent être moulées le plus vite possible après la confection du mortier.

Le moule métallique à trois alvéoles et sa hausse étant fermement fixés à la table à choc, on introduit la première des deux couches de mortier.

La couche est étalée uniformément en utilisant la grande spatule puis serrée par 60 chocs. La deuxième couche est alors introduite, nivelée avec la petite spatule et serrée à nouveau par 60chocs.

Le moule est enlevé de la table à choc, et après avoir retiré la hausse, on enlève l'excédent de mortier par arasage. La surface des éprouvettes est ensuite lissée.



Figure IV. 9 : Moulage et conservation des d'éprouvettes prismatiques.

IV. 5.3. Démoulage et conservation des éprouvettes :

Après 24 heures on fait un démoulage, puis une conservation des éprouvettes dans la chambre de conditionnement, afin de favoriser la réaction d'hydratation du ciment (figure IV.7) avec les paramètres suivants : une température de 20 ±1 °C pendant 7,14 et 28 jours, en fonction de l'âge prévu pour les essais mécanique (flexion et compression).



Figure IV.10 : Les éprouvettes après le décoffrage

IV.6-Les essais sur les mortiers :

IV.6.1-Etat frais :

IV.6.1.1. Maniabilité (NF P18-452et NF P18-437) :

IV.6 .1.1. 2 Essai LCPC :

La maniabilité du mortier frais est déterminée à l'aide d'appareil de maniabilimètre LCPC, il consiste en un boitier parallélépipédique métallique à des dimensions connus, posé sur des supports en caoutchouc, équipé d'un vibrateur et muni d'une cloison amovible. Le mortier est supports en caoutchouc, équipé d'un vibrateur et muni d'une cloison amovible. Le mortier est introduit dans la partie la

plus grande délimitée par la cloison et mis en place 4 couches, chaque couche étant soumise à 6 coups au moyen de la tige de piquage 4 minute après la fin du malaxage

La cloison est retirée, provoquant la mise en route du vibrateur et le déclenchement d'un chronomètre, sous l'effet de la vibration le mortier s'écoule, le chronomètre est arrête quand le mortier atteint un trait repère sur la paroi opposée du boitier, le temps « t » mis par le mortier pour s'écouler caractérise sa consistance.

A. Matériel nécessaire :

Le matériel utilisé pour l'exécution de cet essai est le suivant :

- Maniabilimètre ;
- Chronomètre ;
- Tige ;

B. Mode opératoire :

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



Figure IV.11: Protocole de l'essai LCPC

IV.6.2. Etat durci :

IV.6.2.1. Résistance à la traction par flexion :

À l´âge requis, les éprouvettes sont brisées par flexion en deux moitiés selon la norme [EN196-1] [**44**].

C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre en flexion (par trois points) (Figure II.11), une éprouvette prismatique de côté a et de longueur L.



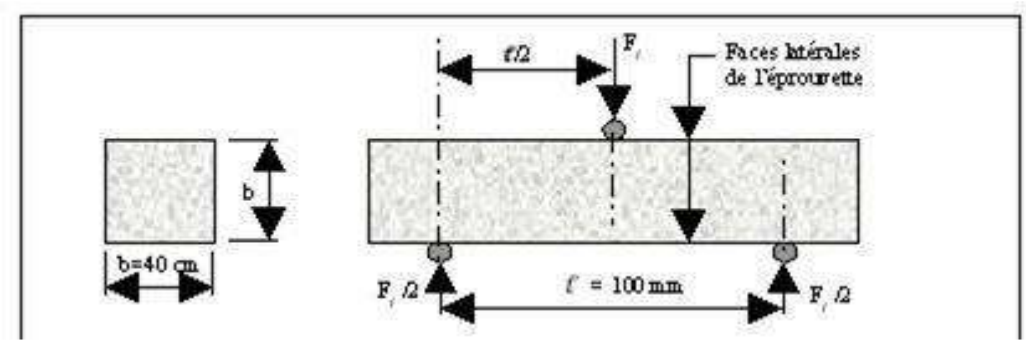


Figure IV. 12. Essai de traction par flexion sur mortier

La contrainte de flexion sur la fibre inférieure est donnée par la formule suivante :

$$\sigma t = \frac{M}{I} v$$

Avec :

M : Moment de flexion entre les deux points d'application de la charge : $M = \frac{FL}{4}$

I : Moment d'inertie de la section transversale : $I = \frac{a^4}{12}$

v : La distance de la fibre inférieure la plus éloignée : $v = \frac{a}{2}$

La résistance à la traction par flexion est calculée donc par la formule suivante :

$$\sigma t = \frac{1.5\ F\ L}{a^3}$$

IV.6.2.2 Résistance à la compression :

La résistance à la compression a été mesurée selon la norme [EN 196-1] **[44]** par compression axiale pour demi-prisme d'éprouvettes prismatiques après rompre en flexion à l'âge de 7, 14 et 28 jours, à l'aide d'une presse de capacité de 2000 KN (Figure **IV**.13). La résistance à la compression correspond à la contrainte moyenne d'écrasement de trois (03) demi-prismes des trois éprouvettes.

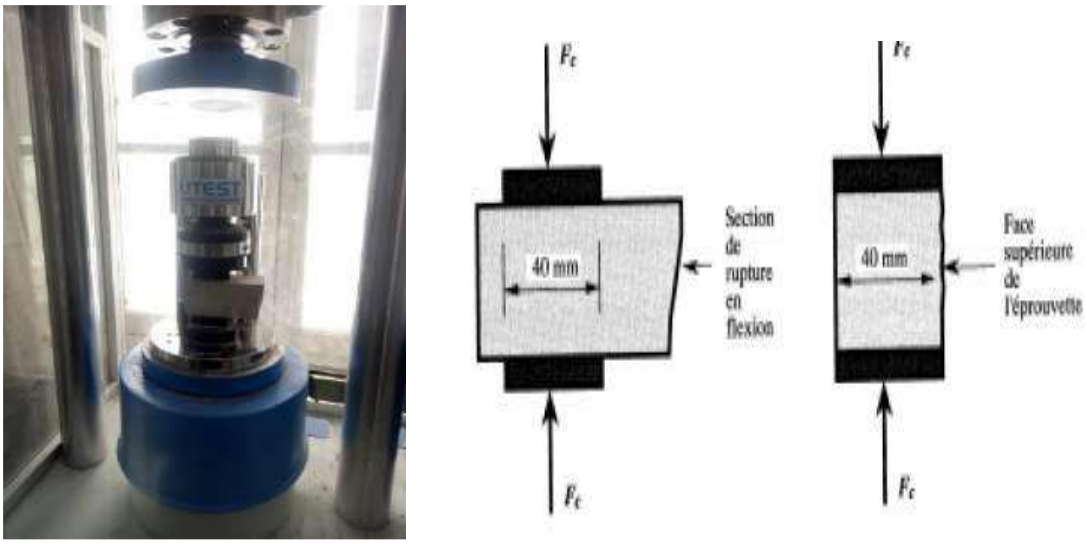


Figure IV.13: Essai de compression sur mortier.

Si Fc est la charge de rupture, la contrainte de rupture vaudra :

Cette contrainte est appelée résistance à la compression et, si Fc est exprimée en newtons, cette résistance exprimée en méga pascals vaut :

***fc*28** (MPa)

IV.7. Retrait et Gonflement :

En l'absence de toute charge, le mortier normal se déforme instantanément. Ces déformations sont dues essentiellement à une perte d'eau de gâchage par évaporation, qui se traduit par un rétrécissement des éléments en mortier.

Le retrait dépend non seulement des conditions de conservation (humidité, température) mais dépend aussi des constituants du mortier **[45]**.

Les mesures du retrait ont été effectuées sur des éprouvettes prismatiques (4x4x16cm) Conformément à la norme [NFP18-404] **[45]**.

Ces éprouvettes au nombre de trois par composition, sont après démoulage à 24h, placées dans un réfractomètre (**Figure IV.11**) munis d'un comparateur qui permet la mesurer du retrait à tout moment à court, moyenne et long terme (du 1, 2, 3, 7, 14, 28 jours)



Figure IV.14 : Réfractomètre et son étalonnage (variation dimensionnelle)

A. Mesure des variations de longueur :

La mesure a lieu, l'axe longitudinal de l'éprouvette étant vertical. Si, d'une mesure à l'autre, la variation de longueur d'une des 3 éprouvettes dépasse de plus de 0.03 mm celle de l'éprouvette ayant la variation la plus voisine, il y a lieu d'en rechercher la cause (poussière, mauvais contact de scellement des plots, etc.), et si elle ne peut être éliminée, l'éprouvette doit être rebutée.

Avant chaque sérié de mesures, l'appareil est étalonné avec une tige de métal de 160 mm de longueur et dont les extrémités reproduisent la forme des plots de l'éprouvette (la tige est réalisée en métal Invar ou protégée contre les variations de température qu'elle est appelée à subir au cours des manipulations).même métal que l'appareil.

B. Expression des résultats :

Pour chaque éprouvette ; sont calculés les rapports:

- **ΔL:** Variation de longueur par apport à la longueur origine,
- **L0** : Longueur de base, prise égale à 160 mm.
- **ΔM:** Variation de masse par apport à la masse au moment du démoulage,
- **M** : Masse de l'éprouvette au moment du démoulage.

Le compte rendu donne les valeurs de ces rapports pour les différents âges et pour les différentes éprouvettes mesurées. Les moyennes arithmétiques de ces 3 valeurs à un âge déterminé caractérisent la valeur du retrait et celle du gonflement à cet âge de l'échantillon (éventuellement, de la variation de masse).

C. Conduite de l'essai :

Au moment de la mesure, le comparateur est mis au zéro sur la tige étalon en Invar de longueur L = 280 mm. Soit dl(t) la valeur lue sur le comparateur au temps t; l'éprouvette a une longueur au temps considéré:

$$l = L + dl(t)$$

Soit l (t0) la longueur de l'éprouvette au temps t0 choisi d'origine. En général, cette origine est prise au moment du démoulage, 24 h après la confection des éprouvettes. La variation de longueur au temps t sera:

$$\Delta l(t)=l(t)-l(t\ \ 0)=dl(t)-dl(t)$$

La variation relative de longueur est généralement désignée par **ε** et a pour expression:

$$\boldsymbol{\varepsilon = \frac{\Delta l(t)}{l} = \frac{dl(t)-dl(t0)}{l}}$$

Δ L (t) est obtenu en faisant la moyenne sur les 3 éprouvettes issues du même moule. Lorsque les éprouvettes sont conservées dans l'air ΔL (t) est généralement négatif et l'on parle alors de retrait de l'éprouvette. Lorsque l'éprouvette est conservée dans l'eau, Δl(t) peut être positif: il y a alors gonflement).



Figure IV .15: Protocole de l'essai du retrait

IV.8. Porosité accessible à l'eau ;

a. Imbibition du corps d'épreuve :

Placer le corps d'épreuve dans un récipient étanche. Une fois le récipient fermé, faire le vide jusqu'à ce que l'on atteigne une pression constante de 25 mbars ; maintenir ce vide pendant au moins 4h. Pour s'assurer que le dégazage des corps d'épreuve est terminé, déconnecter le récipient de la pompe à vide et vérifier à l'aide d'un manomètre que la pression ne remonte pas dans le corps d'épreuve.

Reconnecter le récipient à la lampe à vide et introduire progressivement l'eau d'immersion de façon qu'après 15 minutes, le corps d'épreuve soit recouvert d'environ 20 mm d'eau. Maintenir cette pression réduite pendant 20h ± 1h à 20C°, puis déconnecter la pompe et ouvrir le récipient.

b. Détermination de la masse du corps d'épreuve immergé :

Suspendre le corps d'épreuve à l'aide d'un fil à partir du système de suspension de la balance hydrostatique et le peser complètement immerger dans une certaine quantité balance hydrostatique et le peser complètement immerger dans une certaine quantité d'eau d'immersion contenue dans un bêcher. Mettre le point s'il est utilisé. On obtient ainsi la masse M eau du corps d'épreuve immergé. La pesée doit être effectuée à 0,01 g prés. Déterminer la température de l'eau d'immersion.

c. Détermination de la masse du corps d'épreuve imbibé pesé dans l'air :

Extraire le corps d'épreuve de l'eau et l'essuyer rapidement et rapidement et Soigneusement, à l'aide d'une éponge ou d'une ligne humide, afin de débarrasser des gouttelettes et du film superficiel d'eau, sans toutefois retirer l'eau des pores.

Peser immédiatement le corps d'épreuve dans l'air à 0,01 g prés. S'assurer que l'évaporation de l'eau d'imbibition ne provoque pas de perte de masse appréciable pendant les opérations de l'eau de pesées. On obtient, de cette manière, la masse Mair du corps d'épreuve imbibé.

d. Détermination de la masse du corps d'épreuve sec :

Sécher le corps d'épreuve à 105 ± 5C° jusqu'à masse constante, c'est-à-dire jusqu'à ce que deux pesées successives, avant et après un séjour de 24 h à l'étuve, ne différent pas de plus de 0,05 %.

Avant chaque pesée, placer l'éprouvette dans un dessiccateur jusqu'à ce qu'elle atteigne la température ambiante. Les pesées doivent être effectuées à 0,05 g prés.

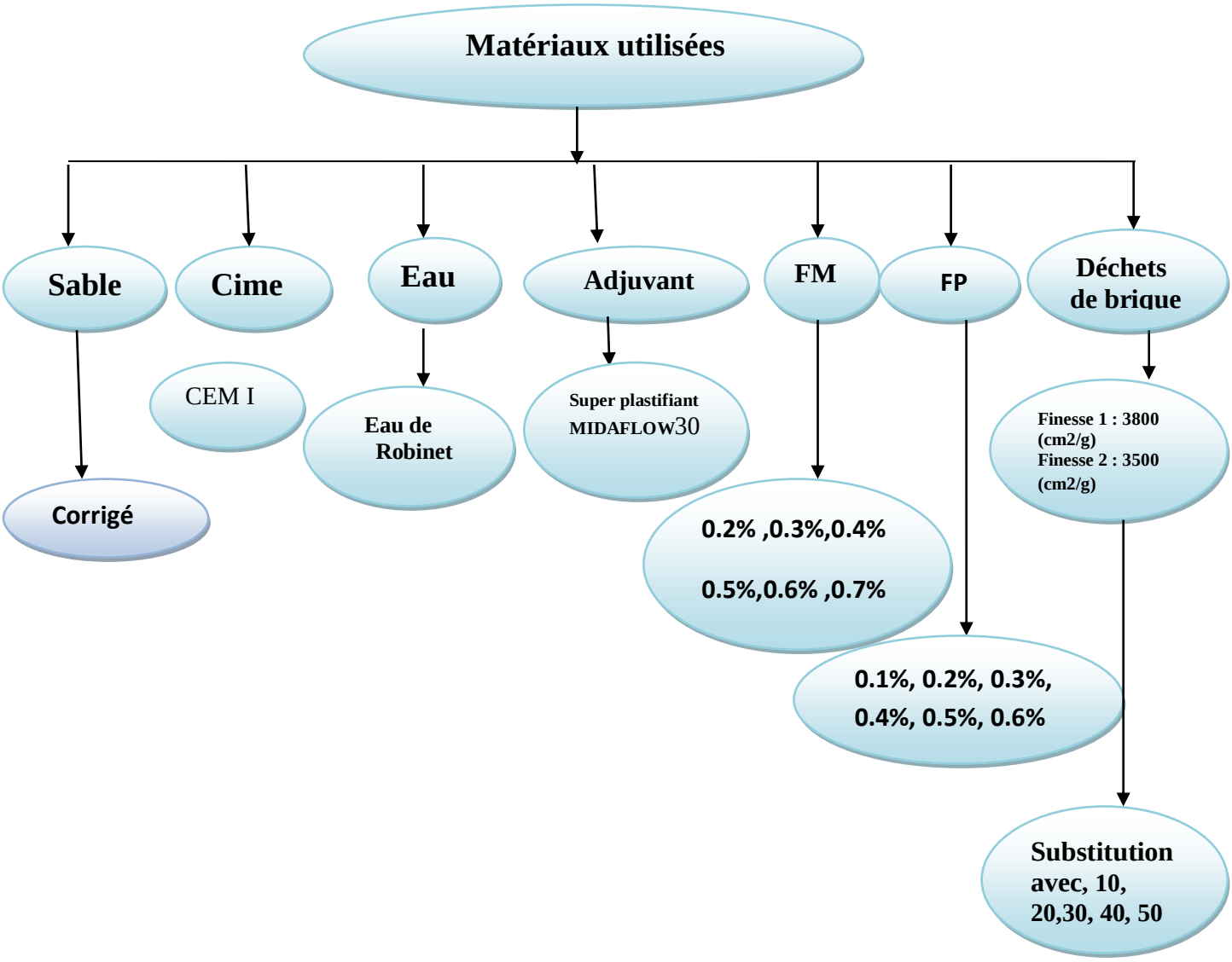
La masse ainsi déterminée est la masse de l'éprouvette sèche (Msec)

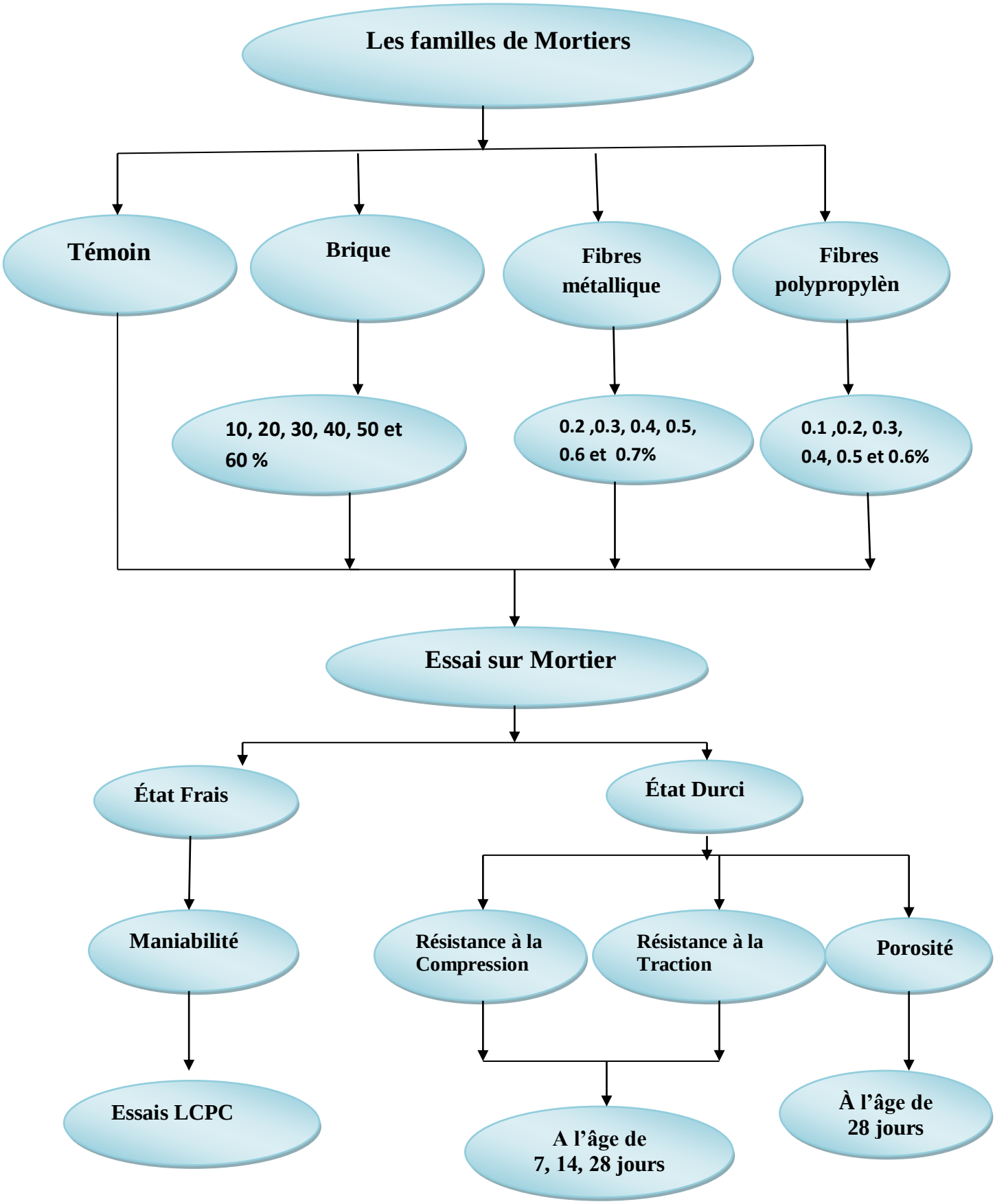
La porosité accessible à l'eau, ε, exprimée en pourcentage en volume, est donnée par L'équation **[46]**

$$\varepsilon\% = \frac{\mathbf{Mair+Msec}}{\mathbf{Mair-Meau}}\mathbf{x100} \qquad \text{Eq.1.1}$$



Figure IV. 16. Essai de porosité sur mortier




Les familles de Mortiers
Témoin
Brique
Fibres métallique
Fibres polypropylèn
10, 20, 30, 40, 50 et 60 %
0.2 ,0.3, 0.4, 0.5, 0.6 et 0.7%
0.1 ,0.2, 0.3, 0.4, 0.5 et 0.6%
Essai sur Mortier
État Frais
État Durci
Maniabilité
Résistance à la Compression
Résistance à la Traction
Porosité
Essais LCPC
A l'âge de 7, 14, 28 jours
À l'âge de 28 jours

III.9. Conclusion :

Les essais menés au cours de cette étude ont été effectués sur des mortiers à base de déchet de briques. Pour déterminer leurs caractéristiques rhéologiques (essais LCPC de maniabilité).

Ensuite, des essais relatifs au domaine mécanique ont été réalisés et qui ont pour objet de déterminer les propriétés mécaniques (compression, traction, absorption d'eau, retrait) afin de reconnaitre l'effet des fibres métalliques et de propylène sur les mortiers à base de déchet de briques que ce soit à l'état frais ou durci.

La connaissance de ces caractéristiques nous aide d'une façon significative à commenter les résultats des essais expérimentaux.

CHAPITRE V

Analyses &Interprétations

V.1. Introduction :

L'objectif de l'étude expérimental est d'étudier l'effet de déchet de briques avec l'ajout des fibres métalliques et polypropylène sur le mortier pour voir les caractéristiques rhéologiques et mécaniques de ce nouveau composite de mortier.

A cet effet, nous visons à tester les différents mortiers réalisés par l'essai LCPC à l'état frais. Ainsi la caractérisation des différents mortiers à l'état durci à travers l'essai de traction, l'essai de compression, la porosité, retrait et gonflement en fonction du pourcentage de substitution de déchets avec et sans dans fibres.

Les résultats expérimentaux obtenus dans cette étude sont présentés et discuter.

V.2. Essais sur un mortier frais :

- L'écoulement à travers LCPC :

Les valeurs du temps d'écoulement des différents mortiers à base de déchets de brique avec et sans les fibres métallique et polypropylène au mortier; la maniabilité est élaborée par l'essai de maniabilimètre LCPC est présenté au tableau V. 1.

Tableau V. 1 : Résultats d'essais à l'état frais de mortier

Substitution du sable par de déchets de brique (%)	**Temps d'écoulement (s)**	
	Sans fibres	Avec les fibres
0%	7	/
10%	8	9
20%	10	10
30%	11	12
40%	11	13
50%	12	14
60%	13	15

Le tableau V. 1 présente la variation de la maniabilité des mortiers composés, on constate que plus on augmente le pourcentage de déchet de brique, la maniabilité diminue, Lors de l'ajout de fibre métallique et polypropylène on constate également une augmentation de temps d'écoulement, le but de cet essai est de garder la

maniabilité constante comprise entre un intervalle de [7 ; 11] secondes. Un optimum pour un mortier avec et sans fibres de teneur de 20% de substitution est constaté en temps d'écoulement de 10 s.

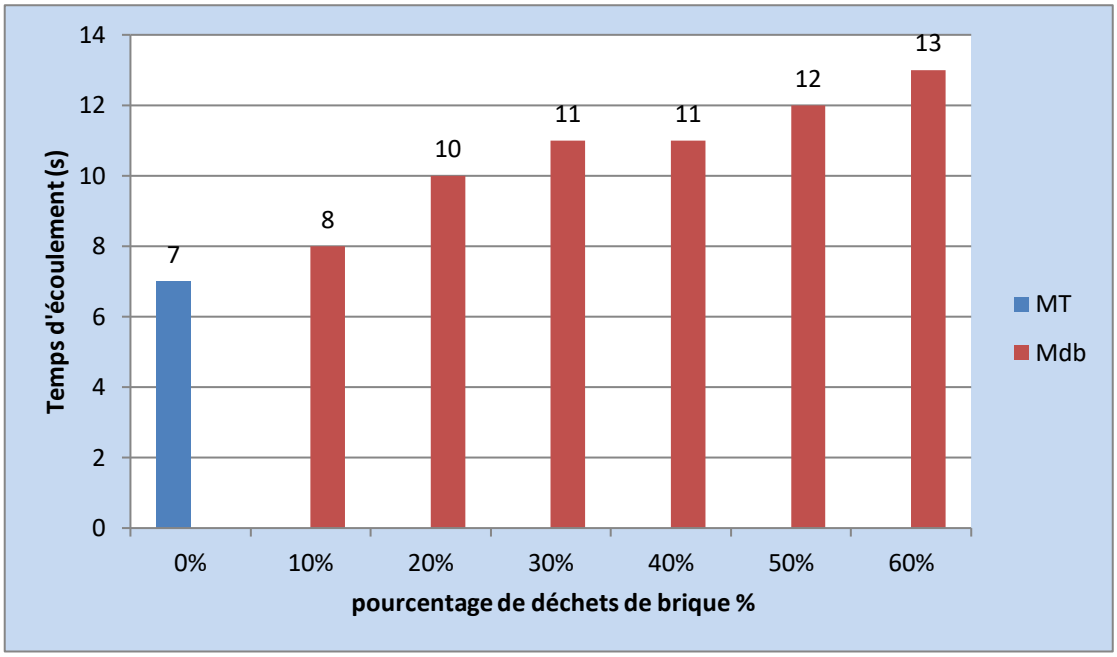


Figure V. 1 : Temps d'écoulement en fonction de la substitution du sable par déchet de briques sans Fibres

D'après figure V. 1, on remarque que le temps d'écoulement augmente dans le pourcentage de déchets de brique avec l'introduction progressive des déchets de brique la maniabilité diminue, Ce résultat semble logique et attendu car la brique absorbe plus d'eau.

Cette diminution de la maniabilité est due à la demande en eau plus grande du métakaolin. Plusieurs auteurs ont travaillé sur la demande en eau des métakaolins dans des pâtes, mortiers et bétons en concluant toujours que la demande en eau augmentait avec la quantité de métakaolin introduite. [47, 48].

V.2.1 Effet des fibres métallique et polypropylène sur le temps d'écoulement à travers LCPC :

D'après la figure V. 2, on remarque que la Substitution du sable par de déchets de brique en ajoutant les fibres métallique et polypropylène avec des pourcentages de substitution de sable par des déchets de briques : 10% (0.2% FM + 0.1% FP) ; 20% (0.3% FM + 0.2%FP) ; 30% (0.4% FM + 0.3% FP) ; 40% (0.5% FM + 0.4% FP) ; 50% (0.6% FM + 0.5 % FP) ; 60% (0.7% FM + 0.6% FP) à montré que plus le pourcentage des fibres augmente, plus le temps d'écoulement augmente et la maniabilité diminue.

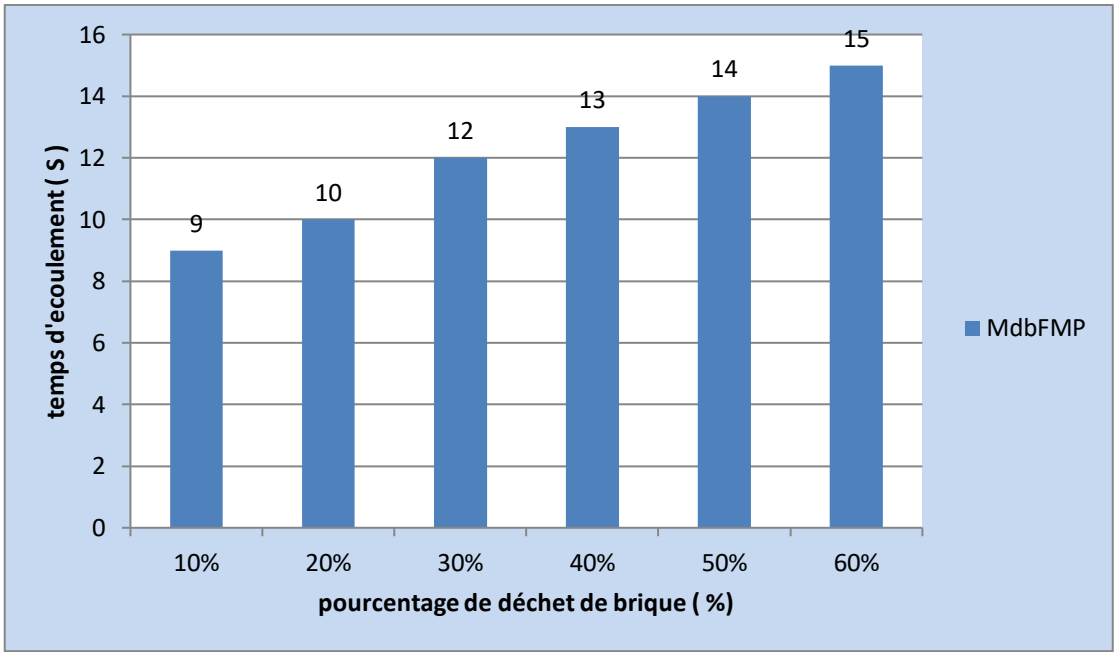


Figure V. 2.Temps d'écoulement en fonction de la substitution du sable par Déchet de brique avec la fibre.

V.3.Essai sur mortier durci :

V.3.1. Résistance mécanique :

Les essais pour la détermination des résistances mécaniques sont effectués à l'âge de 7 jours ,14 jours et 28 jours.

Le tableau **V.2** donne les résultats des essais de résistance à la compression et à la traction pour les dix-sept mélanges étudiés aux différents âges 7, 14 et 28 jours

.

Tableau V.2 : Caractéristiques à l'état durcis

		Résistanceà compression (MPa)			**Résistance à la Traction (MPa)**		
Age		7 J	14 J	28 J	7 J	14 J	28 J
Mortier Témoin		32.42	47.45	55.44	3.59	4.04	5.09
MBFMP	10 %	41.23	49.71	57.22	3.65	4.42	5.15
MBFMP	20 %	41.33	49.88	57.88	3.77	4.53	5.33
MBFMP	30 %	41.56	50.03	58.08	3.9	4.60	5.59
MBFMP	40 %	42.39	51.62	59.11	4.46	4.85	5.88
MBFMP	50 %	45.20	52.56	60.01	4.65	5.03	6.06
MBFMP	60 %	45.36	55.67	60.35	4.92	5.23	6.41

V.3.2. Résistance à la compression :

V.3.2.1. Effet des fibres Métalliques et polypropylène sur la résistance à la compression des mortiers à base de déchets de briques :

Les résultats d'écrasement obtenus à 7,14 et 28 jours des mortiers à base de déchet de brique avec les fibres métallique et polypropylène sont donnés à la figure V.3.

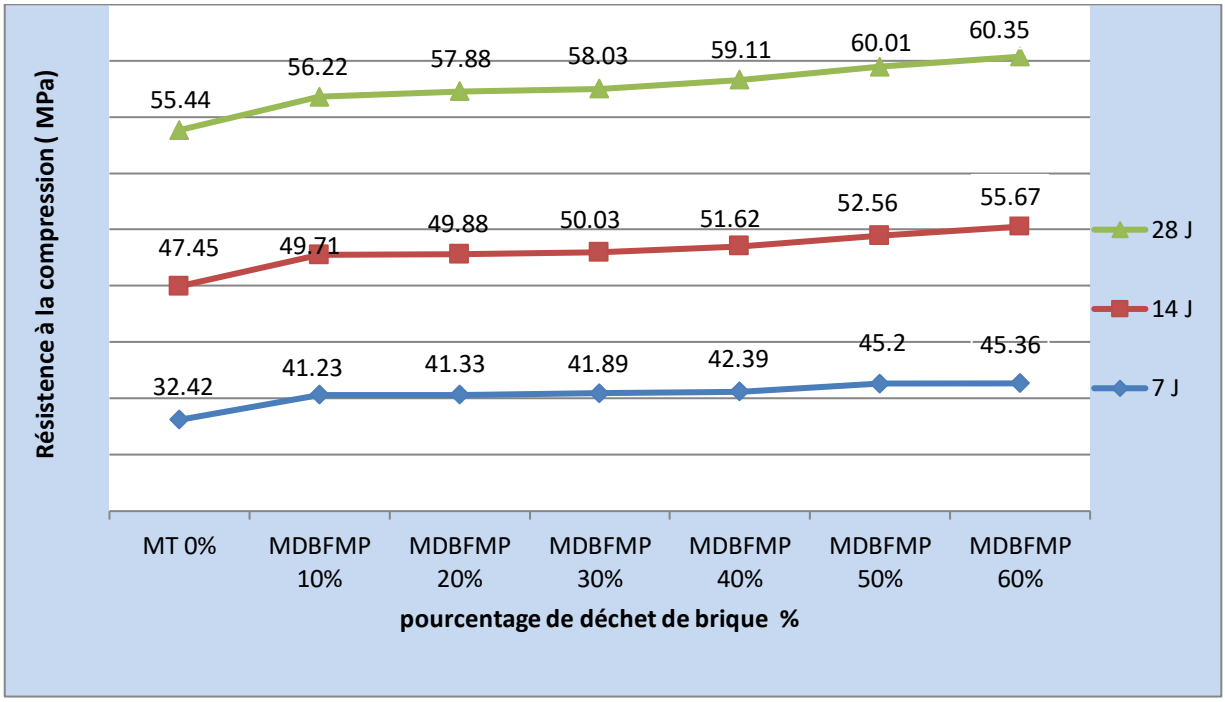


Figure V.3 : Résistance à la compression des mortiers renforcés

La figure V.3 montre l'effet des fibres Métalliques et polypropylène sur la résistance à la compression des mortiers à base de déchets de briques. A travers la courbe, on remarque que la résistance à la compression augmente respectivement à 7 jours avec l'augmentation des fibres. on enregistre une amélioration de **27.17%** ; **27.48%** ; **28.19%** ; **30.75%** ; **39.42%** et **39.91%** pour les : **MDBFMP 10%** ; **MDBFMP 20%** ; **MDBFMP 30%** ; **MDBFPM 40%** ; **MDBFMP 50%** et **MDBFMP 60%** , une évolution de **4.76%** ; **5.12%** ; **5.43%** ; **8.78%** ; **10.76%** et **17.32%** pour les : **MDBFMP 10%** ; **MDBFMP 20%** ; **MDBFMP 30%** ; **MDBFPM 40%** ; **MDBFMP 50%** et **MDBFMP 60%** est donnée respectivement à

14 jours et aussi une évolution de **1.40%** ; **4.40%** ; **4.67%** ; **6.61%** ; **8.24%** ; **8.85%** pour les : **MDBFMP 10%** ; **MDBFMP 20%** ; **MDBFMP 30%** ; **MDBFPM 40%** ; **MDBFMP 50%** et **MDBFMP 60%** est donnée respectivement à 28 jours , cette légère augmentation est due à l'augmentation de la teneur en fibre .

V.3.3. Résistance à la traction :

V.3.3.1. Effet des fibres Métalliques et polypropylène sur La résistance à la traction des mortiers renforcés :

Les résultats obtenus à 7, 14, et 28 jours des mortiers à base de déchet de brique avec les fibres métalliques et polypropylène sont donné dans la figure V. 4.

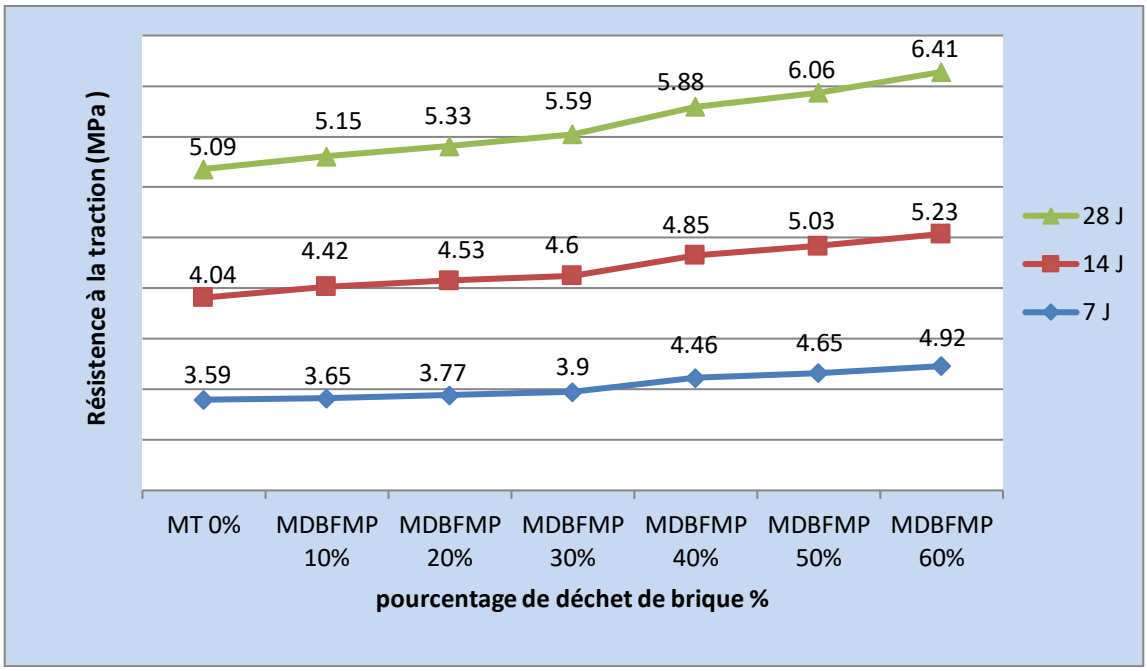


Figure V.4 : Résistance à la traction des mortiers renforcés

On remarque que la résistance à la traction du mortier à base de déchet de brique en ajoutant le fibres métallique et polypropylène avec des pourcentages de 10% (0.2% FM + 0.1% FP) ; 20% (0.3% FM + 0.2%FP) ; 30% (0.4% FM + 0.3% FP) ; 40% (0.5% FM + 0.4% FP) ; 50% (0.6% FM + 0.5 % FP) ; 60% (0.7% FM + 0.6% FP). La résistance à la traction des fibres métallique et polypropylène augmente avec l'augmentation des teneurs en fibres.

On enregistre une amélioration de résistance de **1.67%** ; **5.01%** ; **8.63%** ; **24.23%** ; **29.52% et 37.04%** pour les **MDBFMP 10%** ; **MDBFMP 20%** ; **MDBFMP 30%** ; **MDBFPM 40%** ; **MDBFMP 50%** et **MDBFMP 60%** , respectivement à 7 jours , et aussi une évolution de **9.40%** ; **12.12%** ; **13.86%** ; **20.04%** ; **24.50%** et **29.45%** pour les : **MDBFMP 10%** ; **MDBFMP 20%** ; **MDBFMP 30%** ; **MDBFPM 40%** ; **MDBFMP 50%** et **MDBFMP 60%** respectivement à 14 jours , et aussi une évolution de **1.17%** ; **4.71%** ; **9.82%** ; **15.52%** ; **19.05%** ; **25.93%** pour les : **MDBFMP 10%** ; **MDBFMP 20%** ; **MDBFMP 30%** ; **MDBFMP 40%** ; **MDBFMP 50%** et **MDBFMP 60%** respectivement à 28 jours.

V.3.6. Variation dimensionnelle :

V.3.6.1. Retrait :

Le Figure V.5 illustre l'évolution moyenne du retrait à l'air libre des mortiers à base de déchet de brique avec les fibres métallique et polypropylène réalisés au cours du premier mois après coulage.

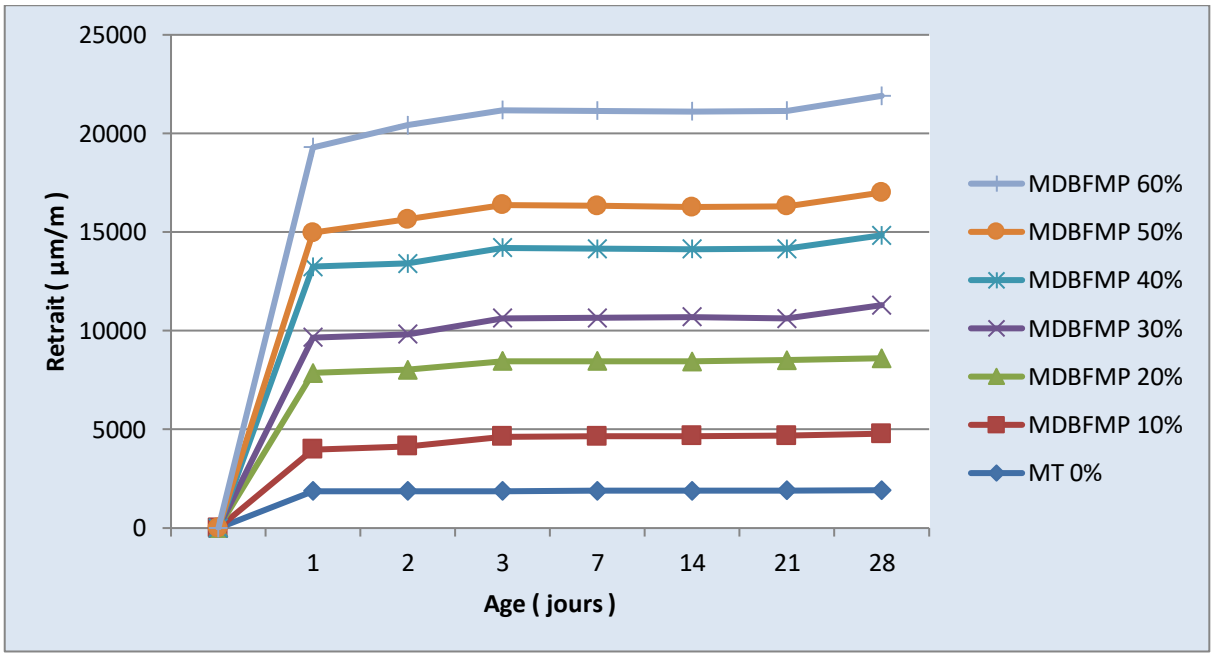


Figure V.5 : Retrait en fonction de l'âge du MDBFMP

D'après le figure (Figure V.5) du retrait, on remarque que le retrait augmente dans le temps (jours), on peut dire que les fibres métalliques et polypropylène ayant un effet négatif, en augmentation avec le taux élevé des fibres métallique et polypropylène.

V.3.6.2. Gonflement :

De la même façon que le retrait, les résultats de l'essai de gonflement sont illustrés dans le Figure V.6 suivante :

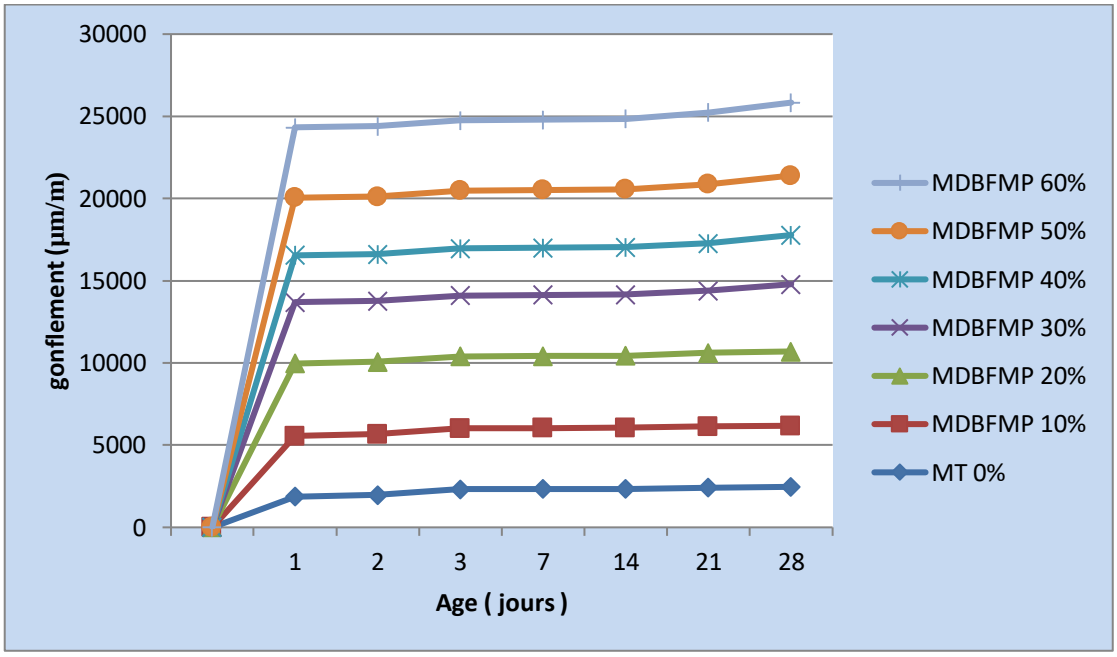


Figure V.6 : Gonflement en fonction de l'âge du MDBFMP

D'après la figure V. 6, on remarque que le gonflement dans l'eau du mortier à base de déchet de brique avec les fibres métallique et polypropylène augmentent, on peut dire que le taux élevé du pourcentage des déchets de briques avec les fibres métalliques et polypropylène ont un effet négatif sur le mortier composite.

Ceci revient au pouvoir absorbant de l'eau par les déchets des briques.

V.3.5 La porosité :

❖ La porosité dans les mortiers

La figure V.7 Représente la comparaison des mesures de la porosité des mortiers à base de déchet de brique avec les fibres métallique et polypropylène.

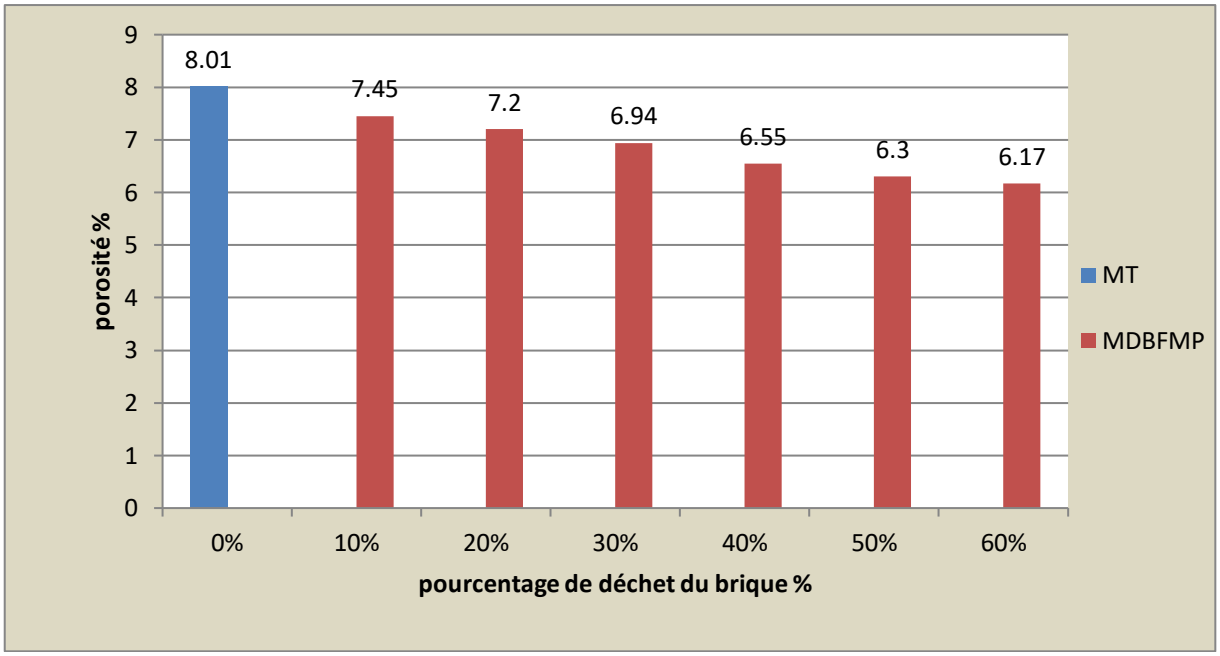


Figure V. 7 : Porosité du mortier

D'après la figure V.7, on remarque que de la porosité des mortiers à base de déchet de brique avec les fibres métallique et polypropylène diminue avec les taux élevés.

❖ La porosité sur la résistance de compression à 28j du mortier :

Dans la figure V.8, on remarque que la porosité des MDBFMP 10%, MDBFMP 20% ; MDBFMP 30% ; MDBFMP 40% ; MDBFMP 50% et MDBFMP 60% diminue par rapport à celui du MT (0%), d'autre part la Résistance de compression augmente.

Dans la littérature l'augmentation de la résistance de compression s'élève avec la diminution de la Porosité. On peut dire que plus la porosité diminue plus la résistance à la compression augmente.

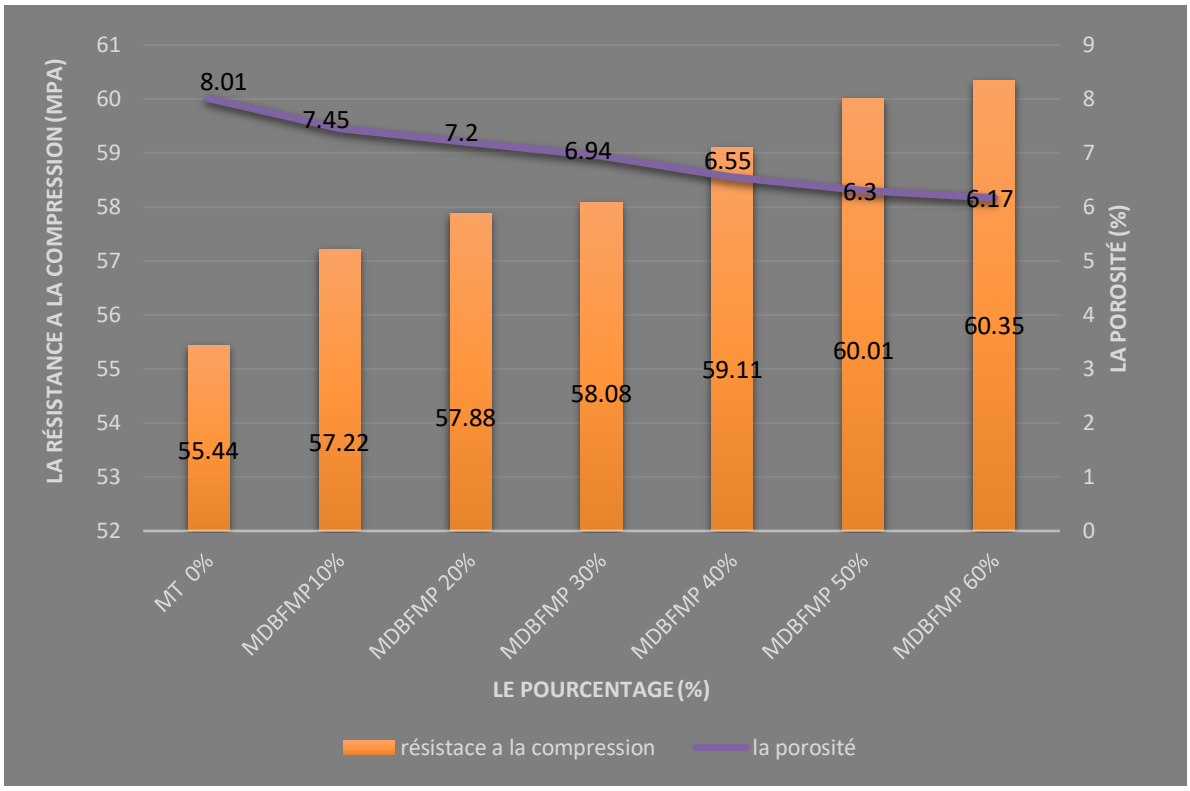


Figure V. 8 Evolution de la résistance de compression avec la porosité

V.4. CONCLUSION :

Les essais réalisés dans cette partie visent à évaluer l'influence des fibres métalliques et polypropylène sur les caractéristiques du nouveau composite du mortier renforcé. Les résultats issus de cette étude expérimentale ont permis de conclure que l'ajout de fibres métalliques et polypropylène participe à l'amélioration des caractéristiques mécaniques à savoir la résistance à la compression, la résistance à la traction.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Le mortier est parmi les matériaux les plus utilisés dans la construction. L'accumulation de déchets de toutes sortes est un défi et son exploitation est la meilleure solution pour le recyclage et la protection de l'environnement.

Dans le présent travail on a fait une étude sur la valorisation des déchets de brique avec un ajout de fibres métalliques et polypropylènes dans la formulation des mortiers.

L'objectif principal de ce travail était d'étudier l'effet des fibres métalliques et polypropylènes sur le renforcement du mortier de ciment à base de déchet de brique.

Les résultats de cette étude expérimentale sur les mortiers fibrés, nous a permis de faire les conclusions suivantes :

Effet des fibres métalliques et polypropylènes

A l'état frais :

- Les déchets de brique avec les fibres métalliques et polypropylènes influent négativement sur la maniabilité des mortiers en fonction de l'augmentation du taux des substitutions.

A l'état durci :

- Les résistances à la compression de tous les mortiers augmentent régulièrement avec l'âge et ne présentent aucune chute ;
- La résistance à la traction est améliorée en fonction de l'augmentation des fibres métalliques et polypropylène pour les mortiers renforcés ;
- L'augmentation des fibres métalliques et polypropylène mène à une augmentation du retrait et du gonflement ;
- La porosité des mortiers diminue avec la substitution du sable par de déchet de brique en ajoutant les fibres.

Références bibliographiques

[1] Ali BOUACIDA Loucif «Effet de la qualité de ciment sur les propriétés mécaniques du béton», Mémoire de magister, Centre Universitaire de Tébessa.

[2] R.DUPAIN, R.LANCHON, J-C.SAINT-ARROMAN, « Granulat, sols, ciment et béton »Edition casteilla-PARIS-2004.

[3]WILLIAM.D, CALLISTER.JR, « Science et génie des matériaux ». Modolu Editeur, 2001.

[4] Arezki Tagni Hamou, «Microstructure et physico-chimie des ciments et des bétons». Thèse de Doctorat, Université de Sherbrooke, 2014.

[5]Manai K, «Etude de l'effet d'ajouts chimiques et minéraux sur la maniabilité, la Stabilité et les performances des bétons autonivelants». Mémoire de maîtrisées sciences appliquées, Sherbrooke-Canada, 1995.

[6] juin 1970. Regourd M, « Hydratation du ciment Portland, dans le béton Hydraulique». Édité par baron J. Et Saute Rey R., 1982, Presses de l'école nationale des ponts chaussées, ISBN 2-85978-033-5, p.193-221.

[7] livres rédigés par les meilleurs experts BTP en construction génie civil et architecture.

[8]SAMAI SOUMIA, «Formulation d'un mortier avec ajout de pouzzolane naturelle Soumis à températures élevées». Mémoire de master en génie civil, université de M'sila, 2015/2016

[9]SYLVER.P, **«** science des matériaux». Université pierre et marie curie 2005 - 2006.

[10]Baali Laid, Cours de MDC, Licence, Université de M'sila.

[11] « COMPORTEMENT DES MURS EN MAÇONNERIE SOUS SOLLICITATION» chapitre 1 page15 thèse de master en génie civil université de Tlemcen.

[12] https://www.travaux-maconnerie.fr › Résultats Web Les différents types de mortier -Travaux maçonnerie.

[13] GC1712, « Durabilité ET réparation du béton ». Département Génie civil, Université de Sherbrooke-Canada, Avril 2009

[**14**]https://www.systemed.fr/conseils-bricolage/maconnerie-materiaux-produitsmelanges-et-proportions, 6087.html.

[15] PDF réalisé par Zile-Marie Durosier Richard Bonneville. **Edition Eyrolles, 2009.**

[16] Georges Dreux, **Jean Festa**, **«**Nouveau guide du béton et de ses constituants». **Paris**.

[17] Aissa Salem, « effet de l'activation mécanique de l'argile cuite (déchets de briques) sur le comportement mécanique du mortier ». Mémoire de master en génie civil, Université de M'sila, juin 2017.

[18]M. Nicot Pierre, « Interactions mortier-support : éléments déterminants des Performances et de l'adhérence d'un mortier ». Thèse de doctorat, Université de Toulouse 7 octobre 2008.

[19] Thomas Point, «Influence des hydroxypylguars sur les propriétés du mortier de Ciment à l'état frais ». 27 juin 2014. Disponible sur : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00936958/document

[20] Latroch Noureddine, « Effet des agrégats à base de déchets plastiques sur les

différentes propriétés des matériaux composites mortier-polymère ». Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem 2018-2019.

[21] BARKAT Abderezzak,"valorisation des déchets de briques dans la réalisation des ouvrages en béton", Mémoire MAGISTER en Génie Civil, 2006.

[22] BOURMATTE N., 2004, Granulats recyclés de substitution pour bétons hydrauliques, thèse de magister, Université de Constantine, Algérie.

[23] Dehouse N., le Jeune A., "Les mortiers et bétons renforcés de fibres", Bruxelles, C.S.T.C, Revue 1974, N° 2, 15 p.

[24] DELEBECQUE R.,"Éléments de Construction Bâtiment", Edition Delagrave; 1990.

[25] VENUAT M., "Produits Silico–calcaire "Techniques de l'Ingénieur ; 1994.

[26] RENAUD H.,"Murs Poutres Planchers", Edition Eyrolles ; 2002.

[27] ARABI N.,"Etude des Brique Silico-calcaire à Base de Laitier Granule", Mémoire de Magister Université De Annaba ; 1988.

[28] KHELAFI H.,"Contribution à l» étude expérimentale de la brique silicocalcaire", semenaire Université BISKRA ; 2000.

[29] Bektas F.Wang K. et Ceylan H.2008, Effects of crushed clay brick aggregate on Mortar durability, Civil Construction and Environmental Engineering, Iowa State University, United States.

[30] Aouni M, ≪valorisation de la poudre recyclée dans le mortier de ciment ≫, Memoire de Master, Université de Médéa, 2014.

[31] Ramachandran V. S., „Utilisation des dechets et Sous-produits comme Granulats du Béton ', Conseil National de Recherches Canada,[en ligne], 2004,Disponible sur http://irc.nrccnrc. gc.ca/cbd/cbd215f.html, (consulté en 2004).

[32] NF EN 933-1, 1997. « Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des Granulats. Partie 1:Détermination de la granularité. Analyse granulométrique par tamisage », AFNOR

[33] BOULEKBACHE B. HAMRAT M. CHEMROUK M. and AMZIANE S, 2009, «Influence of the Rheology of steel fibers' Reinforced Concretes on their Mechanical Properties». European Journal of Environmental and Civil Engineering.

[34] SACI. R ; Prise en compte de l'orientation des fibres dans une poutre continue à matrice de béton, mémoire de magistère, Université Mohamed Boudiaf M'sila, 2004.

[35] LAFARGE ; Le béton et la démarche HQE.

[36] AIT AMEUR, Contribution à l'étude expérimentale des bétons renforcés de fibres d'acier locales. Mémoire de magister, U Tiaret, 1998.

[37] BOUZEROURA .M. Etude du comportement du béton de fibres ondulées. Proposition d'une relation simplifiée contrainte-déformation, Magistère en génie civil, Université de Tizi-Ouzou, 2003.

[38] BLEDZKI, A. K and GASSAN. J., Composites reinforced with cellulose based fibers, ELSEVIER, Progress in polymer science, volume 24, pp.221-274, 1999.

[39] ASB. Association du béton Québec. Guide de bonnes pratiques pour l'utilisation des fibres dans le béton, Bibliothèque nationale du Québec, Québec, 2005.

[40] CHANVILLARD G, (1993), «analyse expérimentale et modélisation micromécanique du comportement des fibres d'acier tréfilées ancrées dans une matrice cimentaire», études et recherche des LPC, série ouvrages d'art.

[41]. EN, N., 933-1: Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats-Partie 1: détermination de la granularité. Analyse granulométrique par tamisage. AFNOR, *1997.*.

[42] NF P18-555, (déc.1990). « Granulats- Mesures des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption et teneur en eau des sables ».

[43] EN, N., 196-1, Méthodes d'essais des ciments-Partie 1: détermination des résistances mécaniques. French Standard, 2006.

[44]. CEN EN 196-1 Nome française CENEN 196-1 ≪ Méthode d'essais des ciments, partie I : ≪ Détermination des résistances mécanique ≫ AFRON, Paris. Aout 1995.

[45] DUPAIN et LanchonR., 2000, «Granulats, sols, ciment et béton: Caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire»,2emeédition CASTEILLA, Paris, France

[**46**]. Hornain, H., GranDuBé: grandeurs associées à la durabilité des bétons. 2007: Presses des Ponts.

[47]. He, C., B. Osbaeck, and E. Makovicky, Pozzolanic reactions of six principal clay minerals: activation, reactivity assessments and technological effects. Cement and concrete research, 1995. 25(8): p1691-1702.

[48]. Bai, J., et al., Strength development in concrete incorporating PFA and metakaolin. Magazine of concrete research, 2000. 52(3): p. 153-162.

.

ANNEXES

Annexe A

FICHE TECHNIQUE DE CIMENT

SPA BISKRIA CIMENT

FICHE TECHNIQUE

CEM I 42.5R

CIMENT PORTLAND

Ciment portland, pour les bétons hautes performances et a une résistance rapide à court terme, destiné aux domaines où les délais de décoffrage sont courts, il est recommandé particulièrement pour le bétonnage par temps froid.

CEM I 42.5R:
Conforme à la norme Algérienne **(NA442-2013)**.



DOMAINES D'APPLICATION

Un ciment pour tous vos travaux de constructions de haute résistance a jeune âge, il est aussi recommandé pour les utilisations suivantes:

- Produits en bétons qui demandent un durcissement rapide.
- Le bétonnage dans des coffrages coulissant, surtout en période hivernale.
- Béton résistant au gel en présence de sels de déverglaçâge.
- Tabliers de ponts.
- Béton pompé.
- Béton projeté

APPLICATIONS RECOMMANDEES

- Béton armé à haute résistance.
- Béton autoplaçant.



Un produit conforme aux normes et spécifications de l'Union européenne. **Le marquage CE** est une exigence légale pour certains produits sur le marché de l'**UE**.

Produit conçu et fabriqué sous un Système de Management de la Qualité certifié **ISO 9001** par **AFAQ-AFNOR**.

FORMULATION CONSEILLÉE

	Ciment	Sable (sec) 0/5	Gravillons (sec) 8/15mm 15/25mm	Eau (litres)
Dosage pour béton	50k X1 +	X7 +	X5 + X4 +	25 L
	Ciment	**Sable Correcteur 0/1mm**	**Sable (sec) 0/4mm**	**Eau (litres)**
Mortier de briquetage	50k X1 +	X6 +	X9 +	35 L
Mortier de finitions	50k X1 +	X9 +	X6 +	35 L

Remarque: un bidon =10 litres

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Analyses chimiques (%)	valeur
Perte au feu	2.6 – 3.7
Teneur en sulfates (SO3)	2.2 – 2.8
Teneur en Oxyde de Magnésium (MgO)	1.7 – 2.8
Teneur en Chlorures (Cl-)	0.03 – 0.07
Composition Potentielle du Clinker (Selon Bogue) (%)	**valeur**
C3S	56 – 66
C2S	5.1 – 7.2
Propriétés physiques	**valeur**
Consistance normale (%)	25.8 – 26.4
Expansion à chaud (mm)	0.25 – 1.0
Temps de prise (min)	**valeur**
Début de prise	150 – 190
Fin de prise	220-250

Résistence à la compréssion	valeur
2 jours (MPa)	20 – 29
28 jours (MPa)	42.5 – 52.5



CONSIGNES DE SÉCURITÉ

PROTÉGEZ VOTRE PEAU:

Portez les équipements adapté dans vos chantiers:



Djar Belahrache, Branis, Biskra, Algerie
Tel: (+213) 0560 753 424
Fax: (+213) 033 62 73 92
www.biskriaciment-dz.com
contact@biskriaciment-dz.com
Biskria Ciment

01/2022

ANNEXE B

Fiche technique des fibres polypropylène

Construction

Notice technique
Edition 02/2010
Numéro 2.42
Version n°2010.051
SIKAFIBRE ANTIFISSURE

SIKAFIBRE ANTIFISSURE

Fibres polypropylènes pour micro-bétons et bétons.

CE

Présentation	Les SIKAFIBRE ANTIFISSURE sont constituées de fibres monofilaments en polypropylène spécialement traité pour faciliter leur dispersion. Elles se présentent en sacs pulpables prédosés pour 1 m^3 de béton ou de micro-béton.
Domaines d'application	■ Dalles et Dallages ■ Eléments préfabriqués ■ Eléments de voirie (chaussée, trottoirs, rampes d'accès) ■ Chape en micro-béton ■ Pistes d'aéroport
Caractères généraux	Les fibres se dispersent très facilement dans les bétons et mortiers et créent un réseau fibré haute densité qui a pour conséquence : ■ l'amélioration de la cohésion à l'état frais, ■ la limitation du faïençage et des fissurations dues au retrait plastique, ■ l'augmentation de la résistance aux chocs, ■ une meilleure imperméabilité à l'état durci, ■ une réduction des risques de ségrégation et de ressuage. Les SIKAFIBRE ANTIFISSURE ne modifient pas le temps de prise. Nota : les fibres polypropylènes n'assurent pas un renforcement structural du béton. Elles s'opposent aux effets du retrait plastique et peuvent se substituer pour cette fonction au treillis antifissuration.
Caractéristiques	
Coloris	Blanches
Conditionnement	Carton de 40 sacs pulpables de 600 grammes.
Stockage	Conserver à l'abri de l'humidité
Conservation	1 an dans son emballage intact
Données techniques	
Densité	0,91
Nature	Polypropylène avec agent de surface
Longueur	12 mm
Diamètre	34 µm
Nombre de fibres	68 millions de fibres 12 mm par sacs de 600 g

Sika®

Construction

Température de fusion	165°C

Caractéristiques

Dosage	1 sac de 600 g par mètre cube de béton ou micro-béton

Mise en oeuvre

- Ajouter directement le sac pulpable dans le malaxeur sur le micro-béton ou béton déjà mélangé.
- Malaxer à nouveau pour dissoudre le sac et obtenir une bonne répartition des fibres (1 à 2 minutes).

Attention : Ne jamais ajouter les fibres directement dans l'eau de gâchage.

Précautions d'emploi

Manipulation non dangereuse
Consulter la fiche de données de sécurité.

Mentions légales

Produit réservé à un usage strictement professionnel.
Nos produits bénéficient d'une assurance de responsabilité civile.
«Les informations sur la présente notice, et en particulier les recommandations relatives à l'application et à l'utilisation finale des produits SIKA, sont fournies en toute bonne foi et se fondent sur la connaissance et l'expérience que la Société SIKA a acquises à ce jour de ses produits lorsqu'ils ont été convenablement stockés, manipulés et appliqués dans des conditions normales. En pratique, les différences entre matériaux, substrats et conditions spécifiques sur site sont telles que ces informations ou toute recommandation écrite ou conseil donné n'impliquent aucune garantie de qualité marchande autre que la garantie légale contre les vices cachés. Notre responsabilité ne saurait d'aucune manière être engagée dans l'hypothèse d'une application non conforme à nos renseignements. Les droits de propriété détenus par des tiers doivent impérativement être respectés. Toutes les commandes sont acceptées sous réserve de nos Conditions de Vente et de Livraison en vigueur. Les utilisateurs doivent impérativement consulter la version la plus récente de la fiche technique correspondant au produit concerné, qui leur sera remise sur demande.»

Sika El Djazair
08 route de l'Arbaa, 16111 Eucalyptus
Alger/ ALGERIE
Web : dza.sika.com

Tel.: 213 (0) 21 50 21 84
213 (0) 21 50 16 92 à 95
Fax: 213 (0) 21 50 22 08

Annexe C

Fiche technique du MEDAFLOM 30

NOTICE TECHNIQUE 2 1 1 9

MEDAFLOW 30

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

Super plastifiant
Haut réducteur d'eau

DESCRIPTION

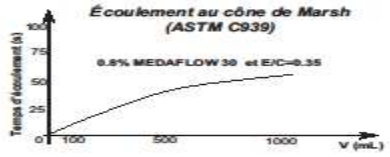
Le **MEDAFLOW 30** est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la troisième génération. Il est conçu à base de polycarboxylates d'Ether qui améliorent considérablement les propriétés des bétons.
Le **MEDAFLOW 30** permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.
En plus de sa fonction principale de superplastifiant, il permet de diminuer la teneur en eau du béton d'une façon remarquable.
Le **MEDAFLOW 30** ne présente pas d'effet retardateur.

DOMAINES D'APPLICATION

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

PROPRIÉTÉS

Grâce à ses propriétés le **MEDAFLOW 30** permet :
Sur béton frais :
- Obtention d'un rapport E/C très faible
- Amélioration considérable de la fluidité
- Une très bonne maniabilité
- Éviter la ségrégation
- Faciliter la mise en œuvre du béton



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

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

CARACTÉRISTIQUES

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

MODE D'EMPLOI

Le **MEDAFLOW 30** est introduit dans l'eau de gâchage.
Il est recommandé d'ajouter l'adjuvant dans le béton après que 50 à 70% de l'eau de gâchage ait déjà été introduite.

DOSAGE

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

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

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

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

Granitex
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.com - E-mail: granitex@granitex-dz.com

ANNEXE D

Fiche technique des fibres métallique

BUILDING TRUST

NOTICE PRODUIT

SikaFibre® Metal Chapes

Fibre structurelle métallique pour concepts chapes base ciment : SIKA® VISCOCHAPE® et SIKA® LEVELCHAPE® HCS

INFORMATIONS SUR LE PRODUIT

SikaFibre® Metal Chapes est une fibre structurelle métallique.

SikaFibre® Metal Chapes est une fibre fabriquées à partir de fils d'acier tréfilés en forme de baïonnette pour permettre un meilleur ancrage dans le béton.

SikaFibre® Metal Chapes est conditionnée sous forme de plaquettes de fibres encollées pour assurer une bonne répartition dans la chape.

DOMAINES D'APPLICATION

Les fibres SikaFibre® Metal Chapes sont utilisées pour les chapes autonivelantes SIKA VISCOCHAPE® et SIKA LEVELCHAPE® HCS.
Elles sont destinées à remplacer le treillis anti-fissuration et les armatures périphériques éventuelles (cas des planchers rayonnants électriques) dans les cas suivants :

- Chape désolidarisée sur polyane pour les locaux P4
- Chape sur isolant de classe SC2
- Planchers chauffants à eau basse température
- Planchers réversibles
- Planchers rayonnants électriques

CARACTÉRISTIQUES / AVANTAGES

Grâce à la nature de l'acier qui les constitue et au système d'ancrage mécanique dont elles sont dotées aux extrémités, les fibres SikaFibre® Metal Chapes présentent des caractéristiques de grande résistance à l'arrachement et à la traction. Les fibres se dispersent très facilement et créent un réseau fibré haute densité qui a pour conséquence :

- Une amélioration de la ductilité grâce à la capacité des fibres à se déformer pour des efforts élevés
- Une augmentation de la ténacité liée à la redistribution des contraintes et l'amélioration de l'absorption d'énergie nécessaire à la rupture
- Un meilleur contrôle de la fissuration grâce à la reprise des contraintes qui permet de maîtriser l'ouverture des fissures en s'opposant à leur propagation

AGRÉMENTS / NORMES

Les fibres SikaFibre® Metal Chapes sont conformes à la norme européenne harmonisée NF EN 14889:1 «Fibres d'acier pour béton – Partie 1 : Définition, spécifications et conformité ».

DESCRIPTION DU PRODUIT

Conditionnement	Sacs papier de 7 kg, palette de 120 sacs
Aspect / Couleur	Fils d'acier carbone tréfilés à extrémités crochues
Durée de Conservation	Cf. conditions de stockage
Conditions de Stockage	Ne pas gerber les palettes, conserver à l'abri de l'humidité
Densité	7,8
Dimensions	Longueur 30mm; Diamètre équivalent 0,62 mm

INFORMATIONS TECHNIQUES

Temps de Malaxage du Béton	Il est recommandé d'ajouter SikaFiber® Metal Chapes directement dans le malaxeur de la centrale à béton en même temps que le sable. Malaxer le mélange sec (sable, ciment, filler et fibres) pendant au moins 15 secondes avant l'introduction de l'eau de gâchage. Le temps de malaxage minimal recommandé est de 90 secondes.
Résistance à la Traction	1270 MPa
Module d'Elasticité en Traction	200 GPa
Dosage	Le dosage de SikaFibre® Metal Chapes est fixé à 7 kg/m3 de chape dans les concepts SIKA VISCOCHAPE® et SIKA LEVELCHAPE® HCS.

VALEURS DE BASE

Toutes les valeurs indiquées dans cette Notice Produit sont basées sur des essais effectués en laboratoire. Les valeurs effectives mesurées peuvent varier du fait de circonstances indépendantes de notre contrôle.

RESTRICTIONS LOCALES

Veuillez noter que du fait de réglementations locales spécifiques, les données déclarées pour ce produit peuvent varier d'un pays à l'autre. Veuillez consulter la Notice Produit locale pour les données exactes sur le produit.

ÉCOLOGIE, SANTÉ ET SÉCURITÉ

Avant toute utilisation de produit, les utilisateurs doivent consulter la version la plus récente de la fiche de données de sécurité correspondante. Pour obtenir des informations et des conseils sur la manipulation, le stockage et l'élimination en toute sécurité des produits chimiques, les utilisateurs doivent consulter la fiche de données de sécurité (FDS) la plus récente contenant les données physiques, toxicologiques, écotoxicologiques et autres données relatives à la sécurité. Nos FDS sont disponibles sur www.quickfds.com et sur le site www.sika.fr

INFORMATIONS LÉGALES

Les informations, et en particulier les recommandations concernant les modalités d'application et d'utilisation finale des produits Sika sont fournies en toute bonne foi et se fondent sur la connaissance et l'expérience que Sika a acquises à ce jour de ses produits lorsqu'ils ont été convenablement stockés, manipulés et appliqués dans des conditions normales, conformément aux recommandations de Sika. En pratique, les différences entre matériaux, substrats et conditions spécifiques sur site sont telles que ces informations ou recommandations écrites, ou autre conseil donné, n'impliquent aucune garantie de qualité marchande autre que la garantie légale contre les vices cachés, ni aucune garantie de conformité à un usage particulier, ni aucune responsabilité découlant de quelque relation juridique que ce soit. L'utilisateur du produit doit vérifier par un essai sur site l'adaptation du produit à l'application et à l'objectif envisagés. Sika se réserve le droit de modifier les propriétés de ses produits. Notre responsabilité ne saurait d'aucune manière être engagée dans l'hypothèse d'une application non conforme à nos renseignements. Les droits de propriété détenus par des tiers doivent impérativement être respectés. Toutes les commandes sont soumises à nos conditions générales de vente et de livraison en vigueur. Les utilisateurs doivent impérativement consulter la version la plus récente de la Notice Produit correspondant au produit concerné, accessible sur internet ou qui leur sera remise sur demande.

SIKA FRANCE S.A.S.
84 rue Edouard Vaillant
92350 LE BOURGET
FRANCE
Tél.: 01 49 92 80 00
Fax: 01 49 92 85 85
www.sika.fr