

Ordre...../FSI/UMBB/2017

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Spécialité : Génie des Matériaux

Option : Sciences des matériaux pour la construction durable

Thème

Influence des fibres végétales sur les propriétés physico-mécaniques d'un béton

Suivi par :Mr KHERIBET.R

Co-promotrice : BOULAHIA.H

Réalisé par :

M^{elle} :DJELOUahi HAYET

2016/2017



REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier DIEU en premier pour m'avoir donné le courage et l'aide nécessaires afin de pouvoir réaliser ce travail.

Un grand remerciement à mon promoteur Mr KHERIBET.R Sans oublier ma Co-promotrice Mme BOULAHIA. H pour tous leurs conseils, aides et leurs grands efforts ;

Mon remerciement s'adresse également à Mr. DRISS. M et Mr ZEROUAL. B pour leurs générosités et leurs patience et leurs soutien.

Je remercie tous les techniciens du laboratoire L.N.H.C d'Oued Smar, pour leur contribution pour la réalisation de ce travail.

Enfin pour tout ceux qui ont participés de près ou de loin à réaliser de ce modeste travail.



MERCI

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Ceux qui se sont donné toutes les peines et les sacrifices,

Pour me voir réussir dans la vie :

Les deux personnes les plus chères à mon cœur, mon père et ma mère.

Mes chers frères : KARIM ET ADBERAHMANE

A mes chères copines : FARIDA ,HAMIDA ,HADJER

Mes chères grandes mères ;cousins ;oncles et tante

. A mes amis de groupe MCD 15 ;a tout mes amis proches ou loins.

Et sans oublier mes enseignants qui m'ont soutenu durant toutes mes années d'études.



HAYET

Chapitre 1: Généralité Sur le béton

Introduction générale	1
1. Introduction.....	3
2. Historique.....	3
3. Les composants d'un béton.....	4
3.1. Le ciment	5
3.2. Additions minérales	5
3.3. L'eau.....	6
3.4. Les adjuvants.....	7
3.5. Les granulats.....	9
4. Classification des bétons.....	12
5. Principaux Avantages et inconvénients du béton.....	13
5.1. Avantages du béton.....	13
5.2. Inconvénients du béton.....	13

Chapitre 2: Béton fibré

1. Introduction.....	14
2. Définition des bétons fibré.....	14
3. Définition des fibres.....	14
4. Les type de fibres.....	15
4.1. Choix du type de fibres.....	15
4.2. Différents types de fibres.....	17
4.2.1. Les fibres métalliques.....	17
4.2.2. Les fibres de fonte amorphe.....	18
4.2.3. Les fibres de verre.....	18
4.2.4. Les fibres de polypropylènes.....	18
4.3. Quelques exemples de trois grandes familles de fibres.....	18

4.3.1. Les fibres métalliques.....	18
4.3.2. Les fibres organiques.....	19
4.3.3. Les fibres minérales.....	19
5. Les caractéristiques et les propriétés des fibres.....	19
6. Rôles des fibres dans le béton.....	20
7. Les atouts des fibres.....	21
8. Mécanismes de fonctionnement des fibres dans le béton.....	22
8.1. Domaines d'application des bétons fibres.....	25
8.2. Orientation et distribution des fibres.....	25
8.3. Avantages du béton fibré.....	26
8.3.1. Aspect technique.....	26
8.3.2. Aspect économique.....	26
8.3.3. Les principaux avantages techniques sont.....	27

Chapitre 3 : Généralité sur les fibres végétales

1. Introduction	28
2. Fibres naturelles.....	28
2.1. Définition de la fibre végétale.....	30
2.2. Classification des fibres végétales.....	30
2.3. Structure et morphologie des fibres lignocellulosiques.....	30
2.4. Le raphia.....	31
2.5. Comment est produit le raphia ?.....	32
2.6. Les diverses utilisations du raphia.....	33
2.7. Technique d'extraction de fibres de Raphia.....	33

3. Utilités de la plante RAPHIA en dehors des fibres.....	33
4. Classification des Fibres Végétales.....	34
4.1. Les Fibres de Feuilles.....	34
4.2. Les Fibres de Tiges	34
4.3. Les Fibres de Bois.....	34
4.4. Les Fibres de Surface.....	34
5. Caractéristiques Physiques et Mécaniques des Fibres Végétales.....	35
6. Caractéristiques Chimiques des Fibres Végétales.....	37
6.1. La Cellulose.....	37
6.2. Hémicellulose.....	37
6.3. Lignine.....	37
7. Conclusion.....	38

Résultats et discussion

1. Objectif.....	39
2. Première partie.....	39
2.1 Caractéristiques de fibres utilisées.....	40
2.1.1. Test d'absorption.....	40
2.1.2. Masse volumique (Eprouvette graduée).....	41
2.1.3. Essais de traction sur les fibres.....	41
2.2. Le Ciment.....	42
2.2.1. Composition chimique.....	42
2.2.2. Composition minéralogique.....	42
2.2.3. Caractéristiques physiques.....	43

2.2.4. Caractéristiques mécaniques.....	43
2.3. Le Sable.....	43
2.3.1. Définition.....	43
2.3.2. Analyses granulométriques et classes granulaires réelles.....	43
2.3.3. Module de finesse (FM).....	44
2.3.4. Equivalent de sable (ES).....	45
2.3.5. Masse volumique.....	46
2.3.6. Résistance à la fragmentation de sable (Friabilité).....	46
2.4. Les Gravillons.....	47
2.4.1. Définition.....	47
2.4.2. Analyses granulométriques et classes granulaires réelles.....	47
2.4.3. Masse volumique.....	48
2.4.4. Propreté superficielle des gravillons.....	48
2.4.5. Coefficient D'aplatissement.....	49
2.4.6. Essai de Dureté.....	49
2.5. Interprétation des résultants.....	49
3. La deuxième partie.....	50
3.1. Formulation du béton.....	50
3.1.1. Définition.....	50
3.1.2. Modalités des essais.....	51
3.1.3. Les bétons fibrés sans traitement.....	52
3.1.4. Les bétons avec traitement des fibres (la cire).....	55

Conclusion..... 58

Annexe..... 59

Chapitre 1: Généralité sur le béton

Figure 1 : Constituants et ordre de grandeur des proportions des constituants d'un béton ordinaire.....	4
Figure 2 : Influence du dosage en eau de ciment fixé.....	6
Figure 3 : Influence du dosage d'eau sur la rhéologie.....	7
Figure 4 : Utilisation des super- plastifiants.....	8
Figure 5 : Effet de dosage de super plastifiant.....	8
Figure 6 : Sable ou Granulats et des graviers.....	10
Figure 7 : Série de tamis en millimètres.....	10
Figure 8 : Effets de résistance spécifiée sur divers paramètres.....	11

Chapitre 2 : Béton fibré

Figure 1: Différentes formes géométriques de fibres métalliques.....	16
Figure 2: Les fibres métalliques.....	17
Figure 3: les fibres de verre.....	18
Figure 4 : Les fibres de polypropylènes.....	18
Figure 5: illustration de l'apport du renfort par des fibres.....	21
Figure 6: Comportement en traction directe en fonction du pourcentage en fibres métalliques.....	24

Chapitre 3 : Généralité sur les fibres végétales

Figure 1 : Les matières naturelles animales, végétales et minérales.....	29
Figure 2 : Découpage de la paroi cellulaire cellules et les micro-fibrilles.....	31
Figure 3 : Modèle de description de la structure d'une fibre végétale.....	31
Figure 4: Raphia.....	32

Résultats et discussion

Figure 1: Teste d'absorption.....	40
Figure 2 : Masse volumique.....	41
Figure 3 : Essais de traction des fibres.....	42

Figure 4: Fuseaux granulaire des différents types de sable.....	45
Figure 5: Résistance à la flexion à 14 jours.....	53
Figure 6: Résistance à la flexion à 28 jours.....	53
Figure 7: Résistance à la compression à 14 jours.....	54
Figure 8: Résistance à la compression à 28 jours.....	55
Figure 9: Résistance a la flexion à 14 jours.....	56
Figure 10: Résistance la flexion à 28 jours.....	56
Figure 11: Résistance à la compression à 14 jours.....	57
Figure 12: Résistance à la compression à 28 jours.....	58

Chapitre 2 : Béton fibré

Tableau 1: Les caractéristiques et les propriétés des fibres.....	19
Tableau 2: Domaines d'application des bétons fibres.....	25

Chapitre 3 : Généralité sur les fibres végétales

Tableau 1: Les caractéristiques physiques des fibres végétales les plus utilisées.....	36
Tableau 2: Les caractéristiques physiques et mécaniques de quelques fibres végétales.....	36
Tableau 3: Composition chimique de quelques fibres végétales.....	38

Résultats et discussion

Tableau 1 : Masse volumique (Eprouvette gradué).....	41
Tableau 2: Composition chimique du ciment.....	42
Tableau 3 : Composition minéralogique du ciment.....	42
Tableau 4 : Caractéristiques physiques du ciment.....	43
Tableau 5 : Caractéristiques mécaniques du ciment.....	43
Tableau 6: Analyse granulométrique du sable de Bou-sada.....	44
Tableau 7 : Analyse granulométrique du sable 0/4 Setif.....	44
Tableau 8: Valeur des modules de finesse.....	45
Tableau 9: Valeurs de l'équivalent de sable.....	46
Tableau 10 : Valeurs des masses volumiques.....	46
Tableau 11: Valeurs de Friabilité.....	47
Tableau 12: Analyse granulométrique du gravillon 8/15 BBA.....	47
Tableau 13: Analyse granulométrique du gravillon 15/25 BBA.....	48
Tableau 14: Valeurs Des masses volumiques.....	48
Tableau 15: Propretés des gravillons.....	48

Tableau 16: Coefficient D'aplatissement.....	49
Tableau 17:	49
Tableau 18 : l'analyse granulométrique (sable et différentes fractions de gravier).....	51
Tableau 19 : Les valeurs de l'affaissement du béton frais.....	51
Tableau 20 : Les pourcentages des fibres.....	52
Tableau 21: Résistance à la flexion à 14 jours des fibres naturelles.....	52
Tableau 22: Résistance à la compression des différents bétons à 14 jours.....	53
Tableau 23: Béton à base des fibres traitées.....	55
Tableau 24: Résistance à la flexion à 14 jours.....	55
Tableau 25: Résistance à la flexion à 28 jours.....	55
Tableau 26: Résistance la compression à 14 jours.....	56
Tableau 27: Résistance à la compression à 28 jours.....	57

Résumé

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

Les propriétés mécaniques du béton fibré dépendent de plusieurs facteurs qui sont les conditions de mise en œuvre, le dosage, l'espacement, l'orientation et la distribution des fibres dans le béton.

Notre travail consiste à faire une étude comparative des bétons fibrés à base des fibres végétale RAPHIA. En utilisant différents pourcentages (1 à 5%) avec un adjuvant (MEDA FUIDE 40).

Abstract

The reinforcement of building materials, particularly concretes by fibers, is an increasingly used technique, with the aim of improving their mechanical properties, in particular their resistance to bending and cracking.

The mechanical properties of fiber-reinforced concrete depend on several factors, which are the processing conditions, the dosage, the spacing, the orientation and the distribution of the fibers in the concrete.

Our work consists in making a comparative study of fiber-based concretes based on RAPHIA plant fibers. Using different percentages (1 to 5%) with an adjuvant (MEDA FUIDE 40



Laboratoire de l'habitat et de la construction du centre LHCC

1. Présentation de l'entreprise

Le laboratoire de l'habitat et de la construction du centre « L.H.C.C » est une filiale du groupe laboratoire national de l'habitat et de la construction « L.N.H.C », créée suite à sa restructuration.

Le L.H.C.C présente à ce jour une expérience professionnelle de 30 ans dans l'ingénierie géotechnique et de matériaux de la géotechnique des terrassements des fondations et des ouvrages de soutènement grâce à laquelle il s'est rapidement imposé comme un acteur incontournable de la géotechnique, il dispose d'une maîtrise globale de toute la chaîne de l'ingénierie géotechnique et de chacun de ses domaines particuliers des études à la réalisation des travaux

Le L.H.C.C est composé de 6 unités et 2 ententes réparties sur la région centre et emploie un effectif de plus de 400 personnes hautement qualifiées, dont 45% d'ingénieurs et techniciens pluridisciplinaires

Le L.H.C.C s'engage en outre à mettre en œuvre tous les moyens techniques et intellectuels pour mener à bien tous les travaux qui lui sont confiés, alliant qualité, rapidité d'exécution, prix compétitifs pour établir une prestation claire, précise et complète. Ce qui s'est traduit au cours de toutes ses années d'activités par :

- le renouvellement et l'acquisition du nouvel équipement pour satisfaire une qualité de reconnaissance géotechnique
- l'optimisation du rôle de géotechnicien dans l'acte de construire indispensable pour une meilleure appréhension et maîtrise des risques de sol, grâce à la banque de données dont il dispose, composée de plus de 50000 études et la bonne adéquation entre les moyens mis en œuvre et le but à atteindre
- l'établissement de programmes de formation très pointus du personnel

2. Domaines d'activités et compétences :

Le LHCC intervient en géotechnique du bâtiment en géotechnique des infrastructures de transport (études des sols, projets de terrassements, contrôles techniques des travaux), pour la stabilité des pentes, les sols compressibles, les fondations des ouvrages d'arts, les grands murs de soutènement des ouvrages, Sous-terrains ou pour les risques naturels (falaises, glissement de terrain, gravités souterraines...)

3. Etudes géotechniques :

Le LHCC effectue l'ensemble des études de sol nécessaires à la conception, au dimensionnement et la réalisation des ouvrages géotechniques du BTPH :

- ✓ Bâtiments et ouvrages d'arts
- ✓ Voiries et dallages
- ✓ Infrastructures (bassins, pylones, grues...)
- ✓ Soutènements et stabilités de pentes
- ✓ Renforcement de sols
- ✓ Tunnel et ouvrages enterres
- ✓ Etudes pathologiques

Pour réaliser ces missions d'études et d'assistance, le **LHCC** dispose des moyens suivants :

Sur site :

- ✓ Sondage et essais in situ
- ✓ géophysiques

Au laboratoire :

- ✓ essais d'identification
- ✓ essais de compactage
- ✓ analyse chimique

4. laboratoire béton et matériaux :

Béton et matériaux :

- ✓ analyse de matériaux
- ✓ contrôle de production de granulats (carrière, gravier, sablière...)
- ✓ analyse granulométrique
- ✓ coefficient d'aplatissement
- ✓ détermination de la masse volumique apparente et absolue
- ✓ essais et vérifications sur mélange de béton de ciment
- ✓ expertises et recommandations
- ✓ essais normalisées sur ciment
- ✓ essais los Anglos, deval simple et micro deval
- ✓ essais de friabilités des sables
- ✓ essais d'affaissement au cône d'Abrahams
- ✓ essais de porosité ou d'absorption sur granulats
- ✓ étude de formulation de béton

Essais sur béton durci :

- ✓ Résistance à la compression sur éprouvettes
- ✓ Essais d'étanchéité sur béton
- ✓ Essais de traction par fendage (essai brésilien).

5. Contrôle des chantiers :

Route :

- ✓ Contrôle des matériaux (classification GTR, comportement mécaniques et physique)
- ✓ Contrôle de compactage (essai à la plaque et d'ina plaque, gamma densimètre)
- ✓ Vérification de la fabrication et de mise en œuvre des enrobes (granulométrie, teneur en lient, température)

Essais sur béton durcis :

- ✓ Prélèvement par carottage
- ✓ Auscultation des ouvrages de béton à l'ultra son et au scléromètre
- ✓ Auscultation sonique des pieux

INTRODUCTION GENERALE

Le béton, depuis son origine, a été réalisé à partir des composants de base qui sont : le ciment, l'eau, les granulats et les adjuvants

Le béton est un matériau minéral, il se prête à toutes les constructions en répondant aussi bien à des exigences techniques de performances et de durabilité qu'à une recherche esthétique.

En faisant varier la nature et les proportions de ses constituants, on obtient des propriétés et des caractéristiques adaptées aux divers usages. Ce qui permet d'utiliser les bétons pour réaliser des routes, des ponts, des tunnels, des fondations d'ouvrages, des tuyaux d'assainissement, des murs de soutènement, des écrans acoustiques, ... pour assurer le développement des infrastructures de transport et l'aménagement des villes et des villages.

Le béton est le matériau le plus utilisés dans la construction, mais, il résiste mal à la traction et à la fissuration. Le renforcement des bétons par des fibres peut offrir des solutions techniques pour l'amélioration des performances mécaniques.

Devant l'évolution des matériaux composites, le béton et le mortier ne font pas l'exception, les chercheurs et les producteurs de fibres ont pensé à l'incorporation des fibres comme matériau de renfort dans les matrices cimentaires. Depuis lors, utilisation dans le béton est devenue de plus en plus une pratique courante.

Des applications sont développées grâce à la capacité prouvée par l'expérience de ces nouveaux composites, à limiter et à contrôler la fissuration sous sollicitations mécaniques et à améliorer la résistance à la flexion et au choc

Plusieurs types de fibres sont utilisés dans le renforcement des bétons et des mortiers, notamment: les fibres d'acier, de polymère, de carbone et végétales.

Le renforcement par les fibres végétales à un avenir promoteur est spécialement pour les pays de tiers-monde, qui possèdent d'énorme quantité de ces fibres, mais aussi à cause du problème que pose actuellement l'utilisation des fibres d'amiante sur la santé humaine.

Le renforcement des bétons par les fibres végétales est relativement nouveau par rapport à celui des fibres d'aciers et de verres. La caractérisation de ce nouveau matériau composite nécessite alors, la multiplication des recherches et des essais, ainsi que le développement de nouveaux procédés d'expérimentation.

L'Algérie est parmi les pays, qui disposent d'extraordinaires ressources en fibres végétales (de palmier, Alfa Abaca, Chanvre, Cotton ...), malheureusement, leur valorisation dans les domaines pratiques, entre autre, dans les matériaux de construction est encore peu exploitée.

Introduction Générale

Ce mémoire est scindé en trois chapitres :

Le premier chapitre :

S'intéresse à l'étude des caractéristiques des constituants élémentaires du béton utilisées à savoir : le ciment, le sable, l'eau de gâchage, l'adjuvant.

Le deuxième chapitre :

Est consacré à la recherche bibliographique, en présentant les notions fondamentales des bétons renforcés par des fibres, à savoir les propriétés des principaux types de fibres utilisées dans les domaines de la construction.

Le troisième chapitre :

S'intéresse à l'étude des caractéristiques physicomécaniques de la fibre utilisé (raphia), à la formulation et la caractérisation des différents bétons élaborés ainsi discussion des résultats trouvés.

1. Introduction

Le matériau béton, est devenu irremplaçable dans le domaine de la construction, pour des raisons économiques et techniques. Simple en apparence, il est en réalité très complexe, avec une diversité d'applications et de méthodes de formulations. C'est le matériau le plus utilisé au monde : environ 7 milliards de mètres cubes de béton sont mis en œuvre annuellement.

La qualité et le potentiel du matériau béton dans la structure dépend bien sûr, des matériaux de base qui entrent dans la formulation mais également des opérations de : malaxage, mise en œuvre, vibration et cure (protection contre la dessiccation). Il s'agit de déterminer la meilleure qualité du béton qu'on puisse obtenir.

Pour ne citer que la résistance à la compression du béton qui reste, du point de vue de l'ingénieur, la propriété la plus importante du matériau, si l'on exclut les indicateurs de durabilité, nous allons examiner ci-après les différents facteurs ayant une influence sur cette résistance, et sur lesquels on pourra compter pour l'amélioration de la qualité du béton [1].

2. Historique

L'histoire du béton montre que sa technique, bien fixée empiriquement par les Romains, avec la chaux grasse et la pouzzolane, a évolué seulement au 19^{ème} siècle, après l'apparition des chaux hydrauliques et des ciments.

L'ingénieur Bélidor, auteur de l'architecture hydraulique (1737), étudia la composition du béton et introduisit le mot béton dans son sens actuel.

L'invention de la chaux hydraulique par Louis Vicat en 1817, celle du ciment Portland par Aspdin en Ecosse en 1824 et l'installation des premiers fours par Pavin de Lafarge au Teil en France en 1830 préparent l'avènement du béton.

A l'origine, le béton était constitué d'un mélange de trois matériaux : le ciment, les granulats et l'eau. Dans la plupart des cas, le ciment était du ciment Portland obtenu par mélange homogène d'argile et de calcaire, ou d'autres matériaux contenant de la chaux, de la silice, de l'alumine et de l'oxyde de fer, cuit à la température de clinkérisation, puis broyés. Par la suite, de petites quantités d'adjuvants chimiques ont été ajoutées au mélange afin d'améliorer certaines des propriétés du béton à l'état frais ou durci. Plus tard, d'autres matériaux de nature inorganique ont été utilisés dans le béton, pour des raisons économiques, dans la plupart des cas. Ces substances inorganiques sont moins coûteuses que le ciment portland en raison de leur disponibilité à l'état naturel [2].

3. Les composants d'un béton

Le béton est un mélange de plusieurs composants : ciment, eau, sable, gravier et, le plus souvent, adjuvants **figure 1** qui constituent un ensemble homogène. Les composants sont très différents : leur masse volumique vont, dans les bétons courants, de 1 (eau) à 3 (ciment) t/m³ ; les dimensions de leurs grains s'échelonnent de 0.5 µm (grains les plus fins du ciment) à 25 mm (gravillons). Mais cette liste s'allonge très vite dès que des propriétés particulières sont visées, on utilise alors des fines complémentaires ou additions minérales [3].

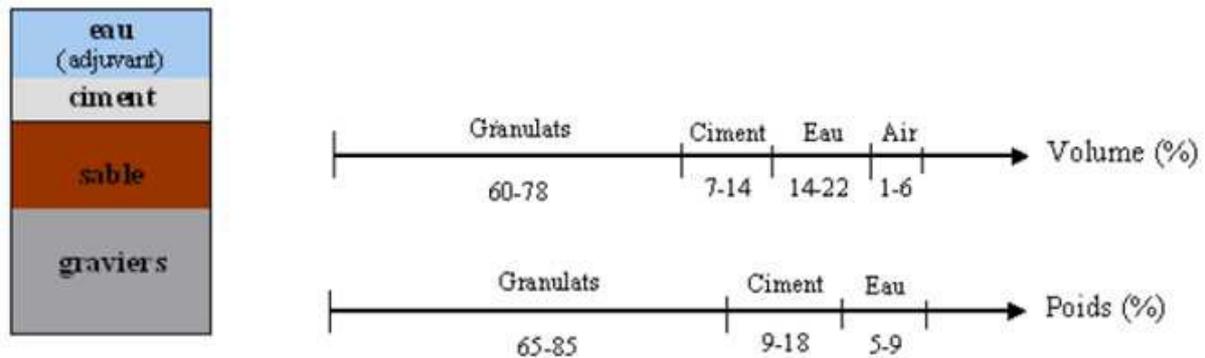


Figure 1 : Constituants et ordre de grandeur des proportions des constituants d'un béton ordinaire.

La confection d'un béton approprié à sa destination consiste à déterminer et à optimiser la composition granulaire et le dosage des divers constituants.

Dans les bétons les plus simples, le squelette granulaire est composé de deux coupures seulement, un sable et un gravier. Le ciment et l'eau de gâchage dont les proportions relatives en masse sont fixés; par le rapport E/C, vont former, avec les adjuvants éventuels, la pâte de ciment qui constituera le liant du béton. Ce rapport E/C joue un rôle primordial durant les étapes de vie du béton ; l'eau en excès le rend plus fluide à l'état frais mais diminue les résistances du béton durci. Des additions minérales (cendres volantes, fumées de silice, laitiers, fillers,..) peuvent être rajoutées dans le but de modifier les propriétés du béton.

L'utilisation de ces éléments fins est toujours combinée à l'emploi de super-plastifiants pouvant réduire ainsi la quantité d'eau nécessaire à l'atteinte d'une fluidité suffisante. Le béton est donc un matériau hétérogène dont les constituants présentent des caractéristiques physico-chimiques et mécaniques différentes et dans le quels chacun de ses composants joue un rôle bien précis dans le mélange [4].

3.1 Le ciment

Le ciment est l'ingrédient essentiel pour la formation d'un béton. C'est par définition, un matériau dont les propriétés de liaison et de cohésion permettent de lier en un ensemble compact des fragments de matériaux. C'est un liant hydraulique à la base de calcaire et d'argile, qui se présente sous forme d'une poudre minérale fine, s'hydratant en présence d'eau. Il forme ainsi une pâte qui fait prise et durcit progressivement. Dès que le ciment et l'eau sont mis en contact, plusieurs réactions chimiques ont lieu. La surface des grains de ciment se recouvre d'un film d'hydrates. Ces réactions s'opèrent alors plus lentement pendant une période dite dormante, avant de s'accélérer pendant la phase de prise. C'est le constituant de base du béton puisqu'il permet la transformation d'un mélange sans cohésion en un corps solide.

Il existe différents types de ciments sur le marché, qui se distinguent par leurs relations avec les propriétés du béton. De ce fait, le choix du type de ciment et son dosage dépendent à la fois des performances recherchées (résistance mécanique, résistance aux agents agressifs) et de la nature des autres composants. Pour un béton courant, les ciments les plus utilisés sont les CEM II de classe 32,5 – 32,5 R – 42,5 – 42,5 R. Ce sont des ciments bien adaptés aux usages les plus courants du bâtiment.

El Barak et col. (2008) ont montré que le dosage en ciment a un effet sur la viscosité du béton pour un gradient de vitesse faible.

3.2 Additions minérales

Différentes additions peuvent être mélangées au ciment pour modifier les propriétés du béton frais et durci. Les principales sont les fillers calcaires, la fumée de silice, le laitier de haut fourneau et les cendres volantes. Ce sont des additions fines définies comme la fraction granulométrique d'un granulat qui passe au tamis de 0,063 mm (Norme NF EN 933 - 8). En remplissant les micro-vides dans l'empilement des agrégats (sable, graviers), ces additions minérales confèrent aux bétons frais de meilleures qualités de maniabilité. Ces ajouts font augmenter la cohésion et entraînent donc une diminution du ressuage et de la ségrégation du béton. Ils entraînent également une réduction de la chaleur d'hydratation et, par conséquent, le risque de fissuration thermique. D'un autre côté, les additions minérales améliorent aussi l'imperméabilité et la ténacité aux attaques chimiques [5].

3.3 L'eau

L'eau est un des ingrédients essentiels du béton, elle intervient à toutes les étapes de la vie du matériau par ses propriétés physico-chimiques et mécaniques. L'eau introduite dans le

béton lors de sa fabrication va remplir deux fonctions essentielles : une fonction physique qui confère au béton frais des propriétés rhéologiques permettant son écoulement et son moulage et une fonction chimique qui contribue au développement de la réaction d'hydratation.

L'aspect fondamental du dosage en eau reste celui de la recherche d'un optimum en réduisant la quantité d'eau et une amélioration de l'ouvrabilité en augmentant la teneur en eau. C'est lors de la recherche de cet optimum que les adjuvants peuvent jouer un rôle.

Le rapport E/C est un critère important des études sur le béton ; c'est un paramètre essentiel de l'ouvrabilité du béton et de ces performances : résistance à la compression, durabilité.

Toutes les eaux ne peuvent pas être utilisées pour gâcher le béton. Certes, l'eau potable distribuée par le réseau du service public est toujours utilisable mais, de plus en plus souvent, nous sommes placés devant la nécessité d'utiliser une eau non potable. La norme XP P 18-303, a permis de préciser à quelles conditions une eau est utilisable.

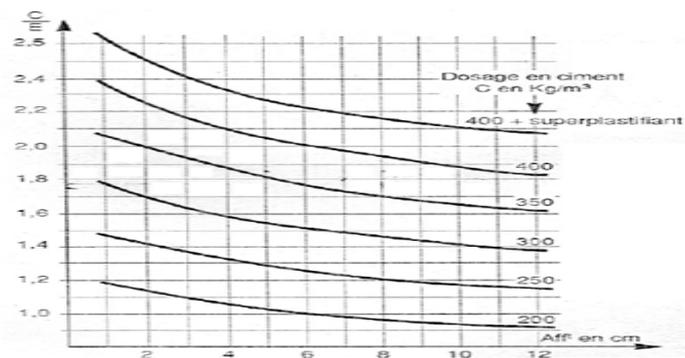


Figure 2 : Influence du dosage en eau de ciment fixé [Dreux et Festa, 1998]

L'ajout d'eau a bien sûr pour conséquence d'augmenter l'ouvrabilité du béton. A titre d'exemple, **la figure 2** montre un abaque tiré de la méthode de formulation de Dreux et Gorisse, qui permet, pour différents dosages en ciment, d'évaluer la quantité d'eau nécessaire pour obtenir un affaissement visé [6].

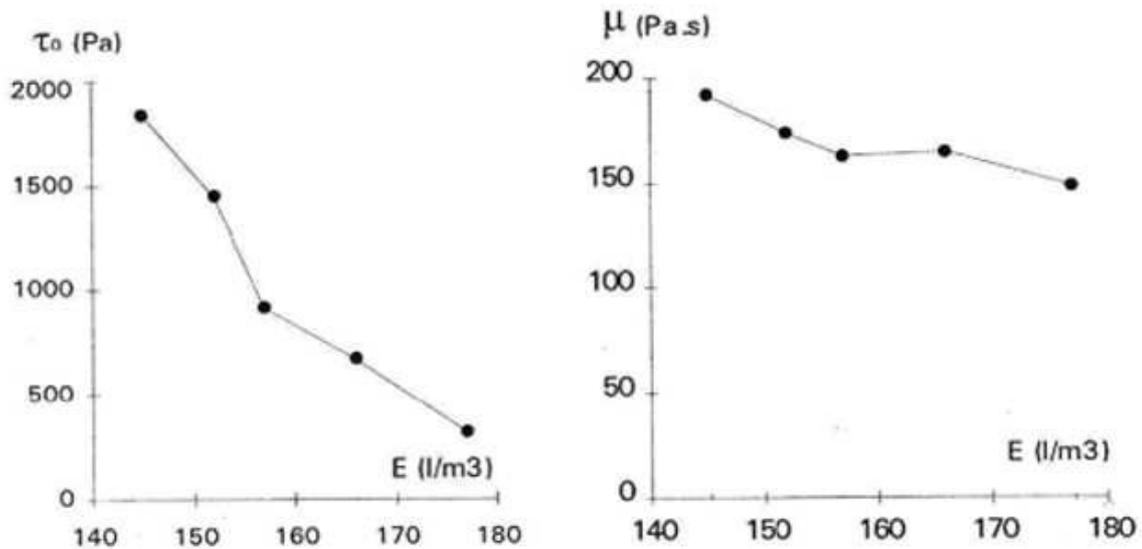


Figure 3 : Influence du dosage d'eau sur la rhéologie [de Iarrard 2000]

Un ajout d'eau conduit également à une diminution du seuil de cisaillement et de la viscosité plastique, comme on peut le voir sur la **figure 3**

3.4 Les adjuvants

Les adjuvants sont des produits solubles dans l'eau qui, incorporés aux bétons à des doses qui doivent être inférieures ou égales à 5% du poids du ciment, permettent d'améliorer certaines de ses propriétés. Ils fournissent à la formulation de béton une gamme étendue, variée et nuancée de possibilités pour faciliter la mise en œuvre des bétons, adapter leur fabrication par temps froid ou chaud, réduire les coûts de mise en œuvre, améliorer les propriétés des bétons durcis, voire même lui conférer des propriétés nouvelles.

Il existe plusieurs types d'adjuvants qui sont régis par la norme NF EN 934-2, mais ceux qui conditionnent l'ouvrabilité du béton sont les super plastifiants. Ce sont des polymères organiques solubles dans l'eau, dont la synthèse, réalisée par une opération complexe de polymérisation, produit de longues chaînes de molécules de masses molaires élevées. Ces molécules vont s'enrouler autour des grains de ciment et conduisent, suivant leur nature, à une répulsion électrostatique en neutralisant les charges électriques présentes à la surface des grains ou à une répulsion stérique en écartant les grains les uns des autres.

Ces réactions conduisent à une défloculation et à une dispersion des grains de ciment. Ainsi, le principal effet des super-plastifiants est une meilleure distribution des grains de

ciment et, en conséquence, le mélange d'une plus grande quantité de ciment dans un même volume d'eau.

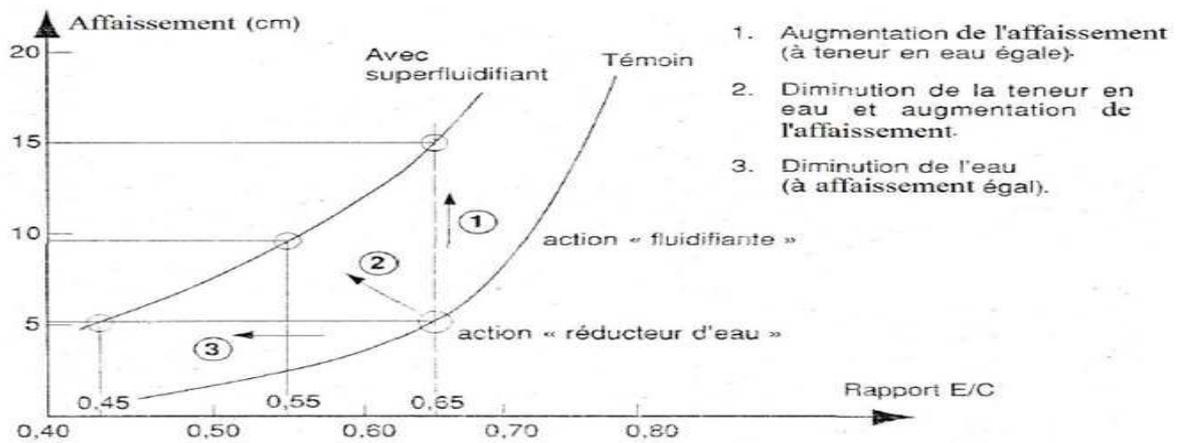


Figure 4 : Utilisation des super-plastifiants [Dreux et Festa, 1998].

Les plastifiants et les super-plastifiants permettent, comme décrit sur la figure 4, soit de réduire le dosage en eau à maniabilité constante, induisant donc un gain de résistance en compression, soit d'augmenter l'affaissement à teneur en eau constante. Les deux types de produits sont différenciés par leur efficacité en termes de réduction d'eau, les super-plastifiants étant plus efficaces.

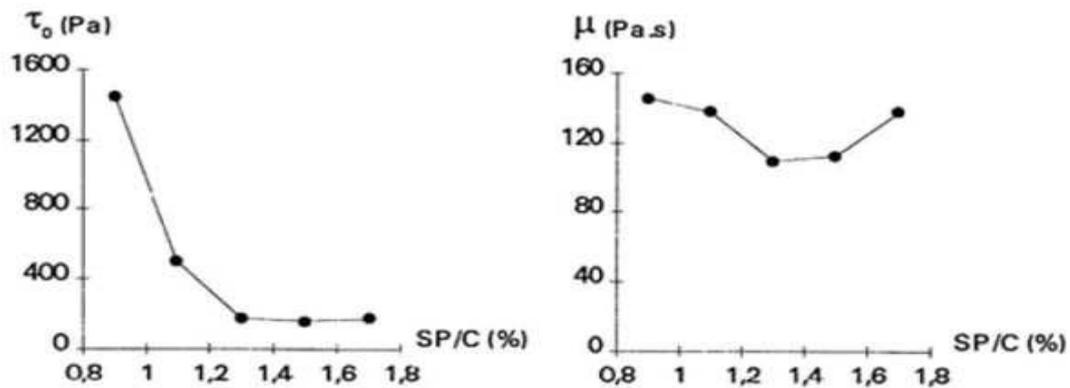


Figure 5 : Effet de dosage de super plastifiant [Hu ; 1995]

Différents adjuvants peuvent être utilisés pour améliorer les caractéristiques du béton :

- Accélérateurs de prise
- Plastifiants
- Super plastifiants
- Retardateurs de prise
- Colorants en poudre
- Entraîneurs d'air

3.5 Les granulats

Les granulats sont les constituants essentiels des bétons, qui conditionnent à la fois leurs caractéristiques et leur coût. Leur élaboration relève des industries extractives.

Les granulats sont définis par la norme P18-540, comme étant un ensemble de grains minéraux destinés à la confection des mortiers, des bétons, des couches de fondations, de bases de roulement des chaussées des assises et des ballasts de voies ferrées.

On peut distinguer les granulats naturels issus de roches meubles ou massives extraites in situ et ne subissant aucun traitement autre que mécanique (c'est-à-dire concassage, broyage, criblage, lavage, sélection) et artificiels qui proviennent de la transformation thermique de roches, de minerais, de sous-produits industriels (laitiers, scories, etc.) ou encore de la démolition d'ouvrages de bâtiments divers en béton, souvent appelés granulats recyclés.

Les granulats ne sont pas réellement inertes et leurs propriétés physiques, thermiques et, dans certains cas, chimiques influencent les performances du béton. Par ailleurs, les granulats présentent un certain nombre de propriétés intrinsèques qui ne sont pas reliées à la nature du massif rocheux d'origine, telles la forme et la dimension des grains, la texture de surface et l'absorption ; or toutes ces propriétés peuvent avoir une influence considérable sur la qualité du béton, autant à l'état frais qu'à l'état durci.

Il ne faut pas perdre de vue qu'un béton tire du granulat une bonne part de sa résistance et plus particulièrement du gros granulat. D'où la nécessité d'employer des granulats de qualité, et de dimension maximale, celle-ci devant rester compatible avec une bonne facilité de mise en œuvre. Pour pouvoir construire des ouvrages fiables, selon les normes et de haute efficacité technico-économique, il faut donc, déterminer les caractéristiques intrinsèques des granulats, puisque ces derniers influent fortement sur les caractéristiques du béton ; à savoir les propriétés dimensionnelles, physico-chimiques et mécaniques.

On a constaté qu'un granulat peut paraître insatisfaisant sous certains aspects, alors qu'aucun problème n'a été détecté lorsqu'il a été utilisé dans le béton. Par exemple, une éprouvette de roche peut se rompre lorsqu'elle est soumise au gel, mais ne pas se briser si elle est confinée dans du béton. Cela est d'autant plus vrai lorsque les granulats sont bien enrobés d'une pâte de ciment de faible perméabilité. Cependant, les granulats considérés comme mauvais sous plus d'un aspect, ne sont pas souhaitables pour la confection d'un béton de qualité. Ceci dit, les essais sur les granulats sont d'une aide précieuse lors de leur sélection pour la fabrication des bétons .



Figure 6 : Sable ou Granulats et des graviers

3.5.1. Classification des granulats



Figure 7 : Série de tamis en millimètres

On trie les granulats par dimension au moyen de tamis (mailles carrées) et de passoirs (trous circulaires) et on désigne une classe de granulats par un ou deux chiffres. Si un seul chiffre est donné, c'est celui du diamètre maximum D , exprimé en mm ; si on donne deux

chiffre, le premier désigne le diamètre minimum d des grains et le deuxième le diamètre maximum D .

Un granulat est caractérisé, du point de vue granulaire, par sa classe d/D ; lorsque d est inférieur à 2mm, le granulat est désigné 0/ D .

Il existe 5 classes granulaires principales caractérisées par les dimensions extrêmes d et D des granulats rencontrés (norme NFP18-101) :

- Les fines 0/ D avec $D < 0.08\text{mm}$.
- Les sables 0/ D avec $D < 603\text{mm}$.
- Les gravillons d/D avec $d > 2\text{mm}$ et $D < 31.5\text{mm}$.
- Les Cailloux d/D avec $d > 2\text{mm}$ et $D < 80\text{mm}$.
- Les graviers d/D avec $d > 6.3\text{mm}$ et $D < 80\text{mm}$.

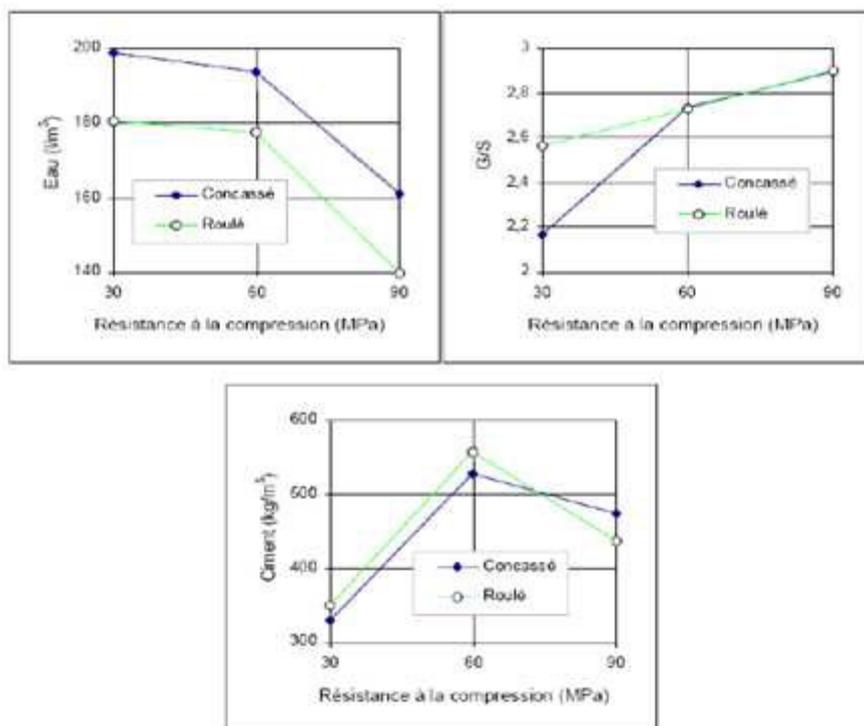


Figure 8 : Effets de résistance spécifiée sur divers paramètres [Larrard, 2000].

Le béton peut être fabriqué, soit sur chantier, soit dans des centrales à béton, soit dans des usines de préfabrication.

Le béton peut être :

- Non armé ;
- Armé (béton armé) ;
- Précontraint (béton -précontraint) ou fibres.

La formulation de la majorité des bétons est généralement établie pour atteindre trois objectifs principaux :

- Obtenir une résistance mécanique acceptable ;
- Obtenir un bon écoulement ;
- Limiter les effets secondaires.

4. Classification des bétons

Le béton utilisé dans les bâtiments ainsi que dans les travaux publics comprennent plusieurs catégories.

En général les bétons peuvent se classer en quatre groupes selon leur masse volumique ρ :

- ✓ Béton courant : ρ entre 1800 et 2500 kg/m³
- ✓ Béton Léger : $\rho = 500$ à 1800 kg/m³
- ✓ Béton très Léger : $\rho < 500$ kg/m³
- ✓ Béton très lourd : $\rho > 2500$ kg/m³

Le béton peut varier en fonction de la nature des granulats, des adjuvants, des colorants, des traitements de surfaces et peut ainsi s'adapter aux exigences de chaque réalisation, par ses performances et par son aspect.

Les bétons courants sont les plus utilisés, aussi bien dans le bâtiment que dans les travaux publics ; ils présentent une masse volumique de 2300 kg/m³ environ. Ils peuvent être armé ou non, et lorsqu'ils sont très sollicités en flexion, précontraints.

Les bétons lourds dont les masses volumiques peuvent atteindre 6000 kg/m³ servent, entre autres, pour la protection contre les rayons radioactifs.

Les bétons de granulats légers dont la résistance peut être élevée, sont employés dans le bâtiment, pour les plates-formes offshore ou les ponts.

5. Principaux Avantages et inconvénients du béton

5.1. Avantages du béton

- ✓ Il est peu coûteux, facile à fabriquer et nécessite peu d'entretien ;
- ✓ Il épouse toutes les formes qui lui sont données, des modifications et adaptations des projets sur le chantier sont faciles à effectuer ;
- ✓ Il devient solide comme la pierre. Correctement utilisé, il dure des millénaires .il résiste bien au feu et aux actions mécaniques usuelles ;
- ✓ Associé à des armatures en acier, il acquiert les propriétés nouvelles qui en font un matériau de construction aux possibilités immenses (béton armé ; béton précontraint) ;
- ✓ Il exige peu d'énergie pour sa fabrication.

5.2. Inconvénients du béton

- ✓ Son poids propre élevé (densité de 2.4 environ peut être réduite à 1.8 dans le cas des bétons légers de structure et à moins de 1.0 dans le cas de béton léger d'isolation) ;
- ✓ Sa faible isolation thermique (elle peut être facilement améliorée en ajoutant une couche de produit isolant ou en utilisant des bétons légers spéciaux) ;
- ✓ Le coût élevé entraîné par la destruction du béton en cas de modification d'un ouvrage [6].

1. Introduction

Le béton de fibres est un matériau qui a connu ces derniers temps un grand développement et nombreuses sont les études qui ont été effectuées durant les trois dernières décennies. On peut améliorer la résistance mécanique (post-fissuration) du béton en y incorporant des fibres (dosages traditionnels de l'ordre de 600 à 1200 g/m³). L'incorporation de celles-ci dans le béton rend ce dernier davantage ductile (moins fragile), multi fissurant, capables de limiter la propagation de l'endommagement tout en assurant une durabilité accrue.

Différents types de fibres peuvent être utilisés avec des propriétés spécifiques. C'est surtout le rapport entre la longueur et le diamètre des fibres (élancement) qui aura une influence sur les performances finales du béton fibré. On obtient ainsi un « béton fibré », souvent mis en œuvre par projection (tunnels) ou couramment utilisé

2. Définition des bétons fibrés

Un béton fibré est un béton dans lequel sont incorporé des fibres, Une technique récente, consiste à ajouter au béton, des fibres afin d'améliorer ses propriétés mécaniques (compression, fissuration, flexion).

A la déference des armatures, les fibres sont réparties dans la masse du béton; elles permettent de constituer un matériau qui présente un comportement homogène. Les fibres les plus couramment utilisées sont les fibres métalliques, les fibres organiques, et les fibres synthétiques

3. 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 0.005-0.75mm 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 [7].

L'utilisation des fibres dans la construction remonte à plusieurs siècles. Depuis les trente dernières années, l'intérêt de leur utilisation ne cesse de croitre pour la

fabrication de béton prêt l'emploi du béton préfabriqué et du béton projeté fabriqué à partir soit d'acier, soit de plastique, de verre, de matériaux naturels. Elles sont ajoutées au béton lors du malaxage

4. Les types de fibres

4.1. Choix du type de fibres

Il existe différents types de fibres dont les caractéristiques chimiques, physiques et mécaniques diffèrent selon leur nature ou leur géométrie.

Les fibres couramment utilisées pour la fabrication de bétons renforcés de fibres, sont généralement métalliques, synthétiques, de verre ou naturelles. Selon leur utilisation, ces différents types de fibres présentent des avantages ou des inconvénients. Certaines sont affectées par des dégradations chimiques dans les matériaux cimentaires ou présentent un mauvais comportement dans les milieux alcalins (certaines fibres de verre ou fibres naturelles) [8].

Leur géométrie est très variable (**Figure 1**). Les fibres les plus utilisées sont les fibres droites. C'est l'adhérence de ces fibres avec la matrice cimentaire qui diminue la fragilité du béton par amélioration du comportement post fissuration.

Il existe des fibres à crochets. Leurs extrémités recourbées développent un ancrage et dissipent une énergie de fissuration par plastification de la fibre et par frottement à l'interface avec la matrice [10].

On trouve aussi des fibres ruban, des fibres à tête d'ancrage ou encore des fibres ondulées dont les modes de fonctionnement sont les mêmes que ceux cités précédemment.

L'avantage des fibres à crochets ou ondulées est qu'elles développent un ancrage supplémentaire, en plus de l'adhérence avec la matrice, les rendant plus efficaces que les fibres droites. Cependant, ce type de fibres peut engendrer la formation d'oursins durant la fabrication entraînant alors une répartition non homogène dans le béton. Les fibres droites sont généralement utilisées pour pallier à ce problème, mais, ne fonctionnant que par adhérence avec la matrice, leur efficacité s'en ressent.

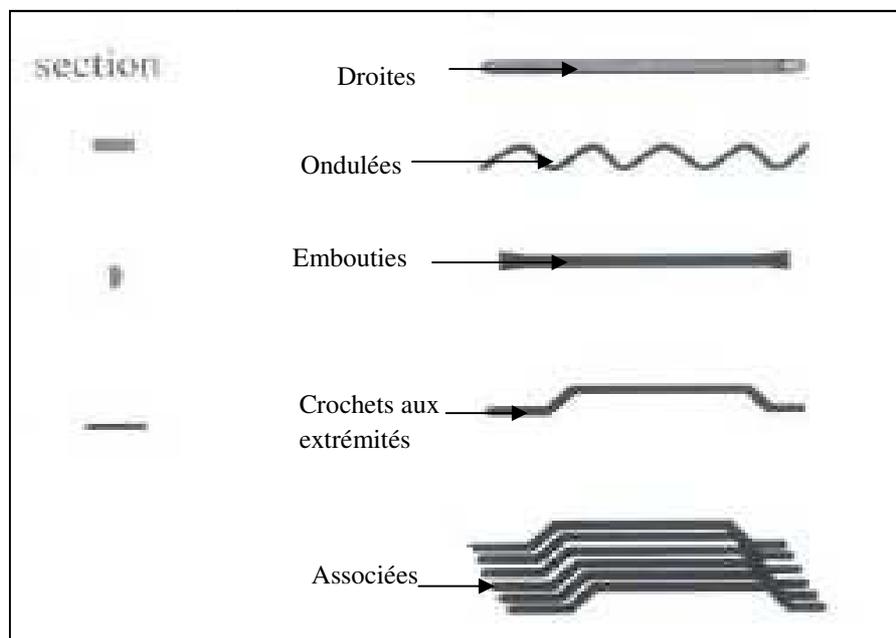


Figure 1: Différentes formes géométriques de fibres métalliques [9].

L'élancement ou le rapport longueur/diamètre joue un rôle prépondérant dans la maniabilité d'un béton renforcé de fibres (notamment métalliques) [9].

Pour une longueur de fibre et un volume donnés, plus le diamètre de la fibre sera faible, plus la surface spécifique sera grande. Ceci conduit à des frottements plus importants entre la fibre et la matrice, mais aussi à un nombre de fibres élevé qui augmente la probabilité de contact entre celles-ci. Ceci conduit à une diminution de la maniabilité quand le rapport longueur/diamètre augmente.

Pour un rapport longueur/diamètre fixe et un dosage en fibres donné, si le diamètre diminue, la longueur va elle aussi diminuer. Selon le raisonnement précédent, ceci conduit à une diminution de la maniabilité ce qui est en décalage avec la réalité car dans ce cas, le poids unitaire de la fibre intervient.

En résumé, pour une maniabilité donnée, on peut utiliser un dosage important de fibres courtes ou un dosage faible de fibres longues.

De même, le rapport longueur de la fibre/diamètre du plus gros granulats est aussi un paramètre prépondérant concernant l'efficacité des fibres dans le béton. Rossi

explique que dans le cas où la résistance de l'interface entre la matrice cimentaire et le granulat est inférieure à la résistance du granulat et de la matrice, les fissures se développent à cette interface avant de pénétrer dans la matrice. Si la longueur des fibres est proche du diamètre des plus gros granulats, une majorité d'entre elles ne pourront intercepter efficacement les fissures inter granulaires. Pour que les fibres interviennent au niveau de la structure, il est préconisé dans la littérature un rapport longueur de la fibre/diamètre du plus gros granulat de deux à trois.

Dans le cas où la résistance à l'interface entre la matrice cimentaire et les granulats n'est pas la plus faible, les fissures traversent à la fois la pâte et les granulats. Les fibres peuvent alors être pleinement sollicitées, et l'utilisation de fibres de longueur inférieure à trois fois le diamètre du plus gros granulat peut être envisagée.

4.2. Différents types de fibres

Chaque type de fibre présente des caractéristiques et des propriétés qui lui sont propre :

- ✓ Dimensions (diamètre, longueur...), forme (lisse, rugueuse, plate, ondulée, crantée...),
- ✓ Résistance à la traction et adhérence au béton, qui procurent un comportement mécanique spécifique aux structures renforcées de fibre [7].

4.2.1. Les fibres métalliques

Les fibres métalliques caractérisées par un module d'élasticité élevé, offrent au béton, une meilleure résistance à la traction, au choc et améliore sa ductilité en augmentant son pouvoir de résister aux déformations dues à la rupture, de même donne une ténacité appréciable, leur forme et leur dimensions améliorent leur ancrage et leur adhérence (fibres, copeaux, fibres tréfilées, ondulées, déformées aux extrémités) [7].



Figure 2 : Les fibres métalliques.

4.2.2. Les fibres de fonte amorphe

Ces types de fibres sont obtenus par refroidissement brusque d'un alliage métallique à base de fer, sont constituées de petits rubans de 3mm de largeur, et contribuent à la limitation des fissures sous chocs [7].

4.2.3. Les fibres de verre

Sous leur forme habituelle, elles sont caractérisées par une très grande fragilité aux chocs attribuée à une sensibilité élevée à la fissuration, sous la forme de fibre de faible diamètres, le verre perd ce caractère acquière de bonnes caractéristique mécanique et sont utilisées pour fabriquer des éléments de faible épaisseurs, avec des matrices de pâte ou mortier ou de micro béton [7].



Figure 3: Les fibres de verre.

4.2.4. Les fibres de polypropylènes

Sont des produits d'origine pétrolière, découverts en 1954, ces matériau de synthèse ont connu une extension dans l'industrie textile ou ils apportent les avantages suivants :

- ✓ Disponibilité à prix relativement faible
- ✓ Résistance aux attaques en milieux alcalins et corrosifs.
- ✓ Augmentation notable de la résistance aux chocs.
- ✓ Limite l'ouverture des fissures.



Figure 4 : Les fibres de polypropylènes.

Ces fibres sont fréquemment utilisées dans les bâtiments, en particulier dans réalisation des panneaux décoratifs, revêtement de façade de tuyaux et pieux [7].

4.3. Quelques exemples de trois grandes familles de fibres

4.3.1. Les fibres métalliques

- Acier
- Inox
- Fonte (amorphe).

4.3.2. Les fibres organiques

- Polypropylène ;
- Polyamide ;
- Acrylique ;
- Mélange polypropylène/polyéthylène ;
- Kevlar ;
- Aramide ;
- Carbone.

4.3.3. Les fibres minérales

- Verre;
- Wollastonite ;
- Basalte ;
- Mica.

5. Les caractéristiques et les propriétés des fibres

Chaque famille de fibres présente des caractéristiques et des propriétés spécifiques

	Masse volumique (g/cm ³)	Diamètre moyen (µm)	Résistance à la traction (N/mm ²)	Module d'élasticité (Gpa)	Allongement à la rupture (%)
Fibres métalliques	7,85	50-1000	1000-2500	150-200	3-4
Fibres de verre	2,6	9-15	2000-3000	80	2-3,5
Fibres polypropylène	0,9	>4	500-750	5-10	10-20

Tableau 1: Les caractéristiques et les propriétés des fibres.

Pour faciliter leur utilisation, les fibres doivent :

Être faciles à incorporer dans le béton et ne pas perturber le malaxage (leur dispersion dans le béton doit être rapide) ; se répartir de manière homogène lors du malaxage au sein du béton (pas d'agglomération de fibres) lors du bétonnage.

Remarque

L'influence des fibres sur la maniabilité du béton dépend de leur dimension et de leur dosage.

Pour améliorer les performances mécaniques des bétons (ductilité, résistance en flexion, résistance aux chocs, etc.), elles doivent :

- ✓ Etre déformables sans être fragiles ;
- ✓ Etre relativement longues et fines et présenter une grande surface spécifique ; offrir une bonne capacité de déformation ;
- ✓ Posséder un module d'élasticité plus élevé que celui de la matrice cimentaire;
- ✓ Présenter une bonne adhérence avec la pâte de ciment.

6. Rôles des fibres dans le béton

Au début, les chercheurs ont essayé par l'addition de fibres dans le béton, d'augmenter ses caractéristiques mécaniques comme la résistance à la compression ou la résistance à la flexion. Le but est uniquement une résistance très élevée du béton [11].

Elles peuvent également, dans certaines applications, remplacer les armatures passives.

Selon les fibres utilisées (forme et nature) et les ouvrages auxquels elles sont incorporées ; ce rôle se traduit par des améliorations relatives à :

- ✓ La cohésion du béton frais.
- ✓ La déformabilité avant rupture.
- ✓ La résistance à la traction par flexion.
- ✓ La ductilité et la résistance post fissuration.
- ✓ La résistance aux chocs.
- ✓ La résistance à la fatigue.

- ✓ La résistance à l'usure.
- ✓ La résistance mécanique du béton aux jeunes âges.
- ✓ La réduction des conséquences du retrait par effet de couture des microfissures.
- ✓ La tenue au feu.
- ✓ La résistance à l'abrasion.

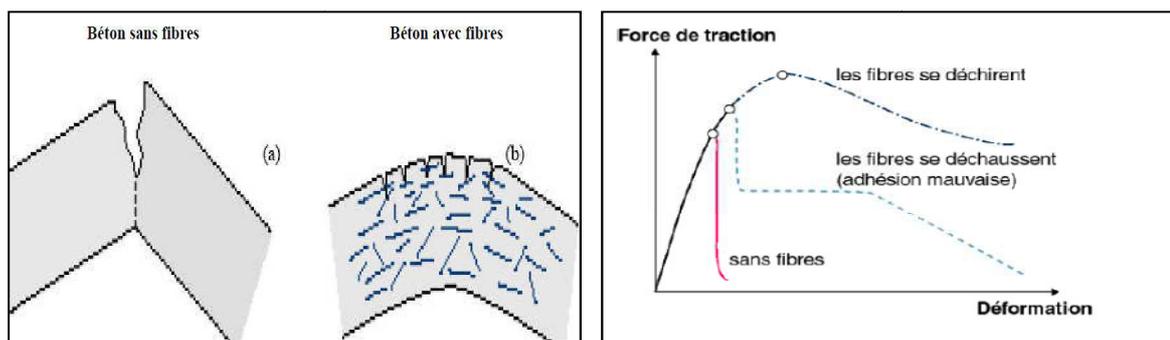


Figure 5: illustration de l'apport du renfort par des fibres [12].

Le contrôle de la propagation d'une fissure dans un matériau en état de service en réduisant l'ouverture des fissures, comme il est indiqué dans la **Figure 5.a**.

Transformation du comportement fragile d'un matériau en un comportement ductile qui accroît la sécurité lors des états de chargement ultimes **Figure 5.b**.

7. Les atouts des fibres

Grâce à leurs propriétés mécaniques, les fibres permettent de mieux mobiliser la résistance intrinsèque du béton, de réaliser des pièces minces de grandes dimensions et d'offrir au concepteur une plus grande liberté architecturale. Elles confèrent aux bétons de nombreux atouts :

- ✓ La maîtrise de la fissuration.
- ✓ Une facilité et rapidité de mise en œuvre.
- ✓ Un renforcement multidirectionnel et homogène.
- ✓ Un remplacement partiel ou total des armatures passives. [13]

8. Mécanismes de fonctionnement des fibres dans le béton

Rossi a décrit le comportement vis-à-vis de la fissuration du béton renforcé de fibres et des structures en béton fibré en fonction de la sollicitation imposée. Dans le cas des efforts de traction, des microfissures apparaissent, suivies de leur connexion et de la formation de macro fissures, jusqu'à la rupture de la structure. Les fibres peuvent couvrir les microfissures, et retarder la formation des macro fissures, conférant ainsi une capacité portante résiduelle et une ductilité à l'échelle de la structure. [13].

De plus, l'action des fibres est fortement influencée par leur orientation et le mode d'application des efforts. Dans le cas de fissures provoquées par les efforts en traction, les fissures s'ouvrent selon la direction normale à leur lèvres et les fibres travaillent en traction.

Dans le cas des fissures provoquées par des efforts de compression, il y a des mouvements tangentiels par rapport aux lèvres des fissures, les fibres sont donc fléchies et travaillent dans des conditions moins favorables (faible rigidité en cisaillement). C'est pourquoi les effets d'un renfort de fibres sont peu visibles en compression pour les bétons de compacité courante.

Les propriétés du béton renforcé de fibres sont le résultat de plusieurs facteurs, comme les propriétés de la matrice, la distribution des fibres et les conditions d'interface entre les fibres et le béton. Le mécanisme de résistance est le transfert des efforts de la pâte aux fibres par des cisaillements qui augmentent linéairement jusqu'au stade de fissuration. Après cet événement, si l'effort de cisaillement demandé est plus grand que la résistance au cisaillement fibre- matrice, le mécanisme de résistance principal devient le frottement, au cours du déchaussement de la fibre [14].

Durant un essai sur du béton renforcé de fibres, lors du chargement jusqu'au pic, les fibres n'interviennent pas. Durant cette phase, les fibres se déforment comme le béton. A l'approche du pic de résistance, des microfissures se développent jusqu'à la localisation d'une macro fissure. Les fibres entrent en jeu, une fois l'ouverture de cette macro fissure est suffisante.

Elles pontent à ce moment la fissure en transmettant les efforts au béton dans lequel elles sont ancrées. Les efforts résiduels repris diminuent ensuite au fur et à mesure que les fibres se cassent ou se déchaussent en fonction de leur nature et de celle de la matrice qui les enveloppe.

Il est donc nécessaire d'avoir une ouverture de fissure suffisante afin que les fibres soient sollicitées. C'est pour cela que les fibres interviennent peu durant la phase de chargement et de développement des microfissures. De plus, les fibres doivent avoir des dimensions compatibles avec le type de fissures, le niveau de résistance du béton et la taille des granulats.

Pour les microfissures, il est conseillé d'utiliser des fibres courtes en grande quantité, et pour les macros fissures, des fibres longues quantité moindre afin d'assurer une bonne ouvrabilité. Dans le cas où la rupture peut arriver à l'interface matrice-granulats, il est recommandé d'utiliser des fibres d'une longueur correspondant 2 à 3 fois le diamètre maximal des granulats de manière à assurer un ancrage suffisant dans la matrice cimentaire. [15]

L'effet des fibres est donc surtout perceptible en traction. Un béton sans renfort, une fois fissuré, n'est capable de supporter que de faibles efforts par endommagement et ponts de matière. Ceci se traduit par une chute brutale de contraintes reprises, comme le montre la courbe de comportement en traction directe correspondant à une teneur en fibre de 0% sur la figure 1. Avec un renfort de fibres, les contraintes dans la fissure sont transmises au béton. Les fibres, en cousant la fissure, assurent une continuité structurale et permettent au béton d'avoir un comportement ductile en lui confère une capacité portante post-fissuration. [11]

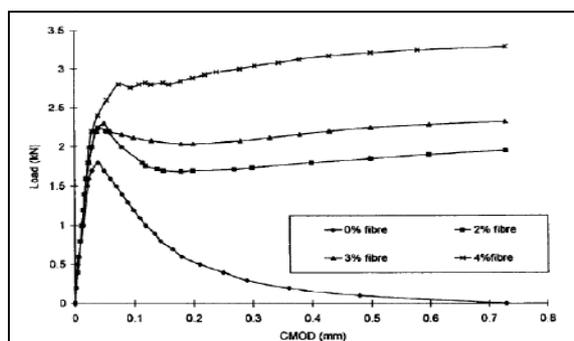


Figure 6: Comportement en traction directe en fonction du pourcentage en fibres métalliques.

L'étude du comportement en traction par flexion permet de mieux mettre en évidence l'effet d'un renfort de fibres via le gradient de déformation. L'addition de fibres entraîne une augmentation de résistances et une augmentation de la ductilité (**Figure 6**). Le comportement post-fissuration est significativement amélioré.

L'augmentation de la résistance résiduelle est due aux ponts et liaisons créés par les fibres placés stratégiquement et qui cousent les fissures. Lorsque les résistances résiduelles sont supérieures à la résistance au pic, on dit que le béton a un comportement ductile durcissant. Le processus de rupture se développe lors de la perte de ces liaisons et du déchaussement des fibres ou de la rupture de ces dernières. Ce phénomène est fonction de la forme, de la taille des fibres et de leur adhérence à la matrice cimentaire.

Le comportement en compression n'est que peu influencé par la présence des fibres. Les fissures créées ne permettent pas aux fibres d'être sollicitées suffisamment pour améliorer significativement le comportement du béton.

Néanmoins, le comportement des bétons renforcés de fibres, quel que soit le type de sollicitation, dépend fortement du type de fibres choisi, de leur géométrie, de leur distribution et de leur orientation, ainsi que de la compacité du béton qui les contient.

8.1. Domaines d'application des bétons fibres

Tableau 2: Domaines d'application des bétons fibres.

Types de fibres	Dosage courant	Domaine d'application privilégié	Exemples d'application
Fibres métalliques	0.5 à 2% en volume 40 à 160 kg/m ³	Renforts pour bétons structuraux et armature structurelle	-dallages, sols industriels, planchers dalles de compression -éléments préfabriqués -voussoirs de tunnels, poutres, conteneurs, tuyaux -béton projetés en travaux souterrains, stabilisation de pente et ouvrages d'assainissement -pieux de fondation, semelles filantes
Fibres polypropylène	0.5 à 2% en volume 0.5 à 2 kg/m ³	Limitation de la fissuration liée au retrait Amélioration de la tenue au feu des bétons	-dallages -voussoirs de tunnels Revêtements d'ouvrages souterrains -mortiers projetés -parements esthétiques
Fibres de verre	1 à 2%	Réalisation d'éléments préfabriqués très minces	-parements architectoniques -panneaux de façade -éléments décoratifs

8.2. Orientation et distribution des fibres

L'orientation et la distribution des fibres affectent les performances et les caractéristiques des BAP fibrés à l'état durci. Petersson [15] a réalisé une étude sur la

distribution des fibres métalliques dans la boîte en L, qui a consisté à réaliser des photographies aux rayons X des sections transversales du béton durci.

Les conclusions retenues sont que les fibres étaient relativement bien distribuées, bien qu'une légère ségrégation des fibres soit observée par rapport aux gros granulats. Par ailleurs, il a été constaté que la majorité des fibres étaient orientées dans le sens de l'écoulement ; cet effet était plus prononcé pour des fibres de plus grande longueur.

Groth et Nemegeer [16] a aussi conclu que l'écoulement oriente les fibres. Même si l'écoulement propre aux BAP confère aux fibres une orientation préférentielle, le même auteur est arrivé à la conclusion selon laquelle, aux dosages en fibres courants, l'effet de ce renfort est relativement le même pour un béton vibré ou autoplaçant du moment qu'ils ont la même classe de résistance et le même type et dosage en fibres. Cette conclusion a été tirée en se basant essentiellement sur les performances en flexion.

8.3. Avantages du béton fibré

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

8.3.1. Aspect technique

L'utilisation d'un béton fibré est avantageuse principalement au niveau du contrôle de la fissuration ainsi que du support de charge, tout dépend du type de fibres et du dosage utilisé.

8.3.2. Aspect économique

Les principaux avantages économiques des bétons fibrés sont :

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

8.3.3. Les principaux avantages techniques sont

- ✓ Un renforcement tridimensionnel uniformément distribué à travers le béton;
- ✓ Une augmentation de la ténacité grâce au comportement en post fissuration

(Résistance résiduelle);

- ✓ Une énergie d'absorption élevée;
- ✓ Une résistance aux impacts, élevée;
- ✓ Une résistance à la fatigue élevée;
- ✓ Une augmentation de la résistance en cisaillement.

1. Introduction

D'un point de vue historique, l'utilisation des végétaux a toujours existé, comme, par exemple, dans la construction ou bien dans le textile. Cet intérêt pour les matériaux agro-sources a doublé d'intensité ces dernières décennies dans l'industrie du composite grâce au protocole de Kyoto, qui a instauré les notions de développement durable et de protection de l'environnement. C'est pour cela que les fibres végétales ont commencé à faire leur apparition en remplacement des fibres de verre afin de fabriquer des matériaux composites plus respectueux de l'environnement.

Les fibres végétales se démarquent des fibres de verre par leurs propriétés mécaniques spécifiques élevées grâce à une faible densité, qui induira lors d'applications structurales un gain de masse se traduisant par une économie d'énergie. De plus, les fibres végétales ont aussi l'avantage d'être bio sources et certaines sont disponibles annuellement.

Les composites ne cessent d'évoluer vers des produits qui sont, soit les moins coûteux possibles, soit les plus performants, ou bien les deux à la fois. De plus, dans un souci de protection de l'environnement et de santé publique, les composites tendent à intégrer un caractère écologique. Pour réduire les fibres traditionnelles de coût élevé (carbone, verre et aramide), de nouveaux composés ont été développés. Des recherches ont porté leur attention sur les composites renforcés par les fibres naturelles. Ces composites combinent de bonnes propriétés mécaniques avec une faible densité. De tels composés offrent un certain nombre d'avantages bien connus qui incluent le coût, la disponibilité des ressources naturelles renouvelables, la biodégradabilité, etc...

2. Fibres naturelles

On peut diviser les fibres naturelles en trois grands groupes selon leur origine : les fibres végétales qui comprennent :

- ✓ Les fibres provenant des poils séminaux de gaines (coton kapok) ;
- ✓ Les fibres libériennes extraites de tiges de plantes (lin, chanvre, jute, ramie) ;
- ✓ Les fibres dures extraites de feuilles (sisal, raphia), de troncs (chanvre de manille), d'enveloppes de fruits (noix de coco) ;
- ✓ Les fibres animales qui proviennent des poils, telle que la toison animale, et sécrétions telle que la soie, les fibres minérales telles que le basalte.

La **figure1** montre les différentes matières naturelles que nous pouvons utiliser dans l'élaboration des matériaux composites :

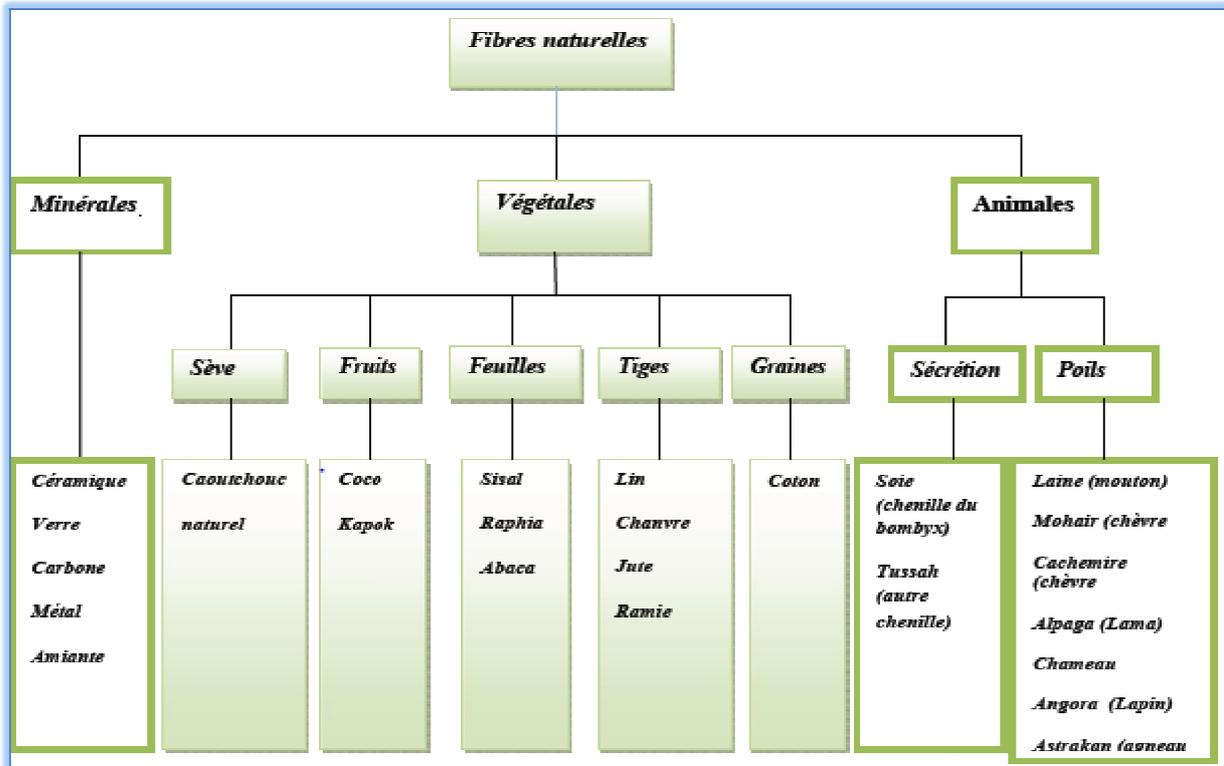


Figure 1 : Les matières naturelles animales, végétales et minérales.

Elles constituent une alternative aux fibres de verre en raison de leur recyclabilité. Néanmoins leurs propriétés doivent être encore améliorées. Elles présenteraient, toutefois, de nombreux avantages :

- ✓ Des propriétés mécaniques proches de celles des fibres de verre (module d'Young) telle que le lin ;
- ✓ Un recyclage facile (combustion) ;
- ✓ En revanche, certains inconvénients peuvent être un frein au niveau du développement industriel ;
- ✓ Une méthode de mise en œuvre difficilement reproductible (non industrielle) ;
- ✓ Des propriétés physiques non reproductibles ;
- ✓ La quantité et la qualité des fibres dépendent de l'environnement et de l'humidité ;
- ✓ Une reprise en eau importante : 8 ou 10 % du taux d'humidité ;
- ✓ Une calibration difficile.

2.1. Définition de la fibre végétale

Les fibres végétales sont des structures biologiques fibrillaires composées de cellulose, hémicelluloses et de lignine. En proportion relativement faible d'extractibles non azoté, de matière protéique brute, de lipide et de matières minérales. Les proportions de ces constituants dépendent énormément de l'espèce, de l'âge et des organes de la plante. Ils sont assimilables à un empilement de plis dont la structure est constituée d'une lamelle mitoyenne, d'une paroi primaire et d'une paroi secondaire.

2.2. Classification des fibres végétales

Il existe plusieurs critères de différenciation des fibres:

Suivant l'organe de la plante dont elles sont issues, les fibres végétales peuvent être classées en fibres de tiges (Kénafe, jute, lin, ramie), et de feuilles (Sisal, raphia, abaca, paille de graminée).

Suivant leur teneur en holocellulose (cellulose et hémicellulose) et en lignine, on peut distinguer les fibres ligneuses (dures et rigide provenant de matériels ligneux tels que le bois d'œuvre, les résidus de l'industrie du bois et les fibres non ligneuses (douces, souples, issues de végétaux non ligneux souvent annuels relativement moins riches en lignine tels que le kénafe, le chanvre, le sisal, le jute et le lin).

Suivant leur longueur, les fibres végétales peuvent être groupées en deux catégories : fibres longues, dites libérienne, provenant des tiges et d'écorce de tiges de plantes annuelles. Elles sont douces, tandis que les fibres longues issues de feuilles ou de troncs d'arbre sont plus dures et plus rigides à cause de leur richesse en lignine. Et fibres courtes ou étoupes qui sont associées aux fibres longues.

2.3. Structure et morphologie des fibres lignocellulosiques

Les fibres végétales sont principalement composées d'hémicellulose, de pectine et de cellulose, ce dernier constituant est le seul à présenter une forme cristalline conférant à la fibre des propriétés thermomécaniques intéressantes.

Une fibre présente les parties suivantes .(une vue en coupe) **figure 2** :

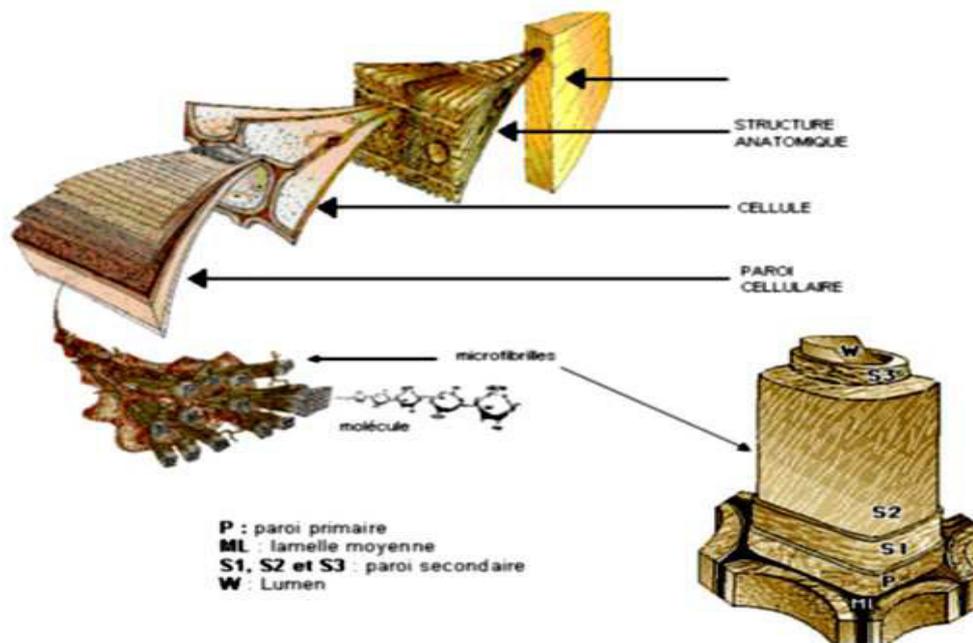


Figure 2 : Découpage de la paroi cellulaire cellules et les micro-fibrilles.

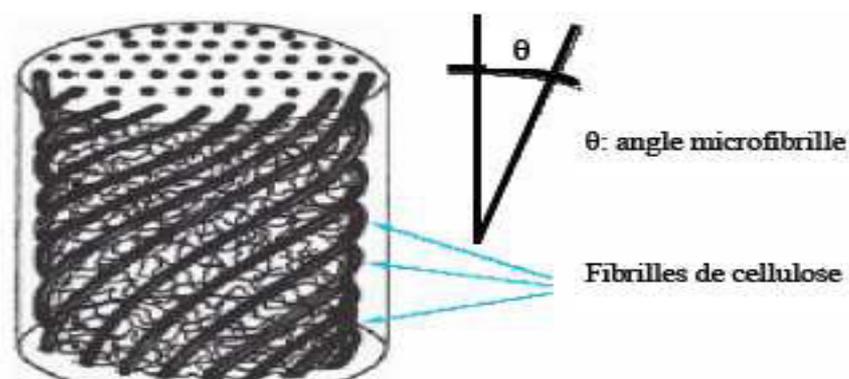


Figure 3 : Modèle de description de la structure d'une fibre végétale.

2.4. Le raphia

Le raphia est une fibre provenant des feuilles d'un palmier le Raphia, originaire de Madagascar. Le terme 'Raphia' définit à la fois le palmier et la fibre qui en est extraite, le mot est d'origine malgache.

Les feuilles peuvent atteindre 25m sur 4m.

Le raphia est une fibre textile très solide. On peut fabriquer des nattes, des cordages, du tissu d'ameublement, des liens (horticulture), des chapeaux, des mules ou encore des objets décoratifs. À Madagascar, il sert par exemple à fabriquer le jabo-landy, habit traditionnel.

Au Togo, il sert pour la fabrication des échasses : la nervure de la feuille sert à faire le montant de l'échasse elle-même (entre deux et cinq mètres), les fibres tressées servant à faire la corde qui sert à entourer la jambe contre l'échasse



Figure 4 : Raphia

Dans son milieu naturel, il pousse le long des cours d'eau ou sur les terrains marécageux. Il s'agit d'une espèce monocarpique, c'est à dire que la floraison ne survient qu'une seule fois dans le cycle de la plante. Une fois les graines formées, le stipe du palmier se dessèche et meurt. Les rejets et les graines qui germeront au sol prendront alors le relais.

Ce palmier n'est pas très haut (10 m de hauteur) mais produit des palmes pouvant atteindre jusqu'à 20 mètres de longueur, un record chez les palmiers.

Le cœur des jeunes pousses est consommé dans son pays d'origine en salades ou en plats cuisinés. Ce palmier doit son adjectif de 'farinifera' à la farine qui en est tirée après transformation et dont on fait des galettes.

2.5. Comment est produit le raphia ?

Les longues feuilles du palmier sont séchées puis découpées en fine lanières qui sera ensuite enroulées pour former le raphia que nous connaissons en bobines. La production annuelle de raphia à Madagascar est de l'ordre de 10 000 tonnes par an.

2.6. Les diverses utilisations du raphia

Comme nous l'avons vu plus haut, le palmier est utilisé dans le domaine culinaire.

Ses feuilles lorsqu'elles sont jeunes et encore fermées contiennent de la cire qui est employée à Madagascar pour cirer les meubles ou les chaussures.

Les feuilles sont utilisées en couvertures de toitures, une bonne épaisseur assurant l'isolation et l'étanchéité.

La fibre issue des feuilles de ce palmier, une fois vivement colorée, sert aussi au tressage d'objets traditionnels de décoration comme de petits animaux (crocodiles, girafes, tortues, éléphants, caméléons...), mais aussi de paniers, sets de table, nattes, boîtes, ou chapeaux !

Chez nous cette fibre vendue en bobines sert aux jardiniers à lier leurs végétaux à des tuteurs, des terillages ou à accrocher des éléments entres-eux. Petits à petits, le raphia a aussi fait son apparition dans les magasins de loisirs créatifs. Il sert alors à confectionner des objets, à habiller des pots de fleurs, des bouteilles ou des galets pour leur donner un côté très 'nature'. Il peut aussi servir de lien original pour agrémenter les papiers cadeaux.

2.7. Technique d'extraction de fibres de Raphia

A partir des feuilles tendres coupées, et à l'aide d'un couteau tranchant, on extrait la fibre en le séparant de la feuille dure. Généralement le fibre des la sortie est jaune claire. Puis il est séché sur le soleil. A l'aide d'autres plantes (feuilles, fruits, écorces, racines, sèves) on peut les colorer suivant le besoin exprimé par l'utilisateur.

3. Utilités de la plante RAPHIA en dehors des fibres

A partir de la Raphia on obtient:

- ✓ Les chaumes: pour couvrir les toitures des maisons et cases.
- ✓ Les transverses: pour soutenir les charpentes des toitures.
- ✓ Les fibres dures: pour la fabrication des bracelets ou pour touche des pièges en vue de la chasse
- ✓ Les nervures: branche principale pour fabriquer les lits appelés "grabat".
- ✓ Les fruits: servent à fabriquer les colliers.

4. Classification des Fibres Végétales

Les fibres végétales sont classées en quatre groupes suivant leur provenance.

A savoir : les fibres de feuille, de tiges, de bois et de surface.

4.1. Les Fibres de Feuilles

Ces fibres sont obtenues grâce au rejet des plantes monocotylédones. Les fibres sont fabriquées par chevauchement de paquet qui entoure le long des feuilles pour les renforcer ces fibres sont dures et rigides. Les types de fibres de feuilles les plus cultivées sont la fibre de sisal, de Henequen et d'abaca [17]. De ces fait, plusieurs chercheurs tel que : NILSSON [21], AYYAR et al [22] ont montré l'efficacité du renforcement du ciment par les fibres de feuilles.

4.2. Les Fibres de Tiges

Les fibres de tige sont obtenues dans les tiges des plantes dicotylédones. Elles ont pour rôle de donner une bonne rigidité aux tiges de plantes..Les fibres de tige sont commercialisées sous forme de paquet de cor et en toute longueur. Elles sont par la suite séparées individuellement par un processus défilage. Les fibres, une fois séparées, sont utilisées dans la fabrication des cordes ou de textile ou bien dans le renforcement du ciment et béton.

Les fibres de tige les plus utilisées sont les fibres de jute, de lin, de ramie, de sunn, de kenaf, de urena et de chanvre [23]. NILSSON [21] rapporte que les fibres de tige, les plus utilisées dans le renforcement du ciment, sont celles de sunn, de chanvre et de jute.

4.3. Les Fibres de Bois

Les fibres de bois proviennent du broyage des arbres tels que les bambous ou les roseaux. Elles sont généralement courtes. Plusieurs chercheurs [19,24] ont montré l'efficacité de ces fibres dans le renforcement des ciments.

4.4. Les Fibres de Surface

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

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

5. Caractéristiques Physiques et Mécaniques des Fibres Végétales

Généralement une fibre végétale est caractérisée physiquement par son diamètre, sa densité, et sa teneur en eau et son pourcentage d'absorption d'eau. Elle est caractérisée mécaniquement par sa résistance à la traction, son élongation à la rupture et son module d'élasticité.

Les propriétés physiques et mécaniques des fibres végétales ont été traitées par beaucoup de chercheurs [17, 18,21, 22, 25].

A titre d'exemple sur les **tableau 1** et **2** nous citons les résultats des chercheurs BLEDZKI et al. [25] TOLÈDO FILHO et al. [27] SAVASTANO et al [20].KRIKER [24], ABBANI [28].BLEDZKI et GASSAN [25], dans leur étude concernant les fibres végétales, ont constaté que la résistance à la traction et le module d'élasticité des fibres végétales sont proportionnelle à leur teneur en cellulose. Ainsi, ils ont remarqué que la résistance dépend de la forme des spirales des filaments ils constatent que les fibres à grand angle spiral ont une grande déformabilité, mais une faible résistance, tandis que les fibres à faible angle spirale ont une faible déformabilité et une grande résistance.

Sur le **tableau 1**, nous constatons que les fibres végétales sont naturellement humides. Pratiquement elles absorbent des quantités importantes d'eau à la saturation. Nous remarquons sur le **tableau 2** que la densité de ces différentes fibres est très rapprochée, alors que leurs résistances à la traction et leurs modules d'élasticité sont très variables. Cela est dû à la variation de leur composition chimiques, de leur texture et spécialement de l'orientation de leurs filaments et leur angle spiral.

Tableau 1: Les caractéristiques physiques des fibres végétales les plus utilisées.

Fibre	Diamètre (mm)	Densité (g/cm ³)	Teneur en eau à l'état naturel (%)	Absorption d'eau après 5 min (%)	Absorption d'eau à la saturation (%)
Sisal	-	1,5	-	-	-
	-	1,37	-	89,30	92
	0,08-0,30	0,75-1,07	10,97-14,44	67-92	190-250
Noix de coco	-	1,2	-	-	-
	-	1,17	-	43,20	80,40
	0,11-0,53	0,67-1,00	11,44-15,85	22-28	85-135

Tableau 2: Les caractéristiques physiques et mécaniques de quelques fibres végétales.

Fibres	Densité (g/cm ³)	Allongement à la rupture (%)	Résistance à la traction (Mpa)	Module de Yong (Gpa)
Cotton	1,5-1,6	7,0-8,0	587-597	5,5-12,6
Jute	1,3	1,5-1,8	393-773	26,5
Lin	1,5	2,7-3,2	345-1035	27,6
Chanvre	-	1,6	690	-
Ramie	-	3,6-3,8	400-938	61,4-128
Sisal	-	2,6	278	-
	1,37	5,2	363	15,2
	0,75-1,07	2,08-4,08	577,50	10,94-26,70
	1,5	2,0-2,5	511-635	9,4-22,0
Noix de coco	1,2	30,0	175	4,0-6,0
	1,17	37,7	107	2,8
	0,67-1,00	13,7-41,0	174	2,5-4,5
	1,33	-	72	2,0
Palmier Dattier	0,51-1,08	7,5-17,4	170-290	2,1-5,25

6. Caractéristiques Chimiques des Fibres Végétales

Les fibres végétales sont caractérisées par leur composition chimique qui influe énormément sur leur durabilité et spécialement dans les milieux alcalins.

La composition chimique des fibres végétales est formée de trois principaux constituants à savoir : la cellulose, l'hémicellulose et la lignine [17].

6.1. La Cellulose

C'est la principale composante des fibres végétales. C'est un polymère naturel du premier plan. Généralement, les fibres végétales sont constituées par une chaîne de fibres en cellulose.

6.2. Hémicellulose

L'hémicellulose présente dans toutes les parois de ces fibres, est un polysaccharide à chaîne courte ramifiée et repliée sur elle même. C'est le constituant responsable de l'élasticité des fibres et qui permet aux parois de s'allonger pendant la croissance.

6.3. Lignine

La lignine constitue la colle qui lie les fibres végétales entre elles ainsi que leurs parois. C'est un polymère tridimensionnel provenant de la copolymérisation de trois alcools phénylpropénoïques.

Le **tableau 3** présente la composition chimique de quelques fibres végétales (noix de coco, sisal, jute et palmier dattier) reproduit selon [24,26].

Tableau 3: Composition chimique de quelques fibres végétales [24,30].

Fibres	Cendre (%)	Cellulose (%)	Hémicellulose (%)	Lignine (%)
Noix de coco	1,44	32-43	0,15-0,25	40-45
Sisal	1,13	66-72	12,0	10-14
Jute	7,6	63	-	-
Palmier dattier	1,2	41-45	6-10	30-40

7. Conclusion

Comme tous les produits naturels, les propriétés mécaniques et physiques des fibres naturelles varient considérablement. Ces propriétés sont gouvernées par la composition chimique et structurale et dépendent du type de la fibre et des conditions de croissance. La cellulose, le composant principal de toutes les fibres végétales, varie d'une fibre à une autre.

La sensibilité à l'humidité est remarquable, les fibres naturelles sont facilement influencées par l'environnement. De manière générale la haute teneur en humidité réduit les propriétés mécaniques.

Les propriétés mécaniques des matériaux composites sont influencées principalement par l'adhérence entre la matrice et les fibres.

Si de nombreux articles ont pu montrer que les fibres végétales possédaient des propriétés mécaniques comparables aux fibres de verre traditionnellement utilisées, en revanche, les propriétés des matériaux composites les intégrant restent inférieures. De nombreuses études ont donc porté sur l'amélioration de ces propriétés, notamment par le biais de traitement physique ou chimique des fibres.

IV.1. Objectif

L'objectif de notre travail consiste à faire une étude comparative des bétons fibrés à base des fibres végétales (Raphia) en utilisant différents pourcentages (1% à 5%) avec un adjuvant (Meda fluide 40). Pour cela, nous avons réparti ce travail en deux parties :

Première partie

- Caractérisation des matières premières
- Ciment
- Sable
- Gravier
- Adjuvant (Meda fluide 40)
- Eau

Deuxième partie

- Formulation du béton (Méthode DREUX GORISSE)
- Etude expérimentale : détermination de la résistance du béton avec l'ajout des fibres végétales (raphia). Pour cela on a utilisé notre fibre avant et après traitement (avec cire)
- Résultats, discussion et conclusion générale.

IV.2. Première partie

Provenance des matières premières :

Sable 0/1 Roulé : Boussaâda

Sable 0/4 Concassé : Sétif

Gravillon 8/15 Concassé : BBA

Gravillon 15/25 Concassé : BBA

Ciments : CPJ 42.5 Meftah

Adjuvant : Medafluide 40

Eau : eau potable oued smar.

IV.2.1 Caractéristiques de fibres utilisées

Nom : Raphia

Origine : Madagascar

Provenance : Achetée

Longueur/Diamètre : 25m sur 4m

Couleur : Maron claire

IV.2.1.1. Test d'absorption

On a pris 5g de fibre avec et sans traitement, puis on l'a immergé dans l'eau durant 24h, et durant une semaine.

Les résultats sont illustrés sur les figures ci-après :

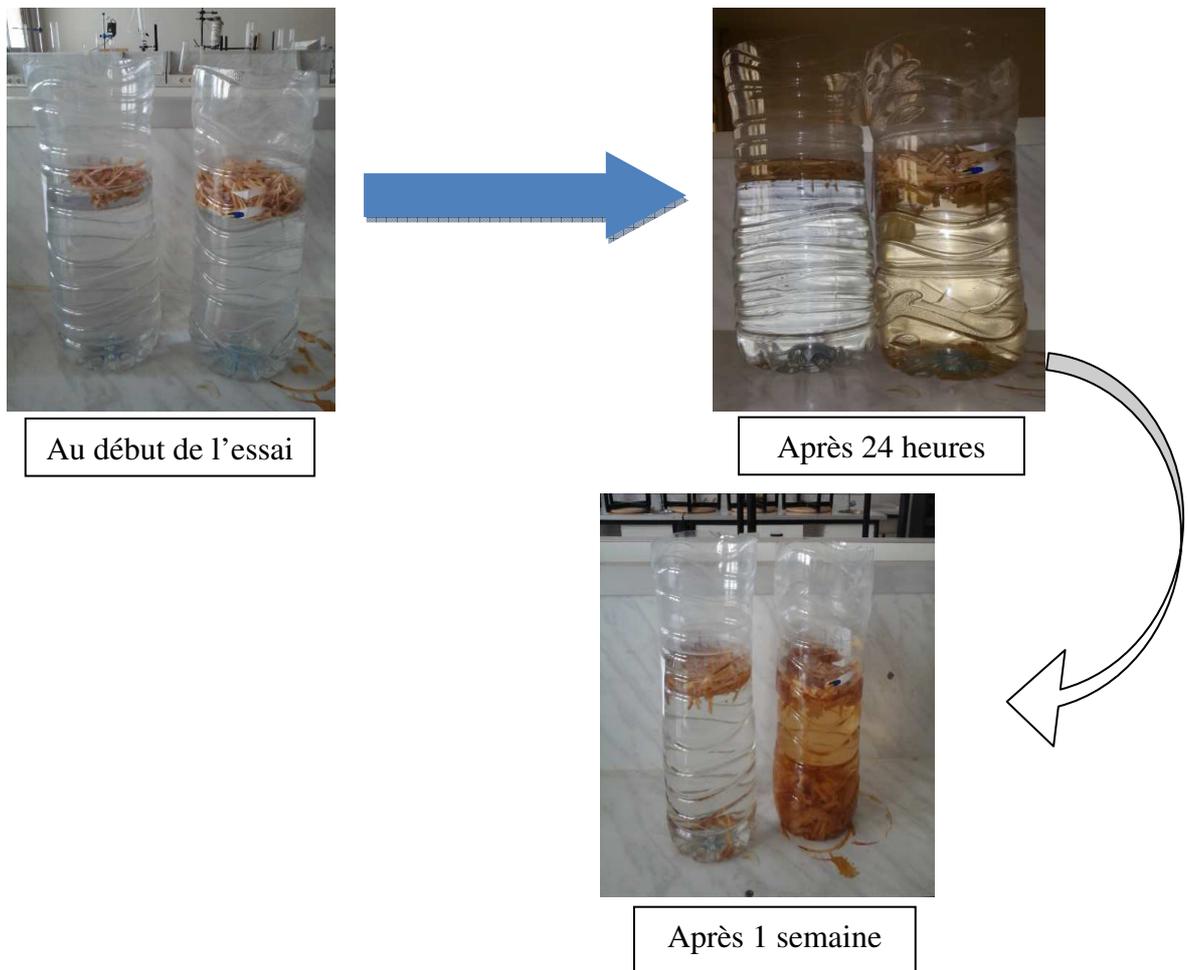


Figure IV.1 : Teste d'absorption

On remarque que les fibres sans traitement absorbent de l'eau dès le premier jour ; par contre, les fibres traitées flottent sur l'eau. Ceci peut-être expliqué par la présence de la cire qui empêche le groupement de la fibre de réagir avec les molécules d'eau.

IV.2.1.2. Masse volumique (Eprouvette graduée)

On pèse une éprouvette gradué vide (M1) puis on ajoute une quantité de fibre. Cette dernière est placée dans l'éprouvette graduée. Après avoir noté le volume correspondant (V), on procède à un tassement suffisant de la matière, et on note la masse finale (M2).

Tableau IV.1 : Masse volumique (Eprouvette gradué).

	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Masse d'éprouvette vide (g) ((M1)	280,36	280,36	280,36
Masse d'éprouvette +fibre (M2)	290,02	292,65	290,07
Volume de fibre après tassement (ml) (V)	170	185	150
Masse volumique (g/cm ³)	0.05	0.06	0.06

On calcul la masse volumique des fibres à partir de la relation suivante :

$$\frac{M_2 - M_1}{V}$$

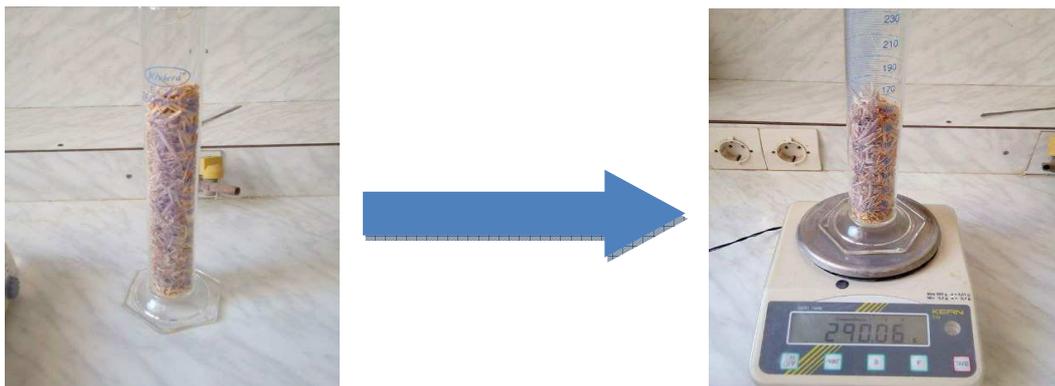


Figure IV.2 : Masse volumique.

D'après les calculs effectuées, on a: M_v (app) = 0.17g/cm³. Cette masse volumique est faible. Ce qui nous conduit à l'obtention de bétons légers.

IV.2.1.3. Essais de traction sur les fibres

Les essais de traction ont été effectués sur une machine universelle de type Zwick/Roell qui est pilotée par ordinateur, avec le logiciel test expert 12.0. Les éprouvettes subissent un étirement sous une vitesse constante (2 mm/mn). Le dépouillement des résultats nous permet d'obtenir le module d'Young, la contrainte à rupture et l'allongement à la rupture.

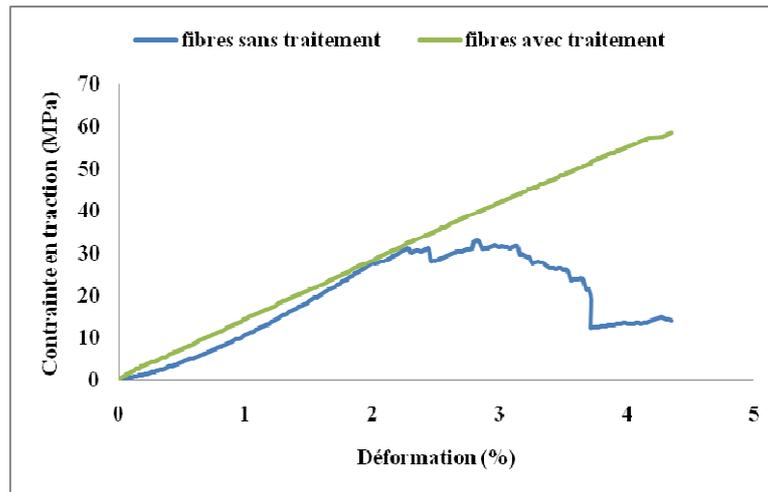


Figure IV.3 : Essais de traction des fibres.

Le traitement donne un bon comportement aux fibres, ce qui améliore leur résistance à la traction.

IV.2.2. Le Ciment

Le type de ciment utilisé est un « CEM II - 42.5 » de Meftah dont les caractéristiques sont les suivantes :

IV.2.2.1. Composition chimique

Tableau IV.2 : Composition chimique du ciment.

Eléments	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Chlorures	Ins	PAF
%	60.4	20.71	5.45	3.36	2.37	0.23	0.65	2.15	0.07	-	4.28

IV.2.2.2. Composition minéralogique

Tableau IV.3 : Composition minéralogique du ciment.

Minéraux	C3S	C2S	C3A	C4AF	CaO L	Gypse
%	52	22	03	18	01	04

IV.2.2.3. Caractéristiques physiques

Tableau IV.4 : Caractéristiques physiques du ciment.

Caractéristique	Résultats	Unités	Normes
Consistance normal	27.4	(%)	NF EN 196-3
Début de prise	165	(min)	NF EN 196-3
Fin de prise	235	(min)	NF EN 196-3
SSB	4227	(Cm ² /g)	NF EN 196-6
Masse spécifique	3.01	(g/cm ³)	NF EN 196-5
Retrait à 28 jours	< 1000	(μm/mm)	NF EN 197-7

IV.2.2.4. Caractéristiques mécaniques

Tableau IV.5 : Caractéristiques mécaniques du ciment.

Essais	Age (J)		
	2 jours	7 jours	28 jours
Resistance a la compression (MPa)	35.81	40.4	48.87
Resistance a la flexion (MPa)	4.41	6.37	8.35

IV.2.3. Le Sable

IV.2.3.1. Définition

Élément inerte entrant dans la composition des bétons .Il peut être naturel, artificiel .Les caractéristiques principales requises pour un bon sable pour la fabrication d'un béton, sont la propreté définie par l'essai d'équivalent de sable et la granularité déterminée par l'analyse granulométrique.

IV.2.3.2. Analyses granulométriques et classes granulaires réelles

L'analyse granulométrique traduit la distribution pondérale des grains par classe granulaire.

L'essai consiste à séparer par tamisage, au moyen d'une série de tamis, un matériau en plusieurs classes granulaires de dimensions décroissantes. On appelle passant (ou tamisât), la partie de matériaux qui passe à travers les tamis, et refus celle qui est retenue. Le refus et le passant sont exprimés en pourcentage de la masse totale sèche M_s de l'échantillon analysé.

Les résultats des analyses granulométriques des sables sont récapitulés dans les tableaux 6 et 7.

Tableau IV.6 : Analyse granulométrique du sable de Boussaâda.

Ouverture des tamis (mm)	Poids (gr)		Pourcentage (%)	
	Refus partiels	Refus Cumulés	Refus Cumulés	Passants
0,630	20.00	20.00	2.00	98.00
0,315	260.00	280.00	28.00	72.00
0,160	300.00	580.00	58.00	42.00
0,080	400.00	980.00	98.00	2.00
0,063	16.00	996.00	99.60	0.40

Tableau IV.7 : Analyse granulométrique du sable 0/4 Sétif.

Ouverture des tamis (mm)	Poids (gr)		Pourcentage (%)	
	Refus partiels	Refus Cumulés	Refus Cumulés	Passants
4,00	40,00	40,00	2,00	98,00
2,50	380,00	420,00	21,00	79,00
1,25	680,00	1100,00	55,00	45,00
0,63	400,00	1500,00	75,00	25,00
0,315	280,00	1780,00	89,00	11,00
0,16	120,00	1900,00	95,00	5,00
0,08	60,00	1960,00	98,00	2,00
0,063	30,00	1990,00	99,50	0,50

IV.2.3.3. Module de finesse (FM)

Le module de finesse FM est défini comme étant la somme des pourcentages ramenés à l'unité, des refus cumulés sur la série de tamis d'ouvertures suivantes : 0.125 - 0.25 - 0.5 - 1 - 2 - 4 mm (dans l'ancien référentiel par la série 0.16 - 0.315 - 0.63 - 1.25 - 2.5 - 5).

L'essai a été réalisé selon les modalités de la norme NF P18-560.

Le résultat obtenu est présenté dans le tableau 8.

Tableau IV.8 : Valeur des modules de finesse.

Class Granulaire	Module de Finesse MF	Valeur spécifiée
0/1 BOUSSADA	0.64	2.2 < MF < 2.8
0/4 SETIF	3.35	
Mélange de sable (32% (0/1) + 68% 0/4)	2.5	

Module de finesse : (Valeur série française)

Sable Grossier (C) : $2.8 < MF < 3.2$

Sable préférentiel (A) : $2.2 < MF < 2.8$.

Sable fin (B) : $1.8 < MF < 2.2$

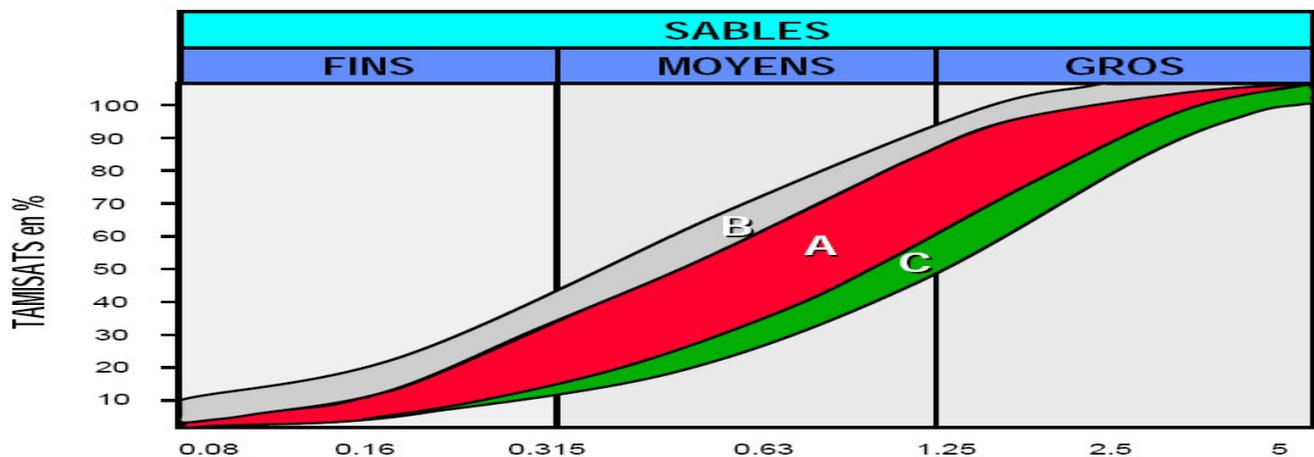


Figure IV.4 : Fuseaux granulaire des différents types de sable

IV.2.3.4. Equivalent de sable (ES) NF EN 933-8

L'essai d'équivalent de sable permet de mesurer la propreté d'un sable. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins contenus dans ce sable.

L'essai consiste à faire flocculer les éléments fins d'un sable mis en suspension dans une solution la vante puis, après un temps de mise au repos donné, on mesure la hauteur des éléments sédimentés. Il est effectué sur la fraction du sable passant au tamis à mailles carrées de 2 mm.

L'équivalent de sable (ES) est le rapport multiplié par 100 de la hauteur de la partie sableuse sédimentée, à la hauteur totale de matériaux (Flocculats et partie sableuse sédimentée).

Tableau IV.9 : Valeurs de l'équivalent de sable.

Classe Granulaire	E.S (%)
0/1 BOUSSAADA	60
0/4 SETIF	80

IV.2.3.5. Masse volumique

La masse volumique absolue est définie comme étant le quotient de la masse sèche de l'échantillon sur le volume occupé par la matière solide, sans tenir compte du volume des vides.

Quant à la masse volumique apparente, elle est définie comme le rapport de la masse sèche de l'échantillon sur le volume occupé par la matière solide et les vides entre les grains.

Tableau IV.10 : Valeurs des masses volumiques.

Classe Granulaire	Masse vol. Absolue (t/m^3)	Masse vol. Apparente (t/m^3)
0/1 BOUSSADA	2.61	1.49
0/3 SETIF	2.65	1.55

IV.2.3.6. Résistance à la fragmentation de sable (Friabilité)

L'essai consiste à mesurer l'évolution granulométrique d'un sable produite par fragmentation dans un cylindre en rotation à l'aide d'une charge en présence d'eau. Cette évolution granulométrique est caractérisée par la quantité d'éléments inférieurs à 0.1 mm produits au cours de l'essai.

Tableau IV.11: Valeurs de Friabilité.

Classe Granulaire	FS	VSS
0/1 BOUSSADA	48	< 60
0/4 SETIF	37	< 40

IV.2.4. Les Gravillons

IV.2.4.1. Définition

Élément inerte entrant dans la composition des bétons .Son origine est naturelle ou artificielle.

IV.2.4.2. Analyses granulométriques et classes granulaires réelles

L'essai a été réalisé selon les modalités de la norme NF EN 933-1. Les tableaux 12, 13 récapitulent les analyses granulométriques des gravillons.

Tableau IV.12 : Analyse granulométrique du gravillon 8/15 BBA.

Ouverture des tamis (mm)	Poids (g)		Pourcentage (%)	
	Refus partiels	Refus Cumulés	Refus Cumulés	Passants
16,0	145,70	145,70	4,86	95,14
12,5	1126,30	1272,00	42,40	57,60
10,0	949,70	2221,70	74,06	25,94
8,0	612,30	2834,00	94,47	5,53
6,3	78,70	2912,70	97,09	2,91
5,0	87,30	3000,00	100,00	0,00

Tableau IV.13 : Analyse granulométrique du gravillon 15/25 BBA.

Ouverture des tamis (mm)	Poids (gr)		Pourcentage (%)	
	Refus partiels	Refus Cumulés	Refus Cumulés	Passants
25,0	0,00	0,00	0,00	100,00
20,0	1843,00	1843,00	36,86	63,14
16,0	2738,00	4581,00	91,62	8,38
12,5	313,00	4894,00	97,88	2,12
10,0	27,00	4921,00	98,42	1,58
8,0	79,00	5000,00	100,00	0,00

IV.2.4.3. Masse volumique

La masse volumique absolue est mesurée par la méthode de cylindre gradué.

La masse volumique apparente est mesurée à l'aide d'un récipient métallique de 5L.

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau 14.

Tableau IV.14: Valeurs Des masses volumiques.

Classe Granulaire	Masse vol. Absolue (t/m ³)	Masse vol. Apparente (t/m ³)
8/15 BBA	2,64	1,41
15/25 BBA	2,66	1,43

IV.2.4.4. Propreté superficielle des gravillons

La propreté superficielle des gravillons est mesurée par la teneur en fines des gravillons.

La propreté des gravillons f est définie comme étant le pourcentage pondéral de particules inférieures à 0.063 mm mélangées ou adhérentes à la surface des granulats supérieurs.

Tableau IV.15: Propretés des gravillons.

Classe Granulaire	Pr (%)
8/15 BBA	0.74
15/25 BBA	0.59

IV.2.4.5. Coefficient d'aplatissement

Le coefficient d'aplatissement des granulats permet de caractériser la forme des granulats dont les dimensions sont comprises entre 4 et 63 mm.

Tableau IV.16 : Coefficient D'aplatissement.

Classe Granulaire	Ap (%)
8/15 BBA	08
15/25 BBA	07

IV.2.4.6. Essai de Dureté

Résistance à la fragmentation par chocs (LA) :

L'essai LA (Los-Angeles) consiste à mesurer la quantité des éléments inférieurs à 1.6 mm obtenus après que le matériau soit soumis au choc des boulets d'acier dans un cylindre (tambour) en rotation.

Tableau IV.17 : Coefficient LA (Los-Angeles)

Classe Granulaire	LA (%)
10/14 BBA	19

IV.2.5. Interprétation des résultats

En règle générale, les caractéristiques des granulats utilisés pour la fabrication des produits en béton, doivent répondre aux normes NF EN 12620 complétée par XP P18-545. Suite aux essais réalisés au laboratoire sur des échantillons de granulats (sable et gravillon), on peut conclure que :

Le sable de Sétif est un granulat courant (densité de $2\div 3$) de granularité 0/3 ayant un module de finesse (MF = 3.35), ce qui correspond à un sable de finesse trop grossier propre (SE= 80%). L'allure de la courbe granulaire n'appartient pas au fuseau préférentiel des sables pour béton. Nous recommandons donc d'utiliser un sable correcteur (sable Jaune de Boussaâda ayant un MF = 1.05) à raison de 25 à 30% dans le mélange du sable reconstitué.

L'analyse au laboratoire nous a permis de juger que ces matériaux présentent des caractéristiques acceptables vis à vis des spécifications de la norme NF EN 12620 (Aout 2002) (Granulats pour bétons hydrauliques) complétée par XP P18-545.

Le module de finesse du sable de mélange $M_f \text{ mél.} = 2.50$.

Les gravillons en provenance de la carrière BBA sont des granulats propres, durs et denses, de granularités réelles 8/15 et 15/25 acceptables pour la confection des bétons courants, à condition de veiller à la régularité des classes granulométriques, la forme et la propreté.

L'analyse au laboratoire nous a permis de juger que ces granulats présentent des caractéristiques acceptables et satisfaisantes vis à vis de la norme NF EN 12620 (Aout 2002) (Granulats pour bétons hydrauliques) complétée par XP P18-545.

IV.3. La deuxième partie

IV.3.1. Formulation du béton

IV.3.1.1. Définition

La formulation d'un béton consiste à trouver les proportions des différents constituants permettant de satisfaire un cahier de charges, répondant à des critères techniques, à partir des matériaux utilisés.

En général, il n'existe pas de méthode de composition du béton qui est universellement reconnue comme étant la meilleure. Parmi ces nombreuses méthodes (BOLOMEY ; JOISEL, VALLETT, DREUX-GORISSE, FAURY etc.) Plus ou moins compliquées qui ont été élaborées pour trouver la formulation d'un béton. Nous décrivons la méthode (DREUX-GORISSE) que nous avons utilisée. Elle est basée sur l'analyse granulométrique (sable et différentes fractions de gravier).

Tableau IV.18 : La composition de la formulation

Composants	(%)	Volume Abs (l/m ³)	Poids (kg/m ³)	Volume Apparent (l/m ³)
0/4 Sétif	35	234	614	409
0/1 Boussaâda	13	88	231	152
15/25 BBA	27	181	486	340
8/15 BBA	25	168	450	319
Ciment : CPJ 42.5 MEFTAH	-	129.0	400	-
Eau potable (OUED SMAR)	-	168	168	168
Adjuvant : medafluide40	2	-	8.00	-
TOTAL	100	-	2356	-
(E/C) = 0.42			(G/S) =1.11	

IV.3.1.2. Modalités des essais

L'affaissement du béton frais a été mesuré par le cône d'Abrams, conformément à la norme NF EN12350-2. Les essais mécaniques à la compression ont été mesurés à l'âge 14 et 28 jours, sur des éprouvettes prismatique (7*7*28) cm, conservées après démoulage, dans l'eau à 20 à 25°C.

La résistance à la compression a été déterminée conformément à la norme EN 12390-3 (2012).

Les valeurs de l'affaissement du béton frais sont données dans le tableau suivant.

Tableau IV.19 : Les valeurs de l'affaissement du béton frais.

	Affaissement (cm)	Ciment (Kg/m ³)	Eau (l/m ³)	E/C	Mise en place
Béton Témoin	14	400	168	0,42	Vibration

Pour mieux maîtriser les quantités proposées et surveiller la quantité d'eau à mettre en œuvre dans la composition de mélange. Le dosage est pondéré par l'humidité relative des granulats.

On distingue quatre degrés d'humidité :

Sec : cas rare	Sable (S) 0 à 3%	Gravier (G) 1%
Humide : cas courant	(S) 4 à 7%	(G) 3%
Mouillé : suite à pluie importante	(S) 8 à 11%	(G) 5%
Trempé : cas rare saturé en eau	(S) 12 à 15%	(G) 6%

Notre travail présente une étude sur les bétons renforcés par différents pourcentages des fibres végétales, afin d'estimer l'influence de ces dernières sur les caractéristiques du béton à l'état durci.

Nous avons procédé à la formulation de trois séries de béton en utilisant la méthode de DREUX GORISSE :

Tableau IV.20 : Les pourcentages des fibres.

Béton Témoin (BT)	0% de fibre
Béton Fibré 1 (BFV1)	1% de fibre
Béton fibré 2 (BFV2)	2% de fibre

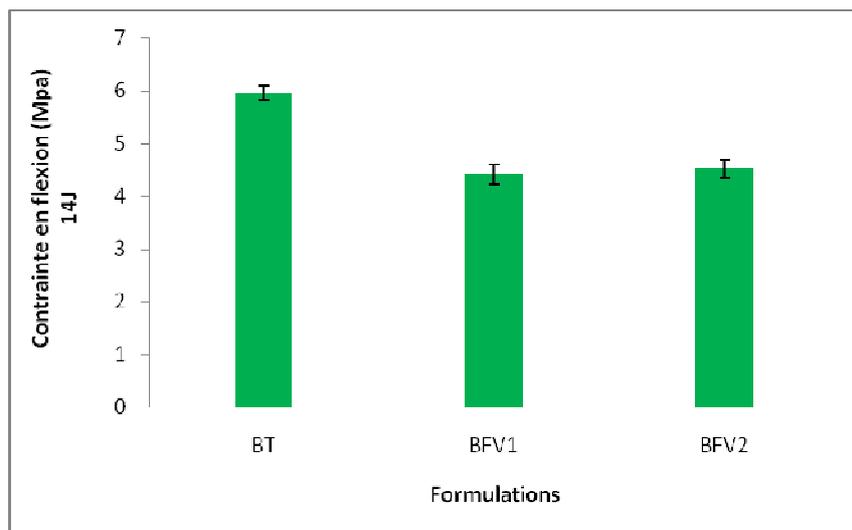
IV.3.1.3. Les bétons fibrés sans traitement

IV.3.1.3.1. Résistance à la flexion

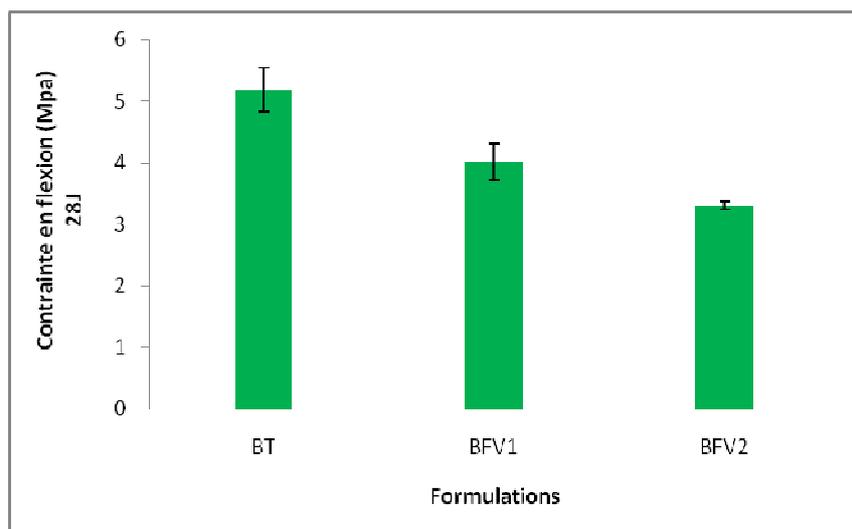
Tableau IV.21 : Résistance à la flexion à 14 jours des fibres naturelles.

Type d'échantillon	BT	BFV1	BFV2
Résistance à la flexion (MPa) à 14 jours	3,50	4,41	4,52
Résistance à la flexion (MPa) à 28 jours	3,18	4,01	3,30

L'histogramme suivant présente la résistance à la flexion de chaque béton à 14 jours.

**Figure IV.5** : Résistance à la flexion à 14 jours.

L'histogramme suivant représente la résistance à la flexion de chaque béton à 28 jours.

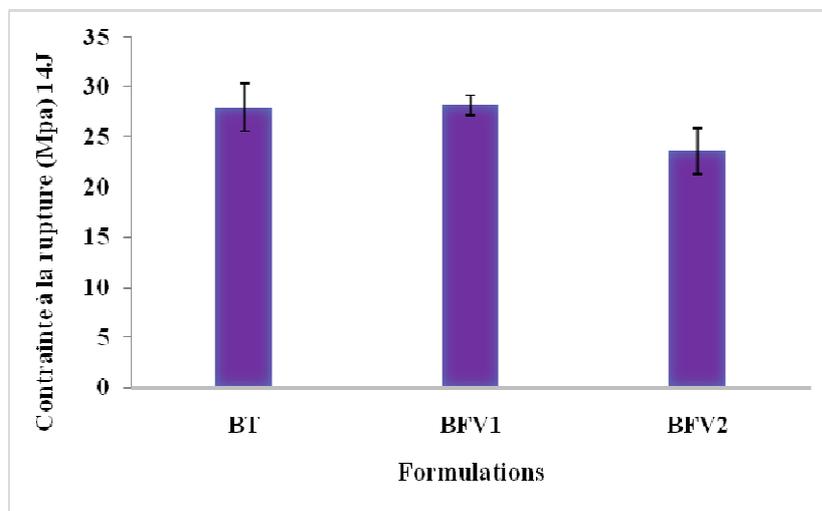
**Figure IV.6** : Résistance à la flexion à 28 jours

IV.3.1.3.2. Résistance à la compression

Tableau IV.22 : Résistance à la compression à 14 jours.

Type d'échantillon	BT	BFV 1	BFV 2
Résistance à la compression à 14 jours (MPa)	27,20	28,11	23,56
Résistance à la compression à 28 jours (MPa)	45,20	42,84	21,94

L'histogramme suivant représente la résistance à la compression de chaque béton à 14 jours.

**Figure IV.7** : Résistance à la compression à 14 jours.

L'histogramme suivant présente la résistance à la compression à 28 jours.

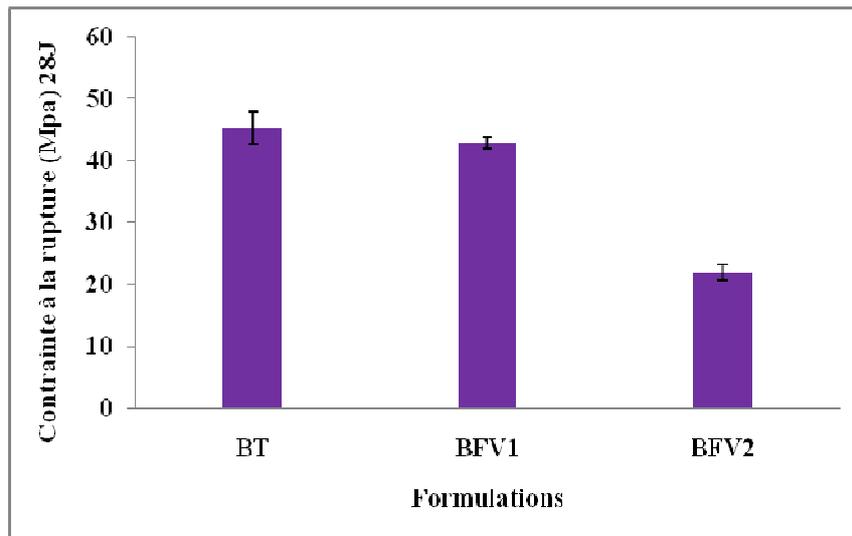


Figure IV.8 : Résistance à la compression à 28 jours.

IV.3.1.4. Les bétons avec traitement des fibres (la cire)

IV.3.1.4.1. Introduction

L'utilisation des fibres non traitées présentent un inconvénient : Elles absorbent d'eau, donc on a :

- ✓ Perte de maniabilité (diminution d'affaissement)
- ✓ Mise en œuvre difficile du béton

Pour éviter ces problèmes, nous nous sommes proposés de traiter les fibres avec de la cire.

Ensuite, nous avons réalisé cinq formulations de béton à base des fibres traitées.

Tableau IV.23 : Béton à base des fibres traitées.

	BFV1	BFV2	BFV3	BFV4	BFV5
Béton Fibré	1%	2%	3%	4%	5%

IV.3.1.4.2. Résistance à la flexion

Tableau IV.24 : Résistance à la flexion à 14 jours.

Type de l'échantillon	BFV 1	BFV 2	BFV 3	BFV 4	BFV 5
Résistance à la flexion (MPa) 14j	6,64	6,31	6,44	6,83	5,7

L'histogramme suivant présente la résistance à la flexion à 14 jours

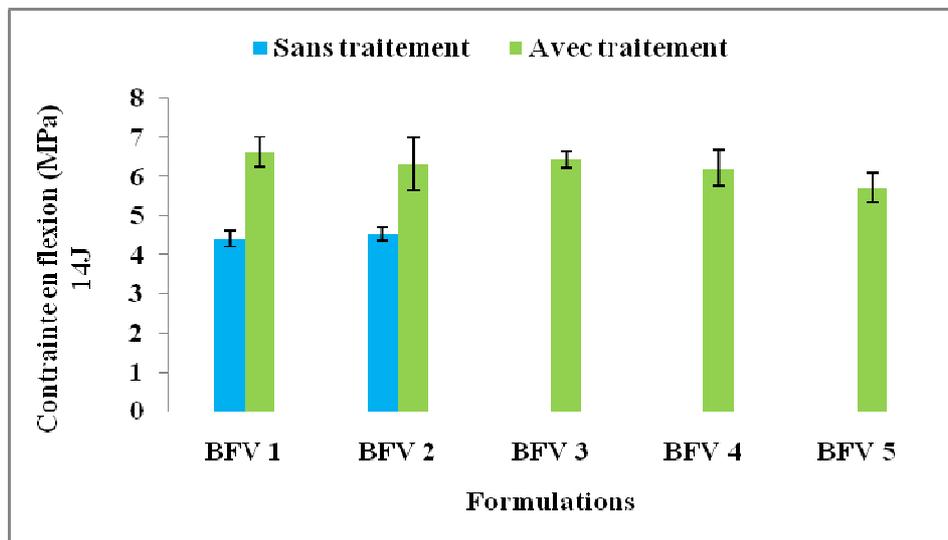


Figure IV.9 : Résistance à la flexion à 14 jours.

Tableau IV.25 : Résistance à la flexion à 28 jours.

Type de l'échantillon	BFV 1	BFV 2	BFV 3	BFV 4	BFV 5
Résistance à la flexion (MPa) 28j	4,46	6,65	6,36	6,83	6,51

L'histogramme suivant présente la résistance à la flexion à 28 jours

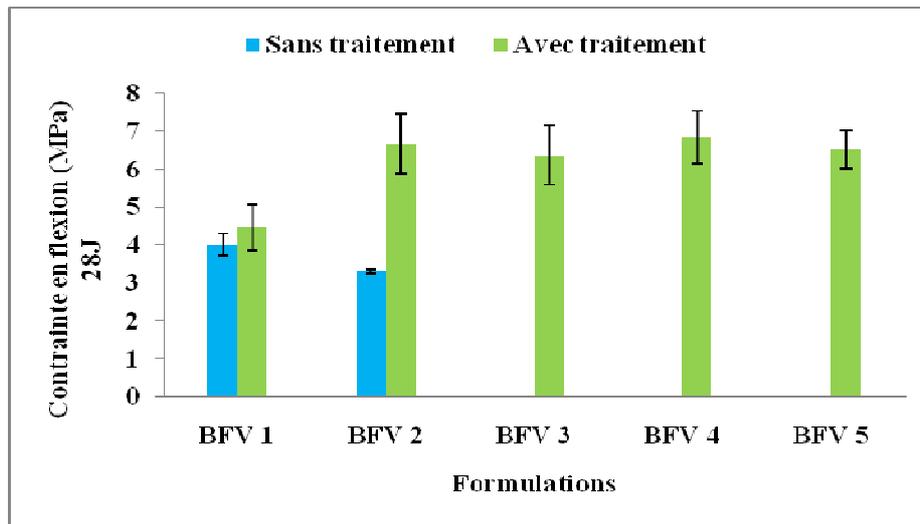


Figure IV.10 : Résistance à la flexion à 28 jours.

IV.3.1.4.2. Résistance à la compression

Tableau IV.26 : Résistance à la compression à 14 jours.

Type de l'échantillon	BFV 1	BFV2	BFV4	BFV 4	BFV5
Résistance à la compression (MPa) 14j	56,36	64,68	43,95	30,81	18,05

L'histogramme suivant présente la résistance à la compression des bétons

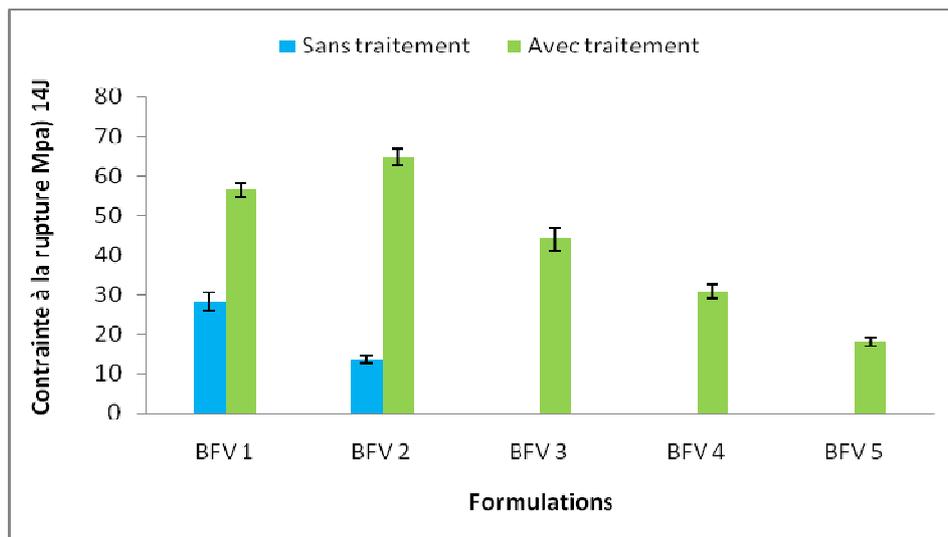


Figure IV.11 : Résistance à la compression à 14 jours.

Tableau IV.27 : Résistance à la compression à 28 jours.

Type de l'échantillon	BFV 1	BFV 2	BFV 3	BFV 4	BFV 5
Résistance à la compression (MPa) 28 j	67,4	54,65	40,4	41,1	40,32

L'histogramme suivant présente la résistance à la compression à 28 jours

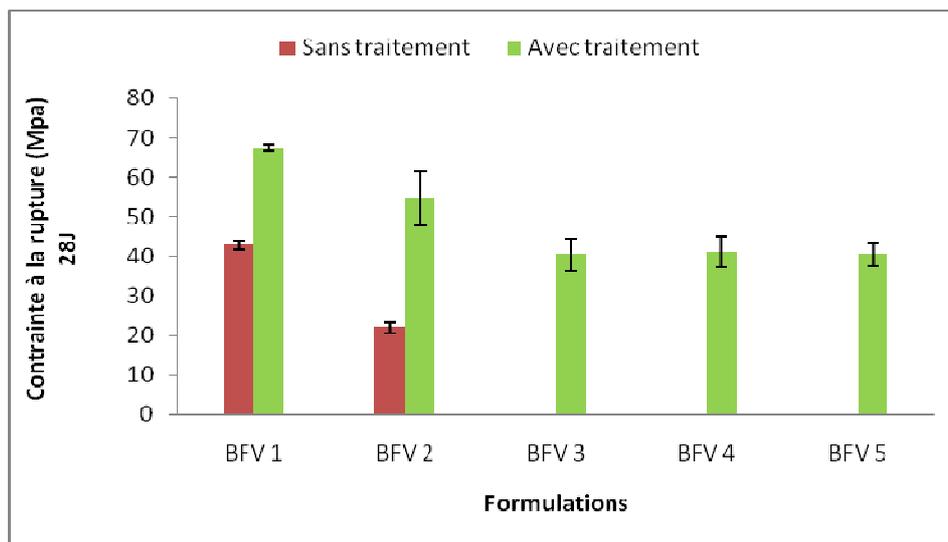


Figure IV.12 : Résistance à la compression à 28 jours.

Conclusion

La formulation à base de 1% de fibres traitées, donne les meilleures résistances, une bonne maniabilité, donc facilité de mise en œuvre).

Les autres mélanges donnent de bonnes résistances, mais présentent quelques problèmes tels que :

- ✓ Diminution de l'affaissement à cause du taux de fibre élevé.
- ✓ Diminution de la partie sableuse remplacé par les fibres, qui provoque une diminution de la fluidité (béton trop ferme).
- ✓ Augmentation du taux de fibre qui provoque des anomalies dans le béton
- ✓ Diminution de la partie sableuse qui diminue la compacité (augmentation du volume du vide dans la matrice du béton) qui entraîne la chute des résistances mécaniques.

En général, dans les bétons fibrés, il est difficile d'assurer une distribution homogène des fibres dans un volume de béton ; on peut s'approcher à une distribution idéale par un meilleur malaxage et un bon traitement des fibres.

Bibliographie

- [1] ADAM. M. NEVILLE. (Propriétés des bétons) Eyrolles Paris, 2000.
- [2] GEORGES DREUX, JEAN FESTA « Nouveau guide de béton et de ses constituants » 8^{ème} édition Eyrolles Paris 1998.
- [3] S. DOUAR (GRANITEX NP), NA : adjuvant pour béton, mortier et coulis : Définition classification et marquage .séminaire de formation.
- [4] Thèse doctorant Stéphan ASSIE : durabilités de béton. laboratoire matériaux et durabilité des constructions INSA-UPS génie civil, 135 avenue de Ranguil, 31077 Toulouse cedex .année 2004.
- [5] Thèse en cotutelle internationale Mohamed Rissel Khalifa effet de l'attaque sulfatique externe sur la durabilité des bétons, université de Constantine juin 2009.
- [6]: FRITIH Y, «apport d'un renfort de fibres sur le comportement d'éléments en béton», thèse de doctorat université de Toulouse juillet 2009.
- [7]: BOULEKBACHE B. HAMRAT M. CHEMROUK M. and AMZIANE S, 2009, «Influence of the rhéologie of steel fibers' Reinforced Concretes on their Mechanical Properties». European Journal of Environnementalkj and Civil Engineering.
- [8]: BENKECHKACHE G, «Etude de comportement diffère des bétons .influence des paramètres de composition et de chargement», Thèse de Magister Novembre 2007 Université Mentouri Constantine.
- [9]:GUILLAUME, «Etude des interactions chemo-mécaniques pour la simulation du cycle de vie d'un élément de stockage en béton», thèse doctorat de l'université de Toulouse septembre 2008.
- [10]: ROSSI P, «Les bétons de fibres métalliques ponts et chaussées», Paris (1998).
- [11]: 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.
- [12]: SUKONTASUKKUL P,(2004) ,« toughness evaluation of steel and polypropylene fiber reinforced concrete beams under bending »,thammasat international journal of science and technology.
- [13]: COTTERELL B, (1996), « Fracture mechanics of cementations materials», blackie academic et professional, London/Chapman and hall.
- [14]:Bentur A., Mindess S. (1990) Fibers reinforced cementous composites, Elsevier.

Bibliographie

[15] :Johnston C.D. (1996) Proportioning, mixing and placement of fibre-reinforced cements and concretes, Production Methods and Workability of Concrete Proceedings of the International RILEM Conference, edited by Bartos, Marris and Cleland, London.

[16]:Taylor M., Lydon F.D., Barr B.I.G. (1997) Toughness measurements on steel fibre-reinforced high strength concrete. Cement and Concrete Composites.

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

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

[19] SWAMY, R. H. S, AHUJA, B. M, KRISHAMOORTHY, S.Behavior of concrete reinforced with jute, coir, bamboo fibers?. The international journal of cement composite and light weight concrete, volume 5, p 13 N°1, 1984.

[20] SAVASTANO, Jr.H., AGOPYAN,V. Transition zone studies of vegetable cement paste composites..cement and concrete, composites , 21, pp.49-57, 1999.

[21]NILSON, L. Reinforced Concrete with Sisal and other vegetable fiber Swedish Council for Building Research, document D14, 1975.

[22] AYYAR, T.S.R. and MIRIHAGALLA, P.K. Elephant grass fibers and reinforcing fiber.Magazine of Concrete Research , Vol. 28, pp.162-67, 1976.

[23] COUTTS, R.S.P.Flax fibers as a reinforcement in cement mortar , the international journal of cement composites and lightweight concrete, vol.5 N°4,pp 257-262, 1983.

[24] KRIKER. A.Caractérisation des fibres de palmier dattier et prop

2

riétés

des bétons et mortiers renforcés par ces fibres en climat chaud et sec .

Thèse de doctorat d'état, ENP, Alger, 2005.

[25] TOLÈDO, F.R.D., SCRIVENER, K., ENGLAND, G.L., GHAVAMI, K. Durability of alkali-sensitive sisal and coconut fibers in cement mortar composites.ELSEVIER, Cement and concrete composite,volume 22, pp.127-143, 2000.

Bibliographie

- [26] LACROIX, R., FUENTES, A. et THONIER, H. Traité de béton armé. Édition EYROLLES Paris, 1982
- [27] TOLÈDO, F. R. D, GHAVAMI, K., ENGLAN, D. G. L, SCRIVENER, K. Development of vegetable fibers-mortar composites of improved durability .ELSEVIER, Cement and concrete composite, volume 25, p12,2003.
- [28] ABBANI, S. Caractérisation et durabilité des bétons renforcés de fibres végétales de palmier dattier. Mémoire de magister, université de Ouargla, 2003.
- [21] MOKHTARI, F., ?Contribution à l'étude des composites à base de liants pouzzolaniques et de bambou?. Thèse de docteur, INSA Lyon, 1991.
- [22] SWAMY, R. N., ?Properties of high-strength concrete ? Cement concrete and aggregates vol.8, N°1, pp.33-41, 1986.
- [23] DEVENNE, L., SOURIDIS, C., PIAU, J. M., ?Un code de calcul pour la prévision du comportement de structures en dommageables en béton, en béton armé, ou en béton de fibres ? Annales ITBTP, N°478, 1989.
- [24] MANGAT, P. S, AZARI, M.. Influence of steel fiber reinforced on the fracture behavior of concrete in compression. The international journal of cement composite and light weight concrete, volume 6, N°4, 1984.
- [25] KHENFER. M. M, BALI. A, MORLIER. P. The effect of water and fiber length on the fracture resistance of cellulosic fibers cement. Concrete science and engineering, Vol. 2, pp. 56-62, Mars 2000.
- [26] KHENFER, M. M., MORLIER, P., Caractérisation et microstructure des ciments renforcés de fibres de cellulose. Bulletin des L.C.P.C 224 ,Réf 4236, pp.49-58, Jan-Fev 2000.
- [27] GRAM, H. E., Durability of natural fibers in concrete , Swedish cement and concrete research Fo.1:83, p.255, 1983.
- [28] SERSALE, R., " Structure et caractérisation des pouzzolanes et des cendres volantes ". 7ème congrès International de la chimie de ciments. Volume 1. Paris, 1980.

NOTICE TECHNIQUE

2 1 2 3

MEDAFIUID 40Conforme à la norme EN 934-2, T40 1 ET
TAB 3 ET TAB 10, NA 774

Plastifiant / réducteur d'eau

DESCRIPTION

Le **MEDAFIUID 40** est un plastifiant réducteur d'eau. Il est compatible avec tous les types de ciment.

DOMAINES D'APPLICATION

Le **MEDAFIUID 40** est recommandé pour la confection des bétons suivants :

- Béton prêt à l'emploi
- Béton pompé sans forme de ségrégation
- Béton de massifs
- Fabrication de dalles et pré-dalles
- Bétons BCR
- Bétons entaillés

PROPRIÉTÉS :

Grâce à ses propriétés physico-chimiques, le **MEDAFIUID 40** permet :

Sur béton frais :

- Diminuer le rapport E/C
- Augmenter le slump
- Faciliter la mise en œuvre du béton
- Éviter la ségrégation

Sur béton durci :

- Augmenter les résistances mécaniques
- Augmenter la compacité
- Augmenter l'impérabilité
- Augmenter la durabilité
- Éviter la formation de nids d'abeilles

Résistances mécaniques en compression
(béton dosé à 350 kg/m³, E/C=0,42, A/B=1/3,0)

Désignation	F _c (MPa)	
Jeune	7,1	28,1
Tendré	21,5	33,0
MEDAFIUID 40 (1,2%)	21,5	38,00

CARACTÉRISTIQUES

- Aspect	Liquide
- Couleur	Marron
- pH	8 / 9
- Densité	1,10 ± 0,01
- Teneur en chlore	< 0,1 g/l
- Extraits sec	40 %

MODE D'EMPLOI

Le **MEDAFIUID 40** peut être ajouté dans le bétonnière à la confection du béton ou dans les camions mélangeurs :

- a) Dans le bétonnière il s'ajoute dans la décimaine partie de l'eau de gâchage et doit être suivi d'un mélange d'environ 2 minutes.
- b) Dans le camion mélangeur, le **MEDAFIUID 40** est introduit dans le tambour à l'arrêt et mélangé à grande vitesse pendant environ 1 minute par mètre cube de béton.

Ne pas ajouter le **MEDAFIUID 40** sur le béton sec.

DOSSAGE

Plage de dosage recommandée :

0,8 à 2,0% du poids de ciment. Soit 0,67 L à 1,68 L d'adjuvant pour 100 kg de ciment.

Des dosages supérieurs à 1,5% du poids de ciment (soit 1,21 d'adjuvant par 100kg de ciment) permettent d'obtenir un retard de début de prise du ciment.

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

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Le **MEDAFIUID 40** est conditionné en bidons de 12 et 24 kg, fûts de 265 kg, cubitainers de 1200 kg. La température dans l'entrepôt de stockage doit être comprise entre 5°C et 35°C.

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 conformance pour déterminer la fourchette d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier.



Zone Industrielle Oued Smar - BP85 Oued Smar - 16270 Alger

Tel : (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



MEDAFUID 40

Si le produit a gelé, le dégeler à 20°C et le remuer jusqu'à ce qu'il retrouve ses propriétés initiales.

Délai de conservation:

06 mois dans son emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur.

PRÉCAUTIONS D'EMPLOI

Manipulation non dangereuse.

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

PV d'essai conforme aux normes, établi par le CNERB en Janvier 2007.

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 fréquence d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier.



Granitex

Zone Industrielle Oued Smar - BP85 Oued Smar - 16170 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



67