République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES
Faculté des sciences de l'ingénieur

Mémoires fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme de MASTER
Département: Génie Des Procédés
Spécialité: Matériaux en Génie Civil
Filière : Génie Civil

Thème

Influence du taux et la géométrie des fibres métalliques sur le comportement physico-mécanique de béton ordinaire

Réalisé par :
KADRI Salima
OUSALEM Karima

promotrice :
M^me^ : RABEHI. B

Promotion : 2018

Remerciements

Avant tout, mes remerciements infinis sont adressés à « Dieu le tout puissant » de m'avoir donné le courage et la santé achever ce travail.

Au moment où s'achève ce travail, permettez-moi de remercier du fond du cœur, tous ceux et toutes celles qui, pendant cette période de thèse, m'ont dirigée, soutenue, aidée et encouragée.

Nos profondes gratitudes vont à notre promotrice Mme RABEHI, pour l'honneur qui nous a fait de nous encadrer, pour ces précieux conseils, ces orientations et la confiance qu'elle nous a fait, dont on garderait les souvenirs de ces qualités profondément humaines.

On tient également à exprimer nos sincères remerciements à :

- *Mr Chaid d'avoir accepté de présider le jury et de juger notre travail.*
- *Mr Chernouti d'avoir accepté d'examiner notre travail.*
- *Mr Bouchouika d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

Dédicaces

Au nom de Dieu, le très Miséricordieux, le Tout Miséricordieux

Louange à Allah, Seigneur des univers de nous avoir donné la faculté de penser, de raisonner, et d'étudier.

Aux deux êtres qui me sont plus précieux que tout le reste dans ce monde afin de les remercier pour toute leur bonté, leur générosité, leur soutien et leur patience ainsi que leur grand amour à l'égard de leurs enfants. Ces deux êtres ***ma mère*** *et* ***mon père*** *pour lesquels aucun mot ne saurait exprimer mes profonds sentiments ont leur égard.*

Mes très chers frères Wahide, Hamid et Mohamad
A Mes sœurs Djamila, Nassima, Samia, Naima et Lynda

A Mes adorable copine Djihad, Razika, Houda, Chahrazed et ma binôme karima
A tous mes ami (es) son exception et spécialement pour
Les étudiants de groupe MMGC16.

Salima

Dédicaces

C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail aux deux personnes qui se sont sacrifiées pour que je grandisse avec un savoir-faire et qui m'ont appris a ne jamais baissé les bras, et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui, sans lesquels je n'y serais jamais parvenus et qui je ne remercierais jamais assez ;

Mes très chers parents

A mes chères frères et sœurs ; hassen et mokrane

Houria ,lamia,nassira

A mes tantes et oncles maternelle et paternelle ;

A mes cousins et cousines ; noura et noura

A mes adorables Houda ;rym ;chahrazed

A mes chèrs amis ; Abdellah ;mustapha et redouane

A ma chère binôme Salima et sa famille ;

A tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin ;

Tous mes amis «es» et mes collègues.

Karíma

Sommaire

Introduction générales…… 1

Chapitre I : Généralité sur le béton

I.1 Introduction…….. 3

I.2 Historicité du béton……. 3

I.3.Généralité……. 4

I.4.Les composants de béton…….. 5

I.4.1.Pate de ciment…… 5

I.4.1.1.Le ciment…… 6

I.4.1.2.L'eau de gâchage..... 7

I.4.1.3.Additions minérales…… 7

I.4.1.4Adjuvants..... 8

I.4.2.1.Les granulats…….. 9

I.4.2.2.types des granulats……..

I.5. propriétés de béton..... 10

I.5.1. A l'état frais…….. 10

I.5.1.1.Ouvrabilité……. 10

I.5.1.2.Affaissement au cône D'ABRAMS…… 11

I.5.1.3.Maniabilité…… 12

I.5.2.A l'état durci……. 13

I.5.2 .1.Résistance à la compression……... 13

I.5.2.2.Résistance à la traction……. 13

I.5. Classification des bétons..... 13

I.6.les différents types de béton..... 14

I.6.1 béton ordinaire..... 14

I.6.2 béton autoplaçant (BAP)..... 15

I.6.3 bétons de hautes performances (BHP)……. 15

I.6.4 béton lourd…… 16

I.6.5 béton réfractaire..... 16

I.6.6 Béton projeté…… 16

I.6.7 béton compacte au rouleau (BCR)..... 16

I.6.8 béton de fibre..... 17

I.6.9 béton léger..... 17

I.7. Les domaines d'emploi du béton…… 17

I.6.Principaux avantages et inconvenants du béton …… 18

I.6.1.Avantages du béton…… 18

I.7.2.Inconvénients du béton……. 19

Chapitre II : les fibres et béton de fibre

II.1. Généralité……. 20

II.2.Béton de fibre..... 20

II.3.composition d'un béton fibré……. 21

II.4. fibre …….. 21

II.5. Caractéristiques du béton fibré …… 21

II.6.Les différents nature des fibres 22

II.6. a. Fibres d'amiante..... 22

1I. 6.b. Fibres de verre……... 22

II. 6.c.Les Fibres de Carbone..... 23

1I.6.d .Fibres de polypropylène ……... 24

II. 6.e .Fibres de cellulose..... 24

II.6. f. Les fibres végétales..... 25

II.7.Classification des fibres végétales……. 25

II. 8. Les fibres métalliques……. 26

II.8.a. Les Fibres d'acier …….. 26

II.8.b .Les Fibres Euro-Steele…… 26

II.8.c.Les Fibres Bekaert de Chez Dra mix…….. 26

II.8.d Les Fibres Harex …….. 26

II.8.h.Les Fibres à Tête d'encrage en Acier Tréfilé…… 26

II.9.Action des fibres métalliques sur les bétons ordinaires à l'état frais..... 27

II.10. Critères de choix des fibres…… 27

II.11. Propriétés mécaniques des fibres métalliques…… 28

II.12.Effet du volume des fibres……... 29

II.13.Effet de la longueur des fibres…… 29

II.14.Effet de l'aspect ratio et la forme géométrique…… 29

II.15.Demain d'application des fibres métallique..... 30

II.15.a.domaine du bâtiment……. 30

II.15.b domaine des travaux publics..... 30

II.16.Domaine d'application des bétons fibré..... 31

II.17.Le rôle des fibres dans les bétons..... 31

Chapitre III : Matériaux et méthodologies d'essai

III.1.Caractéristique des matériaux utilisés …… 33

III.1.1.Le ciment..... 33

III.1. Caractéristique physique…….. 33

III.3.Caractéristique mécaniques..... 34

III.4.Caractéristique chimique …… 34

III.5.Caractéristique hypothétique..... 34

III.5.1.Eau de gâchage……. 34

III.5.2.Les granulats..... 34

III.5.2.Sable……... 34

III.5.2.a.Caractéristiques physiques du sable EL HACHIMIA…… 35

III .6.1.gravier…….. 36

III.7.Caractéristiques physiques…… 38

VI.3. les fibres métalliques …….. 39

III.8.Formulation du béton…… 39

III.9.1.Détermination de la composition du béton …….. 40

III.9.2.traçage de courbe de référence de Dreux OAB……. 41

III.10.Les compositions de béton …… 42

III.10.1. béton témoin..... 42

III.10.2. béton fibré..... 42

III.10.3 Les formulations des bétons réalisés sont les suivantes …… 43

III.11.Méthodologies d'essais ……. 43

III.11.1.Mise en œuvre du béton …….. 44

III.12. caractéristiques de béton à l'état frais …….. 46

III.13. analyse de béton à l'état durci…….. 47

Chapitre IV : Partie pratique

II. Caractéristiques des bétons à l'état frais ……. 50

II.1. L'affaissement au cône d'Abrams…… 50

II.2.L masse volumiques……... 51

III. Caractéristiques du béton a l'etat durci …… 52

III.1.La masse volumique de béton …… 52

III.2.Les essais mécaniques ……. 54

III.2.1.Résistance à la compression ……. 54

Conclusion générales…… 60

Références bibliographiques

Liste des figures

Figure 1 : les constituants de béton……... 5

Figure2 : pate de ciment…… 6

Figure 3 : composition du ciment……. 7

Figure 4 : Addition minérales de gauche à droite : cendres volantes (classe C), métakaolin (argile calcinée), fumé de silice, cendres volants (classe F), laitier et schiste calciné…… 8

Figure 5 : action de superplastifiant défloculation des grains de ciment……. 9

Figure 06 : granulats, gravier concassé gauche et gravier arrondi droite ……

Figure 7 : essai de l'affaissement……. 11

Figure 8 : maniabilité du béton……. 12

Figure 9 : évolution de la résistance dans le temps…….. 13

Figure 10 : types de traction…… 13

Figure 11 : béton auto plaçant……. 15

Figure 12: Réparation d'un pont grâce à l'utilisation du béton projeté…… 16

Figure 13: fibre de verre……... 23

Figure 14 : fibre de carbone…… 23

Figure 15 : fibre polypropylène…… 24

Figure 16 : classifications des fibres végétales ……. 25

Figure 17 : les déférant fibre métalliques……. 27

Figure 18 : Illustration de l'apport du renfort par des fibres……... 32

Figure 19 : sace de lave du ciment…… 33

Figure 20 : sable…… 35

Figure21 : gravier 3/8…… 36

Figure 22 : gravier 8/15……. 38

Figure 23 : les éprouvettes utilisées…….. 44

Figure24 : malaxage……. 44

Figure 25 : coulage et vibration**……** 45

Figure 26 : conservation des éprouvettes…….. 46

Figure 27 : affaissement au cône d'Abrams…….. 47

Figure28 : rectifieuse……. 47

Figure 29 : essai de compression……...

Figure 30 : éprouvette soumis à la traction par flexion……. 49

Figure 31 : variation d'affaissement de cône d'Abrams en fonction des fibres (cm)…… 50

Figure 32 : variation de la masse volumique de béton on fonction de la teneur des fibres à l'état frais (kg/m^3)……... 52

Figure 33 : variation de la masses volumique en fonction du pourcentage en fibres à l'état durci à 28 J (kg /m ^{3})……. 53

Figure 3**4**: les résistances mécaniques à la compression à 28J (MPa)…… 54

Figure 35: les résistances mécaniques à la traction par flexion à 28j…….. 56

Figure 36 : résistances à la traction par flexion pour 1 % de fibres métalliques……. 57

Figure 37 : résistance à la traction par flexion en fonction de 0.75 % des fibres métalliques…… 58

Figure 38: résistance à la traction par flexion en fonction de 0.5% de fibres méttaliques 59

Liste des tableaux

Tableau .1 : pourcentage des constituants et ordre de grandeur des proportions des constituants d'un béton ordinaire …….. 3

Tableau I.2 : variation de la fluidité en fonction de l'affaissement au cône d'Abrams 11

Tableau II 1: Application du divers renforcement de fibres dans le produit à base de ciment ……. 31

Tableau III.01 : caractéristique physiques du ciment CPJ 42.5 LAFARGE…… 33

Tableau III 02: résistance à la compression et à la flexion pour prisme du ciment «40×40×160 »mm …….. 34

Tableau III 03 : composition chimique du ciment CPJ 42.5 LAFARGE …… 34

Tableau III 04 : composition minéralogique du ciment CPJ42.5 LAFARGE…….. 34

Tableau III 05 : caractéristiques physiques de sable ELHACHIMIA……... 35

Tableau III 06 : analyse granulométrique du sable 0/3 d'EL HACHIMIA…… 35

Tableau III 07 : analyse granulométrique de gravier 3/8 d'EL HACHIMIA…… 36

Tableau III 08 : analyse granulométrique du gravier 8/15 d'EL HACHIMIA…… 37

Tableau III 09: caractéristiques physiques des graviers 3/8 et 8/15D'ELHACHIMIA 38

Tableau III 10: caractérisations des fibres ondulée……. 39

Tableau III 11: caractérisations des fibres ondulées……. 40

Tableau III 12 : composition d'un mètre cube de béton formulé par la méthode Dreux Gorisse…….. 42

Tableau III 13 : composition du béton utilisé dans le malaxage……. 42

Tableau III 14 : les différentes masses des fibres utilisé dans le béton de fibre…….. 43

Tableau III 15: nombre et dimension des éprouvettes**…….** 43

Tableau VI 01 : variation de l'affaissement de béton à l'état frais…… 50

Tableau VI 02 : variation de la masse volumique de béton à l'état frais…… 51

Tableau VI 03 : variation de la masse volumique des bétons à l'état durci …… 53

Tableau VI 05 : variation des résistances à la compression à 28 j……. 54

Tableau VI 14 : variation des résistances mécaniques à la traction par flexion en fonction du dosage en fibres métalliques…… 55

Tableau VI 15 : variation des résistances mécaniques à la traction par flexion avec 1% des fibres métalliques…….. 56

Tableau VI 16 : variation des résistances mécaniques à la traction par flexion avec 0.75% des fibres métallique…… 57

Tableau VI 17 : variation des résistances à la traction par flexion à 28 j avec 0.5 % des fibres métalliques…….. 58

Introduction générale :

Le béton est actuellement l'un des matériaux de construction les plus utilisé à travers le monde .La simplicité de sa fabrication et de sa mise en place, son faible prix de revient les performances mécaniques et de durabilité qu'il assure ont légitimé son utilisation pour réaliser des ouvrages les plus divers, des notamment des bâtiments, des immeubles d'habitation, des ponts, des routes, des barrages, des centrales thermiques et nucléaires, etc.

Cependant, sa fragilité reste toujours un handicape majeur de son comportement mécanique c'est pourquoi il est armé avec des barres d'acier reprenant l'essentiel des contraintes de traction après fissuration .mais au lieu d'armer ainsi le béton ,et surtout les pièces minces qui posent des problèmes de dimension et de protection des armatures on peut songer a incorporer des fibres dans tout le matériau.

En effet, depuis longtemps les fibres sont utilisées comme renfort de plusieurs matériaux de construction afin d'accroitre leur résistance mécanique et d'améliorer leur stabilité .les anciens utilisaient la paille hachée pour stabiliser le béton de terre et pour renforcer des briques d'argile séchées au soleil certains plates étaient armés avec des poils d'animaux. Jusqu'au début de ce siècle ou l'amiante ciment est inventé, malgré qu'il soit actuellement en voie de disparation, en raison du caractère carcinogène de la fibre.

Devant l'évolution foudroyante des technologies des matériaux composites .le béton ne fait pas l'exception, les chercheurs et les producteurs de fibres ont pensé a l'incorporation des fibres comme matériau de renfort des matrices cimentaire c'est en 1960 que les premiers travaux de recherches sur les bétons de fibre ont été lancés notamment aux Etats- Unis.

Depuis lors , l'utilisation des fibres dans le béton est le plus en plus devenue une pratique courante et des applications sont développées grâce a leur capacité prouvée par l'expérience ,a limiter et contrôler la fissuration tant au jeune âge que sous sollicitations mécaniques a améliorer la résistance aux chocs , la réactance aux vibrations et résistance a la fragmentation

Les fibres peuvent être pré-mélangées de manière conventionnelle ou, introduites de manière similaire à la production de composites permettant ainsi le coulage ou la projection.

Le renforcement des bétons par des fibres améliorer leur résistance à la traction. Durant l'application et la propagation des microfissurations, ces fibres peuvent coudre les microfissures actives qui retardent l'apparition des macros fissurations et éviter ainsi la rupture brutale. Néanmoins, l'incorporation des fibres métalliques dans le béton a une influence directe sur sa maniabilité qui se traduit par une mise en œuvre souvent difficile.

L'objectif de notre travail est de voir l'influence de la géométrie des fibres métalliques sur le comportement physico-mécanique de béton ordinaire, son ouvrabilité, affaissement et sa masse volumique à l'état frais. La résistance mécanique à la compression et à la traction à l'état durci.

Le travail effectué consiste à réaliser plusieurs séries d'éprouvettes, en faisant varier les pourcentages de deux types de fibre métallique, en fixant la même composition de béton pour tout les gâchés. Enfin une étude comparative à été faites entre le béton ordinaire et celui à base des fibres métalliques.

Se travail se subdivise en chapitres :

Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur les bétons en générale.

Le deuxième chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur les bétons de fibre.

Le troisième chapitre présentera la caractérisation des matériaux utilises, dans laquelle on décrit la méthode dit «Dreux-Gorisse », utilisée pour calcule de la composition de béton, ainsi que les essais effectués sur les différentes compostions de béton à l'état frais et durci.

Le quatrième chapitre, comporte les résultats obtenus, l'analyse et l'interprétation de ces résultats expérimentaux,

On clôture ce travail par une conclusion générale.

I.1 Introduction : [1]

Le béton est un mélange de plusieurs composants très différents dont les uns sont actifs et les autres inertes .Ce matériau présente des caractéristiques qui sont fonction de celles de ces composants.

Le béton ordinaire est un terme générique qui désigne un matériau de construction composite constitué d'un mélange de granulats (sable, gravillons) agglomérés par un liant.

Le liant peut être «hydraulique», car il fait prise par hydratation, il est appelé ciment, on obtient dans ce cas un béton de ciment, ou béton tout court. Le liant peut être aussi un hydrocarboné appelé aussi bitume, ce qui conduit à la fabrication du béton bitumineux.

Le béton classique est constitué d'éléments de granulométrie différente. Le spectre granulométrique se poursuit également avec la poudre de ciment et parfois avec un matériau de granulométrie encore plus fine comme la fumée de silice. La continuité du spectre granulométrique peut être étendue vers les faibles granulométries de manière à améliorer la compacité, donc les performances mécaniques du béton.

L'eau joue un double rôle : hydratation de la poudre de ciment et amélioration de l'ouvrabilité. En l'absence d'adjuvant de type super plastifiant, la quantité d'eau est déterminée par les conditions de mise en œuvre. Un béton contient donc une part importante d'eau libre, ce qui tend à favoriser une forte porosité et donc une faible résistance du béton durci. En ajoutant un super plastifiant, appelé aussi haut réducteur d'eau, la quantité d'eau utilisée décroît et les performances mécaniques du matériau sont améliorées, c'est le cas des bétons à hautes performances (BHP).

I.2 Historicité du béton : [2]

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 19éme siècle, après l'apparition des chaux hydrauliques et des ciments.

L'invention de la chaux hydraulique par Louis Vicat en 1817, celle du ciment portland par Aspidine en Ecosse en1824 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 broyé. 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 durcie l'alumine et de l'oxyde de fer, cuit à la température de clinkérisation puis broyé. 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.

Au 20éme siècle, le béton se développa considérablement avec l4évolution de ses techniques : usage croissant des adjuvants, béton prêt à l4emploi, matériel de mise en œuvre. Dans les années quatre -vingt et quatre-vingt-dix du siècle dernier, les études relatives aux bétons à hautes performances ont montré le rôle de l4excès d'eau dans les bétons. La réduction de cette quantité d'eau par l'emploi de défloculants, a conduit aux gains de résistance allant jusqu'à 200 MPa et à une excellente durabilité. De nos jours, l'étendue des exigences possibles a augmenté de façon spectaculaire. Par exemple l'affaissement au cône d'Abrams varie de 0pour les bétons fermes à plus pour les bétons autoplacants, qui sont caractérisés d'ailleurs par des étalements. De même, les résistances en compression à 28 jours peuvent variées de l'ordre de 10 MPa pour certains bétons de masse, à des valeurs très élevées, supérieures a 200 MPa.

I.3.Généralité : [3]

Le béton est un matériau composite aggloméré constitué de granulats durs de diverses dimensions collées entre eux par un liant. Dans les bétons courants, les granulats sont des grains de pierre, sable, gravier, cailloux et le liant est un ciment, généralement, un ciment portland. Les composants sont très différents : leur masse volumique vont, dans les bétons courants de 1 (eau) à 3 (ciment) t/m3. Si le type de liant utilisé n'est pas un ciment, on parle alors, selon le liant utilisé, de béton de résine, de béton d'hydrocarboné, de béton d'argile, etc. Dans le béton où une très grande compacité est recherchée (béton HP par exemple), la dimension des éléments les plus fins peut descendre en dessous de 0,1 mm (fillers, fumée de silice). De même les granulats très légers ont des masses volumiques inférieures à 100 kg/m3. Ordre de grandeur des proportions des constituants d'un béton courant, présentés dans le tableau ci-dessous.

I.4 les composants de béton : [4]

Le béton est un mélange de plusieurs composants : ciment, eau, sable, gravier et le plus souvent, adjuvants (tableau I.1) qui constituent un ensemble plus ou moins homogène. Les composants sont très différents : les masses volumiques dans les bétons courants varient de 1 t/m3 (pour l'eau) à 3 t/m3 (pour ciment); les dimensions de leurs grains varient de 0.5 µm (grains du ciment) à 25 mm (gravillons).

Tableau .1 : pourcentage des constituants et ordre de grandeur des proportions des constituants d'un béton ordinaire

Constituants	Volume %	Poids %
Granulats	60-78	65-85
Ciments	7-14	8-18
Eau	14-22	5-9
Lair	1-6	-
G/S	1,4	2 ,2
Adjuvant	Selon la Désirée	fluidité

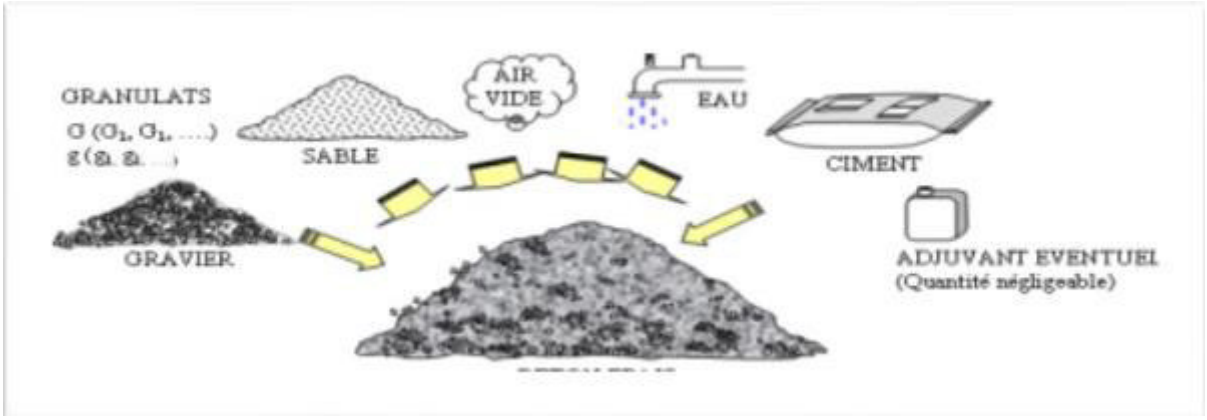


Figure 1 : les constituants de béton.

I.4.1.pate de ciment : [5]

La pâte de ciment correspond à l'ensemble (ciment + eau + air + additions+ adjuvants). La pâte présente à l'intérieur du béton, joue à la fois le rôle de liant et de remplissage. Elle contribue à l'écoulement suivant un processus rhéologique lié essentiellement à sa viscosité.

Celle–ci peut être présentée schématiquement comme une suspension des particules suspendues dans un liquide newtonien qui est l'eau.

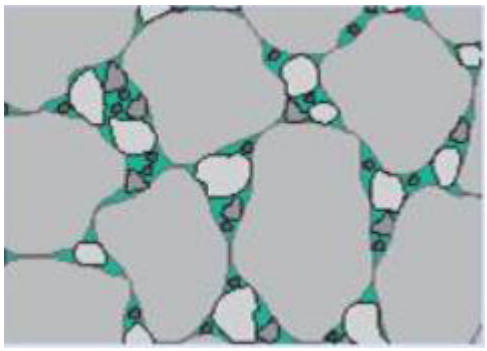


Figure2 : pate de ciment

I.4.1.1.Le ciment : [6]

Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire une matière minérale finement moulue qui, mélangée avec l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit à la suite du processus d'hydratation et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau.

Le durcissement de la pâte de ciment est principalement dû à l'hydratation des silicates de calcium. Dans les ciments, les aluminates peuvent également intervenir dans le processus de durcissement. La somme des proportions de l'oxyde de calcium (CaO) et du dioxyde de silicium (SiO_2) réactifs doit être d'au moins 50 % en masse.

Le ciment est constitué principalement de clinker Portland (K) qui est un matériau hydraulique. Il est obtenu à partir de la cuisson à haute température, supérieure à 1450°C, d'un mélange approprié de calcaire et d'argile en proportion moyenne de 80% et 20%. Les silicates et aluminates hydrauliques formés lors de celle cuisson (clinkérisation) sont :

- le silicate tricalcique, $3CaO.SiO_2$, que l'on écrit C3S ;
- le silicate bicalcique, $2CaO.SiO_2$, que l'on écrit C2S
- L'aluminate tricalcique, $3CaO.Al_2O_3$, que l'on écrit C3A ;
- L'aluminoferrite tetracalcique, $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$, que l'on écrit C4AF.
- Suivant la carrière d'origine et les performances recherchées, le clinker est constitué de 62 % à 67 % de chaux combinée (CaO), de 19 % à 25 % de silice (SiO_2), de 2 % à 9 % d'alumine (Al_2O_3), et de 1 % à 5 % d'oxyde de fer (Fe_2O_3).

Figure 3 : *composition du ciment*

I.4.1.2.L'eau de gâchage : [7]

Est un ingrédient essentiel du béton, il joue deux fonctions principales : confère au béton sa maniabilité à l'état frais (ses propriétés rhéologique) et assure l'hydratation des grains de ciment pour une prise et un durcissement.

La quantité d'eau utilisée ou plus précisément le rapport eau/ciment a une forte influence sur la porosité du béton, sa perméabilité, les résistances mécaniques, la durabilité, la microstructure, la cinétique d'hydratation, etc.

L'eau de gâchage peut avoir plusieurs origines, mais seule l'eau potable est présumée Conforme aux exigences de la norme NF EN 1008, les autres comme l'eau récupérée de la fabrication de béton, eaux d'origine souterraine, eaux naturelles de surface et eaux de rejet industriel, eau de mer et eaux saumâtre, doivent être soumises à des essais de contrôle préliminaire ainsi que les essais chimiques et mécaniques.

I.4.1.3.Additions minérales : [8]

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, la pouzzolane naturelle le laitier de haut fourneau et les cendres volantes. Ces additions minérales confèrent aux bétons frais de meilleures qualités de maniabilité, augmenter la cohésion et entrainent une diminution du ressuage et de la ségrégation du béton. D'un autre côté, les additions minérales améliorent aussi l'imperméabilité et la ténacité aux attaques chimiques

Figure 4 : addition minérales de gauche à droite : cendres volantes (classe C),métakaolin (argile calcinée), fumé de silice, cendres volants (classe F),laitier et schiste calciné.

I.4.1.4Adjuvants : [9]

Ce sont des produits chimique organique ou inorganique, incorporé en faible quantité moins de 5% de la masse du ciment sous forme de poudre ou de solution, avant ou pendent le malaxage, dans le bute de modifier certaines propriétés du béton, qu'il soit à l'état frais, pendant la prise et le durcissement ou à l'état durci. Les adjuvants sont classés par la norme NF EN 934-2, suivant leurs actions principales, même s'ils ont plusieurs actions secondaires en :

- Plastifiants/réducteur d'eau
- Superplastifiant/haut réducteur d'eau
- Rétenteur d'eau
- Entraineur d'air
- Accélérateur de prise
- Accélérateur de durcissement
- Retardateur de prise
- Hydrofuge de masse
- Plastifiant/réducteur d'eau /retardateur de prise
- Superplastifaints /haut réducteur d'eau /retardateur de prise
- Plastifiant/réducteur d'eau /accélérateur de prise

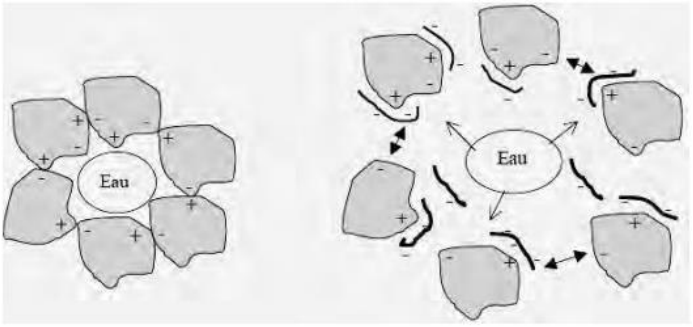


Figure 5 : *action de superplastifiant défloculation des grains de ciment* **[10]**

I.4.2.1.Les granulats : [11]

Le conseil international de la langue français a défini les granulats tels que : les matériaux granulaires inertes qui, agglomérés par un liant, constituent le squelette du béton. Les granulats représentent en moyenne 70%du volume du béton, on les trouve sous forme de Sables, de graviers ou de cailloux. Les granulats sont considérés comme un renfort Mécanique, et ils sont traités comme des inclusions.

La dimension de ces granulats varie d'un dixième à plusieurs dizaines de millimètres. La norme française XP P 18-540 (AFNOR) donne une définition des principales divisions granulométriques des granulats :

- Sable (0/D) avec 1 mm < D < 6,3≤ 6,3 mm.
- Gravillon (d/D) avec d ≥ 1mm et D ≤ 125 mm
- Grave (0/D) avec > 125

Les granulats sont obtenus à partir des carrières des roches massives, des gisements alluvionnaires et artificiels tels que les laitiers expansés, les argiles expansés et les schistes expansés.

I.4.2.2.types des granulats

Il existe deux types de granulats selon leurs provenances, les granulats naturels tels que le Sable des rivières et les granulats artificiels, qui sont des produits ou sous-produits de l'industrie. Selon leurs formes, les granulats peuvent être divisés aussi en deux classes, les granulats roulés et les granulats concassés.

- **Les granulats roulés** : sont obtenus à partir des matériaux alluvionnaires par criblage et lavage.ils sont en générale de forme arrondie.

- **les granulats concassés** : sont obtenus par concassage totale de roches éruptives ou Sédimentaires ou alluvionnaires. Ils sont des formes anguleuses. Il existe des granulats Semi concassés, qu'on obtient par concassage partiel, et les granulats mixtes qui sont un mélange de granulats roulés et concassés.

Figure 06 : *granulats, gravier concassé gauche et gravier arrondi droite*

I.5. propriétés de béton :

I.5.1. a l'état frais :

I.5.1.1.ouvrabilité

La propriété essentielle du béton frais est son ouvrabilité, qui le rend apte à remplir n'importe quel volume, à condition que sa composition ait été étudiée en conséquence et que les moyens de mise en ouvre soient appropriés, l'ouvrabilité caractérise l'aptitude d'un béton à remplir les coffrages et à enrober convenablement les armatures.

De nombreuses factures influant sur l'ouvrabilité :

Type de dosage en ciment, forme des granulats, granulométrie, emploi d'adjuvants, et bien entendu, dosage en eau. Il ne faut pas considère que le dosage en eau peut être augmenté au-delà une certaine quantité dans le seul but d'amélioré l'ouvrabilité. Un excès d'eau se traduit ente autre inconvénients, par un phénomène de « ressuage », qui est la création à la surface d'une pièce en béton, d'un film d'eau, générateur de fissure après évaporation. Donc on dit que la teneur en eau doit être strictement limitée au minimum compatible avec les exigences d'ouvrabilité et d'hydratation de ciment.

Il existe un très grand nombre d'appareils de mesure de l'ouvrabilité du béton reposant sur

Des principes différents. Certaines mesurent une compacité, d'autres un temps découlement ou encore utilisent l'énergie potentielle du béton ou nécessitent un apport d'énergie extérieur. Nous n'en citerons que quelques uns, les plus couramment utilisé dans la pratique.

I.5.1.2.Affaissement au cône D'ABRAMS [12]

Cet essai est l'un des plus simples et des plus fréquemment utilisés.

Pour déterminer la fluidité on se sert d'un moule en forme de cône que le remplit de béton ; ce dernier est soumis au damage et le moule est enlevé. Le cône de béton ainsi formé s'affaisse sous l'action de son propre poids. La valeur d'affaissement du cône (en cm) sert à évaluer la fluidité du béton. Le tableau suivant représente la variation de la fluidité en fonction de l'affaissement de cône.

Tableau I.2 *: variation de la fluidité en fonction de l'affaissement au cône d'Abrams*

Classe de fluide	Affaissement	Tolérance (cm)
Très ferme (T.F)	0 à 4	± 1cm
Ferme (T)	5 à 9	± 2cm
Plastique (P)	10 à 15	± 3cm
Très plastique (T.P)	≥ 16	± 3cm

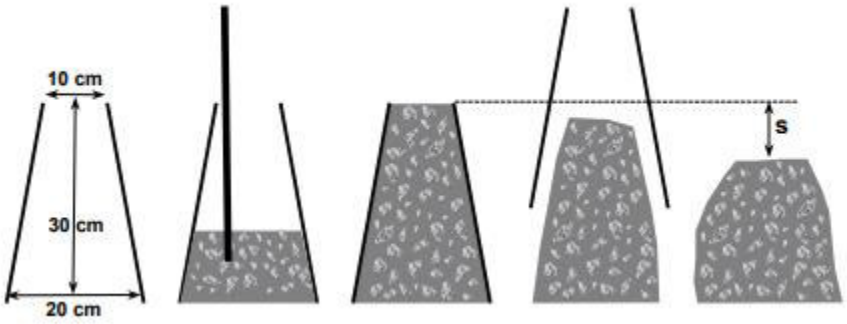


Figure 7 *: essai de l'affaissement [13]*

.5.1.3.maniabilité : [14]

Cet essai a l'avantage de tenir compte de la mise en vibration du béton dans l'appréciation de sa maniabilité. L'appareil se compose d'une cuve métallique parallélépipédique dont les dimensions intérieures sont 30cm de largeur, 30cm de profondeur et 60cm de longueur. Une paroi mobile de section triangulaire sépare la cuve et l'on remplit de béton.

On soulève ensuite la paroi mobile qui peut coulisser verticalement et un contacte électrique se réalisé en même temps provoquant la mise en marche d'un vibreur (50 Hertz) fixe sur la paroi avant de l'appareil ; le béton s'écoule dans la cuve et l'on chronomètre le temps qu'il met pour atteindre un trait (repère) sur la paroi opposée.

Plus le béton est plastique, maniable et de bonne ouvrabilité plus le temps est courts ; on constate en moyenne les valeurs suivantes.

-pour les bétons mous et très fluides on a $t \leq 10$ secondes.

-pour les bétons très plastique on à $t \approx 15$ secondes

-pour les bétons de bonne ouvrabilité on à $20 \leq t \leq 30$ secondes

-pour les bétons secs, peu maniable et d'ouvrabilité défectueuse ont à $t \geq 40$ secondes.

L'inconvénient des essais empiriques décrits est qu'ils ne permettent pas d'avoir une mesure directe des caractéristiques intrinsèque des matériaux. Par conséquent, ces essais ne permettent qu'une comparaison entre des bétons de compositions différentes.

***Figure 8** : maniabilité du béton*

I.5.2.A l'état durci :

I.5.2 .1.Résistance à la compression : [15]

Est la propriété la plus utilisé dans le dimensionnement et la conception des ouvrages en béton et en béton armé. Le béton est caractérisé par la résistance à la compression Rc_{28} mesurée sur des éprouvettes écrasée à 28 jours selon la norme NF EN 12390-3.

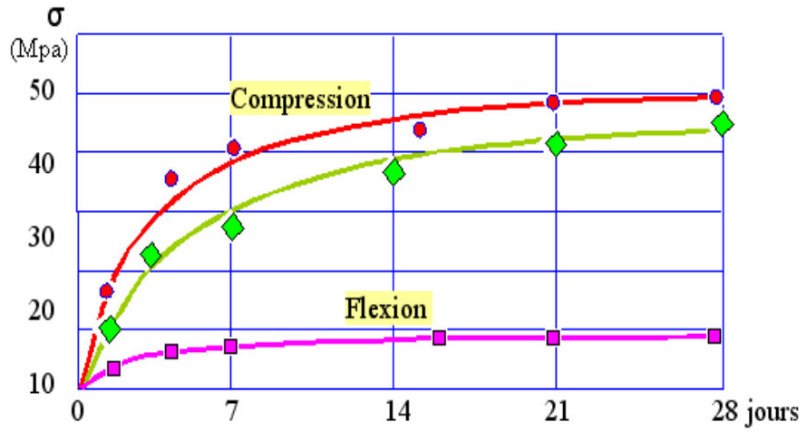


Figure 9 *: évolution de la résistance dans le temps*

I.5.2.2.Résistance à la traction:[16]

Elle est moins étudiée que la résistance en compression car le béton est conçu essentiellement pour résister à la compression, et son comportement en traction est quasi fragile.

Le comportement en traction du béton peut être identifié par l'essai de flexion sur trois points, désignée par Ft_{28}

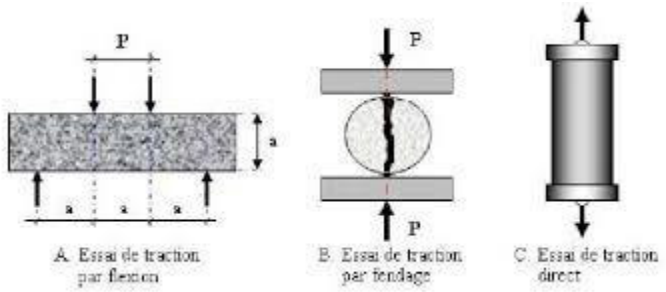


Figure 10 *: types de traction*

I.5. Classification des bétons : [17]

Le béton fait partie de notre cadre de vie. Il a mérité sa place par sa caractéristique de résistance, ses propriétés en matière thermique, sa résistance au feu, son isolation phonique,

son aptitude au vieillissement, ainsi que par la diversité qu'il permet dans les formes, les couleurs et les aspects. Le béton utilisé dans le bâtiment, ainsi que dans les travaux publics comprend plusieurs catégories. En général, le béton peut être classé en 4 groupes, selon la masse volumique :

- Béton très lourd : > 2500 kg/m3 ;
- Béton lourd (béton courant) : 1800 - 2500 kg/m3 ;
- Béton léger : 500 - 1800 kg/m3 ;
- Béton très léger : < 500 kg/m3.

Le béton courant peut aussi être classé en fonction de la nature des liants :

- Béton de ciment (le ciment),
- Béton silicate (la chaux),
- Béton de gypse (le gypse) et
- Béton asphalte ou bitumineux (bitume).

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

a) Les bétons courants sont les plus utilisés, aussi bien dans le bâtiment que dans les travaux publics. Ils présentent une masse volumique de 2003 kg/m3 environ. Ils peuvent être armés ou non, et lorsqu'ils sont très sollicités en flexion, précontraints.

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

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

d) Les bétons cellulaires (bétons très légers) dont les masses volumiques sont inférieurs de 500 kg/m3, sont utilisés dans le bâtiment, pour répondre aux problèmes d'isolation

e) Les bétons de fibrés, plus récents, correspondent à des usages très variés : dallages, éléments décoratifs, mobilier urbain.

I.6.les différents types de béton :

I.6.1 béton ordinaire : [18]

Béton homogène composé exclusivement des constituants de base ciment, granulats, eau, avec un rapport E/C qui varie en fonction de la plasticité ainsi la résistance désirée.

Le béton ordinaire est caractérisé par sa résistance à la compression qui se situé entre 20 MPa ≤ fc_{28}≤50MPa.

I.6.2 béton autoplaçant (BAP) : [19]

Développé dans les années 80 par des chercheurs de l'université de Tokyo au Japon, le béton autoplacant est un béton fluide, très déformable, homogène et stable qui se met en place par gravitation et sans l'utilisation d'un moyen de vibration, il épouse parfaitement les formes des coffrage les plus complexes, il ne doit pas subir de ségrégation et doit présenter des qualités comparables à celles d'un béton vibré classique. Ils se caractérisent en général par une formulation contenant au moins un adjuvant chimique et un ajout minéral en proportion bien précises pour satisfaire les exigences en matière de maniabilité et de stabilité.

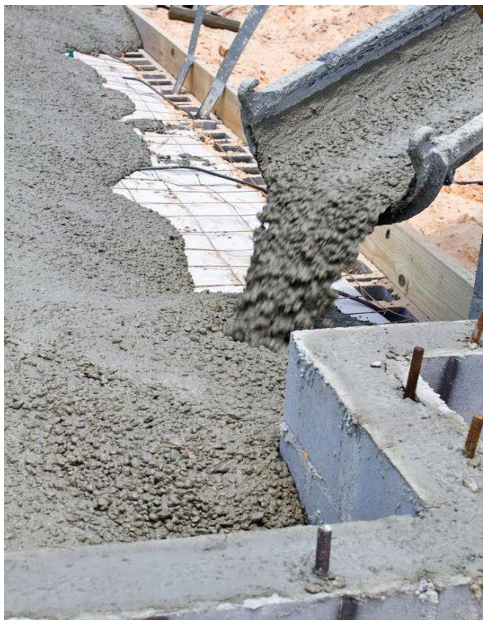


Figure 11 *: béton auto plaçant*

I.6.3 bétons de hautes performances (BHP) : [20]

Sont des bétons aux résistances mécaniques élevés au jeune âge et à 28 jours (supérieure à 50 MPa), et un rapport pondéral E/C inférieur à 0.40. Leur propriété essentielle est leur grande résistance en compression qui dépasse largement le cas des bétons ordinaires. Ceci est obtenu grâce à leur faible porosité qui est diminué en réduisant la quantité d'eau de gâchage par l'emploi d'adjuvants plastifiants et super plastifiants réducteurs et hauts réducteurs d'eau et en utilisant des ultrafines, telles que les fumées de silice qui permettent de combler les vides entre les grains de ciment et d'améliorer l'ouvrabilité du béton frais.

I.6.4 béton lourd : [12]

C'est un béton dont la masse volumique apparente est supérieure à 2600kg/m ^{3}, la résistance mécanique du béton lourd sont comparables à celle des bétons classiques et même plus élevées compte tenu des faibles dosages en eau.

I.6.5 béton réfractaire : [21]

Est un béton n qui résiste à des températures élevées pouvant atteindre 1300°C, obtenue par le mélange de ciment Alumineux et de granulats réfractaires (chamottes, corindon) ou granulats isolants (pouzzolane, vermiculite, argile expansée), le béton réfractaire sert à la construction de cheminées et de sols d'usines sidérurgiques.

I.6.6 Béton projeté : [22]

Béton projeté, aussi appelé gunite, est produit à l'aide d'un pistolet à air comprimé. L'eau se combine aux ingrédients solides (ciment et granulats) à la sortie des orifices ; le mélange et l'application s'effectuent donc en même temps, sous n'importe quel angle. Généralement, on peut aussi se passer de coffrages. Le béton projeté est très résistant, et on utilise couramment pour la construction de tunnels.

***Figure 12**: Réparation d'un pont grâce à l'utilisation du béton projeté.*

I.6.7 béton compacte au rouleau (BCR) : [23]

Ayant une apparence très sèche et rapide et un affaissement nul, constitué d'une proportion importante de granulats avec une faible quantité de ciment d'où l'ajout des minéraux (cendre volantes, fibres calcaires, résidus miniers etc.…). Il est utilisé pour la construction de barrage

en raison de sa faible chaleur d'hydratation initiale (béton de masse) et aussi très utilisé au canada dans la construction des routes.

I.6.8 béton de fibre : [24]

Est un béton dans lequel sont incorporées des fibres synthétiques ou naturelles, ce qui permet suivant l'ouvrage, de supprimer le treillis soudé traditionnel. Parmi les caractéristiques du béton fibré, on peut citer : sa résistance à la traction, à la fissuration et au choc.

Les fibres synthétiques peuvent être d'origine minérale (verre, carbone, métallique) ou d'origine organique (polyamides, polypropylène, acrylique, kevlar, aramide).

Les fibres métalliques peuvent être utilisées avec des propriétés spécifiques et avec un dosage de l'ordre de 0,3à 2% en volume. C'est surtout le rapport entre la longueur et le diamètre des fibres (élancement) qui aura une influence sur les performances finales du béton de fibres.

I.6.9 béton léger : [24]

Les bétons légers permettent de réaliser un gain de poids pour l'ouvrage auquel ils sont destinés. Ils sont également utilisés pour l'isolation thermique, la conductivité variant dans le même sens que la densité.

Les bétons légers sont obtenus en jouant sur la composition (bétons caverneux) ou sur l'emploi de granulats allégés (des billes de schiste expansé, d'argile expansée ou de polystyrène, voire des particules de liège ou de bois remplacent les gravillons habituels). Des adjuvants comme les entraîneurs d'air peuvent aussi être ajoutés pour un allègement maximum. On peut également créer des vides par une réaction provoquant un dégagement gazeux : c'est le cas du béton cellulaire. Les bétons légers offrent une densité très inférieure à celle d'un produit classique : de 300 à 1800 kg/m3, contre 2300 kg/m3 pour un béton classique. Pour certains bétons légers, elle peut descendre jusqu'à des densités voisines de 0,4kg/m3.

La résistance d'un béton léger est très inférieure à celle d'un béton traditionnel. Pour les densités les plus basses, il ne peut être question de béton "structurel" mais seulement de béton de "remplissage".

Ces bétons légers possèdent un pouvoir isolant sur le plan thermique et acoustique.

I.7. Les domaines d'emploi du béton : [25]

- **le bâtiment**

Le béton tient une place essentielle dans l'urbanisme moderne. Cela semble normale lorsqu'on considéré son utilisation dans la construction de logements : pour les murs, 80% des techniques en individuelle, plus de 90%en collectif pour les structures ; pour les planchers, le béton est pratiquement le matériau idéal. Le béton s'est également largement imposé dans les autres secteurs de la construction : bureaux, hôpitaux, locaux, ainsi que dans grands édifices publics et les bâtiments industriels.

- **Les travaux publics**

a) Les ponts

Les progrès techniques et, en particulier, l'évolution des caractéristiques du béton, permettent de réaliser des portées atteignant plusieurs centaines de mètres.

b) Les tunnels

Pour les grands tunnels dont les exemples se multiplient dans le monde, le béton est, soit coulé sur place, soit utilisé dans des voussoirs préfabriqués.

Ceux-ci sont posés à l'avancement de la machine à forer-le tunnelier.

c) Les barrages

Les grands barrages sont le plus souvent en béton permettant des implantations dans les sites les plus difficiles.

d) Les routes

La chaussée béton prend une part de plus en plus importante dans les grandes voiries routières et autoroutières, grâce au développement de techniques modernes : béton armé continu, dalle épaisse traitement de surface les voiries à faible trafic et aménagements urbains montrent un regain d'intérêt pour les solutions béton, qui leur assurent durabilité et faible cout d'entretien.

e)Autres ouvrages

Il faut également citer les ouvrages hors du commun : structures offshores ou centrales nucléaires, dont les exigences requièrent des bétons aux caractéristiques mécaniques et à la durabilité élevées.

I.6.Principaux avantages et inconvenants du béton : [26]

I.6.1.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 du projet sur le chantier sont faciles à effectuer.
- Il devient solide comme de 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 des propriétés nouvelles qui en font un Matériau de construction aux possibilités immenses (béton armé, béton précontraint).
- Il convient aux constructions similaires. Les assemblages sont faciles à réaliser dans le cas de béton coulé sur place. Dans la plupart des cas, les dimensions des ouvrages et éléments d'ouvrage en béton sont suffisants pour ne pas poser de problème délicat de stabilité.
- Les ressources nécessaires pour sa fabrication existent dans de nombreux pays en quantités presque illimitées.
- Il exige peu d'énergie pour sa fabrication.

I.7.2.Inconvénients du béton :

Les principaux inconvénients du béton ont pu être éliminés grâce à son association à des armatures en acier ou à l'utilisation de la précontrainte. De toute façon, il reste quelques inconvénients suivants :

- Son poids propre élève (densité de 2,4 environ qui peut être réduite à 1,8 dans le cas de Bétons légers de structure et à moins de 1,0 dans le cas de béton légers d'désolation).
- 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 entrainé par la destruction du béton en cas de modification d'un ouvrage.

II.1 . Généralité : [27]

Nous savons depuis toujours que le béton présente une bonne résistance à la compression, par contre sa résistance à la traction est très faible, ce qui caractérise sa fragilité sous les effets des efforts de traction, la rupture se produit prématurément se manifestant par l'apparition de fissures, ces efforts de traction sont repris en général par des armatures continues, en dépit de ça, les fissures apparaissent toujours, cette fois-ci sous les effets du retrait et de fluage, sans ce cas, nous pouvons utiliser un renforcement discontinu, réalise à l'aide de fibres incorporées dans le béton et de veiller maintien une ouvrabilité suffisante, qui permettra une mise en œuvre sans difficulté majeure.

L'incorporation des fibres de diverses nature dans le béton, provenant de déchets industriels ou autres, sont utilisées pour améliorer certaines propriétés du béton, qui permettent de limiter acertaines défauts de celui-ci.

Le béton de fibre, présent de bonnes performances a la flexion, aux sollicitations dynamique et s'oppose bien à l'apparition des fissures en les limitant au maximum. Le béton de fibre trouve de plus en plus d'emploi en pratique, notamment dans la réalisation des chaussées bétonnées des routes et de piste d'atterrissage des aérodromes, dans les éléments préfabriqués, et dans le renforcement des ouvrages dégradés. Cependant des problèmes d'élaboration subsistent encore et exigent des études poussées. L'emploi d'un tel béton nécessite une recherche rigoureuse de l'influence des paramètres tels que, la longueur, le pourcentage des fibres …. Etc.

Les fibres contrôlent le mécanisme de la fissuration. La rupture en traction du béton de fibres d'acier, devient ductile au lieu de fragile. Le mode de renforcement du béton par les fibres, complète les armatures classiques, selon l'élément de structure et le type de sollicitation. A titre d'exemple, nous pouvons citer : les dallages, les éléments minces, les pistes d'atterrissage … etc., les problèmes engendrés par l'effet de chocs et d'usure, peuvent aussi être résolus, par utilisation de ce type de renforcement, que nous rencontrons dans les assises de machines, les routes et piste d'atterrissage.

II.2.Béton de fibre :[28]

De l'ensemble des recherches effectuées, il apparait, que le rôle principale des fibres d'acier et de mieux contrôler la fissuration du béton ou état de service, en réduisant l'ouverture des fissures et de transforme le comportement fragile du béton en un comportement ductile, que

accort la sécurité traction est transmise à travers les fissure par les fibres qui en assurent la couture.

Plus les fibres sont nombreuses, et mieux elles sont ancrées dans le béton, plus grande sera leur efficacité, les fibres métallique sont un module élevé qui est de l'ordre de dix fois celui du béton, il est donc possible de mobiliser la résistance à la traction des fibres et d'améliores ainsi la ductilité du béton.

II.3.composition d'un béton fibré :

La composition d'un béton a pour but de déterminer les proportions des différents constituants, conduisant à un béton dont l'ouvrabilité est compatible avec les moyens démise en œuvre et qui possédera après durcissement les meilleurs caractéristique (bonne étanchéité , bonne résistance mécanique , faible retrait , bonne ouvrabilité …etc.) l'optimisation de la composition d'un béton renforcé de béton est un travail qui consiste à étudier les propriété du béton fibré à l'état frais et puis à l'état durci .

II.4. fibre : [29]

Le terme "Fibre" se rapporte à un corps solide flexible, de forme sensiblement cylindrique, d'un diamètre de quelque centimètre dont la longueur égale à quelques milliers de fois ce diamètre. Ce terme est généralement aussi utilisé pour définir le constituant élémentaire des structures textiles. Par ailleurs, on distingue la fibre de longueur réduite ou fibre courte, de 20 à 150 mm, de la fibre de grande longueur ou filament continu**.**

II.5. Caractéristiques du béton fibré : [30]

Avant tout, il faut savoir qu'on appelle « fibre » un matériau d'une longueur allant de 5 à 60 mm Il existe plusieurs natures de fibre, métalliques, organique et céramiques. En fonction de leur nature, ces fibres ont des caractéristiques différents et ne réagissent pas de la même façon, De ce fait, leur impact sur le béton peut varier.

Le principal avantage que présente le béton fibré métalliquement par rapport au béton ordinaire est le remplacement total ou partiel de ferraille dans la composition. Le but premier dans l'utilisation de ces fibres est donc de remplacer les armatures traditionnelles, ce qui facilite l'application du béton. Pas de découpe ni de manipulation de ferraille à prévoir. De plus, elles ont aussi la capacité d'offrir au béton certaines propriétés telles qu'une résistance au feu augmentée ou une diminution des risques de fissuration. Les fibres organiques, quant à elles, améliorent le comportement du béton au jeune âge. Le treillis anti-fissuration devient

inutile, le béton est plus homogène et les retraits de dessiccation pendant les phases de prise sont limitées. Les fibres sont intégrées dans le béton afin de l'améliorer. Mais il est bon de savoir que ces Fibres lui confèrent également d'autres caractéristiques qu'on ne retrouve pas les autres bétons.

Parmi ces caractéristiques on peut citer :

- Résistance à la flexion et ductilité : les fibres améliorent la ductilité du béton autrement dit, elles permettant au béton fibré de se déformer sans rompre.

  .
- Résistance à la fatigue : les fibres rendent également le béton plus résistant sur le long terme en limitant la fissuration du matériau.
- Résistance à l'abrasion : l'abrasion est un phénomène d'usure provoqué par des frottements répétés, pouvant provoquer la fissuration du matériau. Le fait d'incorporer des fibres au béton permet donc d'améliorer à l'abrasion et par conséquent de limiter la fissuration.

II.6.Les différents nature des fibres :

II.6 a. Fibres d'amiante : [31]

Le mot amiante fut employé pour la première fois par Pline L'Ancien au I siècle après J-C ,mis on utilisait déjà la substance en Finlande pour renforcer les post en argile .Aujourd'hui ,l'amiante est un nom pour général pour plusieurs variétés de fibres de nature silicate minéral hydraté de magnésium extrait de roches appartement aux familles de serpentines et des amphiboles .ces fibres sont considérées comme les renforcement les plus anciens des matrices cimentaires et aussi pour la confection tissus résistants aux feux .Elles sont en fait des buchettes de microfibres extrêmement fines ,difficilement fusibles (vers 1500 C)et ont l'avantage d'être inattaquables par les ciments .Elles possèdent une excellente tenue au feu ,une bonne résistance à la traction et un module d'élasticité élevé .Elle sont aussi plus résistances aux agression chimique et aux micro-organismes ,ainsi que leur résistance électrique élevée .

1I. 6.b. Fibres de verre : [32]

Les fibres de verre sont très fragiles, elles sont disponibles dans le commerce sous forme de bobines ou de files coupés.

Les caractéristiques mécaniques des bétons de fibres de verre diminuent avec le temps à cause de l'action corrosive des alcalis contenus dans le ciment sur les fibres, qui provoquent des

microfissurations. Cependant, des recherches ont pu évidence une dernière de fibre de verre (type S) ayant une bonne résistance aux alcalis.

***Figure 1**: fibre de verre*

II. 6.c.Les Fibres de Carbone : [33]

Suivant les conditions de fabrication, il existe toute une variété de fibres de carbone mais actuellement trois types de fibres sont commercialisés:

Les fibres hautement résistant (H.R.)

Les fibres à module intermédiaire (I.M.)

Les fibres à hauts modules (H.M.)

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

***Figure 2** : fibre de carbone*

1I.6.d .Fibres de polypropylène : [34]

Le polypropylène est une cristallisation de la famille des polypropylènes .Il est fabriqué depuis 1954 pour l'industrie textile .Il a connu une extension croissante dans ce domaine où il apporte les avantages suivants : bonne résistance en traction qui peut atteindre 800 Mpa déformabilité élevée et imputrescibilité.

Ces fibres sont obtenues suivent le processus d'extrusion ,étirage qui confère une orientation prépondérante aux molécules et qui engendre des propriétés mécaniques élevées .L'ajout de fibres de polypropylène au mortier et au béton remonte à 1960 mais ce n'est qu'à partir de 1967 qu' apparaissent des réalisations intéressantes notamment en Grande Bretagne elle sont utilisées dans les bâtiments pour l'élaboration de panneaux décoratifs de 33 cm d'épaisseur ainsi que l'élaboration de revêtement de façades dans plusieurs constructions (Londonderry House Hôtel) et aussi la réalisation des canalisation et des pieux .

***Figure 3** : fibre polypropylène*

II. 6.e .Fibres de cellulose : [35]

Les fibres de cellulose sont obtenues à partir du bois par différents processus chimiques et mécaniques. Elle étaient utilisées principalement pour renforcer les matrices organiques et aussi des matrice cimentaires destinées à la fabrication des plaques minces ,des pipes , et d'autres types d'éléments leurs propriétés physiques sont changeable selon les modes de fabrication de ce type de fibres .Les diamètres de ces fibres variant de 1à 4 mm , tandis que leurs longueurs comprises entre 10 à 50 mm , alors qui l'élancement peut-être dans les environs de 100 .Leurs résistances en traction varient entre 10 et 30 MPa les fibres cellulose peuvent remplacer avec succès les fibres d'amiante qui représentent un danger pour l'être humain .Elles sont très efficaces dans l'amélioration de la résistance mécanique d'une composite. Cette amélioration est réalisée essentiellement par le freinage des fissures due à la présence des fibres.

Une étude statistique d'évaluation des propriétés physiques et mécaniques pour un composition de ciment renforcé par des fibres cellulosiques a montré que ce type des fibres

est sensible aux effets d'humidité .le mouillage de composite a des effets statistiquement significatifs sur la résistance mécanique .Une étude comparative avec d' autres fibres a été publiée par SOROUSHIAN et al.

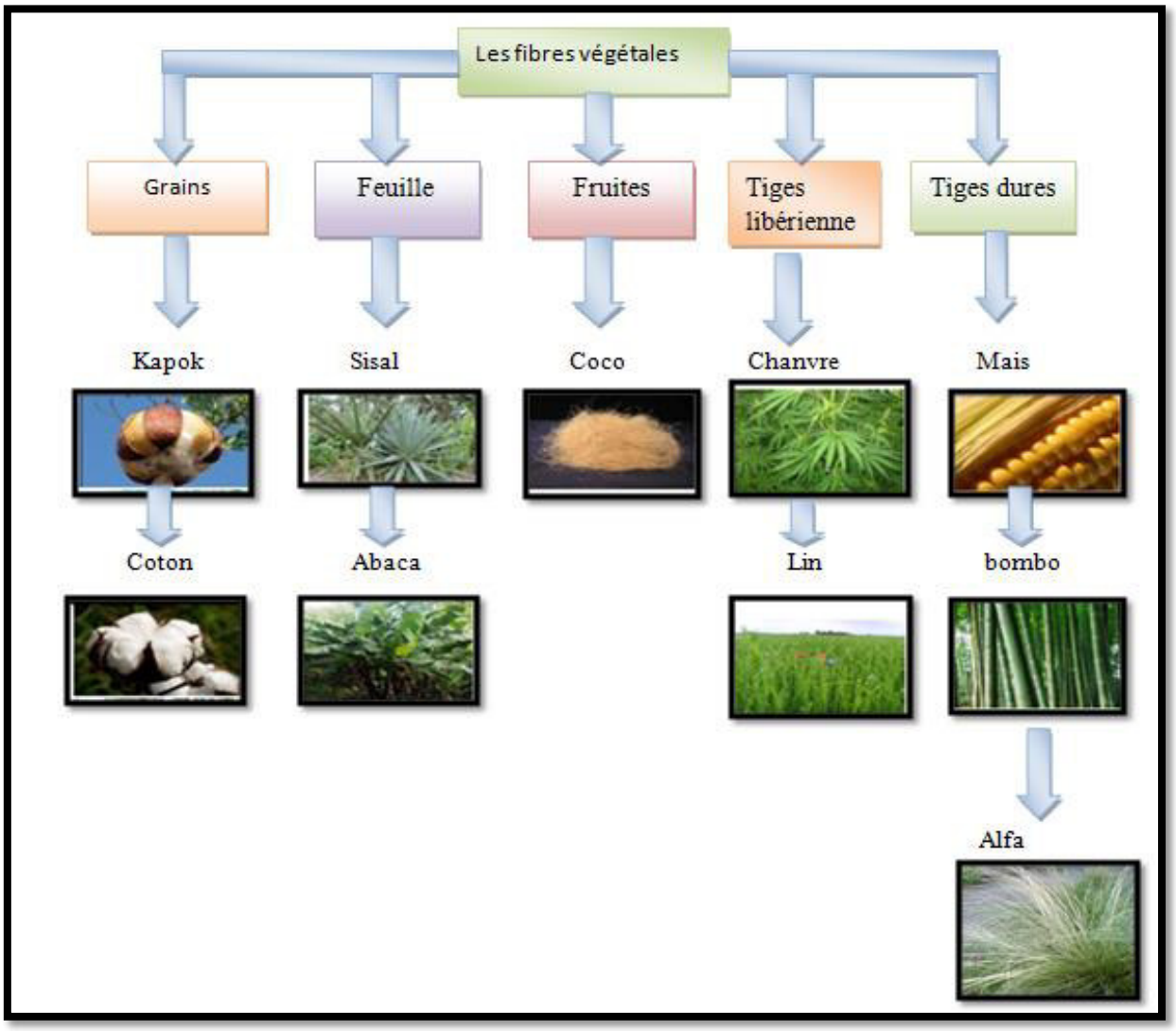
II.6. f. Les fibres végétales : [36]

Les principales fibres végétales est la cellulose qui résiste aux alcalis. Les fibres végétales résiste aussi à la Pla part des acides organique, mais sont détruites par las acides minéraux forts. Il existe sortes de fibres végétales : les provenant des poile, les fibres du libre et les fibres extraites des troncs de certaines graminées, elles sont souvent utilisées dans la fabrication du papier et dans les panneaux de constriction.

II.7.Classification des fibres végétales :

Nous pouvons subdiviser les fibres végétales en 5 groupes selon leur origine Les fibres provenant des poils séminaux de graines (coton, kapok), les fibres libériennes extraites de liber de plantes (lin, chanvre, jute, ramie), les fibres extraites de feuilles (sisal, Abaca), d'enveloppes de fruits (noix de coco) ou les fibres dures extraites des tiges de plantes.

***Figure 4** : classifications des fibres végétales*



II. 8. Les fibres métalliques :

II.8.a. Les Fibres d'acier [31]

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

II.8.b .Les Fibres Euro-Steele [32]

Ce sont des fibres ondulées en acier sont à haute résistance, tréfilé, dur à a haute résistance, tréfilé, dur à teneur en carbone inférieur à 0.15 % la contrainte limite de rupture en traction est de 1400 MPa.

II.8.c.Les Fibres Bekaert de Chez Dra mix [37]

Ces fibres en acier tréfilé sont fabriquées par Bekaert .Elles se présentent sous forme de plaquettes collées, ce qui facilite introduction dans le béton et évitent la formation d'oursins, en effet. la colle ce dissout facilement dans l'eau de gâchage les fibres plus courtes sont actuellement utilisées en béton projeté. Elles ont une résistance à la traction minimale de 1100 MPa .leur diamètre varie de 0.4 à 0.8mmet leur longueur de 25 à 60 mm (28. 24).

II.8.d Les Fibres Harex : [38]

La fibre Harex est obtenue par fraisage .Les copeaux, produit légèrement enroulés sur eux-mêmes, possèdent une résistance à la traction d'environ 700 MPa.

II.8.e Les Fibres Ruban en Fonte Amorphe de Pont-à-Mousson : [39]

AIT AMEUR, rapport que ces sont développées par SEVA (Pont –Mousson), sont des rubans se font amorphe obtenue par refroidissement brutal .cette trempe crée une structure vitreuse qui est partie à l'origine de sa résistance à la corrosion les longueurs commercialisées de ces fibres sont de 15, 30, 45, et 60 mm .une de leurs traction de ces rubans est leur grande résistance à la corrosion. La résistance à la traction de ces rubans est d'environ 200 MPa.

II.8.h.Les Fibres à Tête d'encrage en Acier Tréfilé :

Ces fibres sont développées par EURO-STEEL, elles se distinguent par leur capacité à développer très tôt un bon ancrage, dance à limiter la chute d'effet post – fissuration l'angle d'inclinations des tètes a été choisi pour permette un confinement du béton.

Les Fibre de Beki-Shield :

Ce sont des fibres métalliques spéciales, fabriquées et commercialisées sous le nom de Beki-Shield, présentent des caractéristiques intéressantes, elles sont très minces et moines abrasives, moine irritantes au toucher que les fibres de verre .ces fibres sont fabriquées à partir d'un acier inoxydable qui offre de très grande résistance à la corrosion.

Figure 5 *: les déférant fibre métalliques*

II.9.Action des fibres métalliques sur les bétons ordinaires à l'état frais :[40]

La maniabilité des bétons est affectée de manière significative par l'addition de fibre

La porosité du squelette granulaire est d'autant plus grande que le volume de fibres important pour que les fibres soient efficaces à l'état durci, il est recommandé de choisir des fibres plus longues que la taille du plus gros granulat. L'introduction de fibres entrainant une diminution de l'affaissement estimé entre 50et 70 mm, l'ajout d'un surplastifiant est donc fortement conseillée afin de remédier à cette perte d'ouvrabilité.

II.10. Critères de choix des fibres : [41]

Il existe différents types de fibres dont les caractéristiques chimiques, physiques et mécaniques différent 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 (certaines fibres de verre ou fibres naturelles). Leur géométrie est très variable. 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.

On trouve aussi des fibres ruban, des fibres a tète d'ancrage ou encore des fibres ondulées dont, qualitativement, les modes de fonctionnement sont les mêmes que ceux cités l'avantage des fibres 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 entrainant une réparation 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.

Le rapport longueur/diamètre joue un rôle prépondérant dans la maniabilité d'un béton renforcé de fibres (notamment métalliques). Pour un dosage en fibre donné, plus le rapport (L/D) est important, plus la maniabilité du béton diminue. Le choix dépend aussi de l'usage recherché (pièces minces, pièces massives, réparation d'une structure, projection, renforcement d'une pate pure ….).

II.11. Propriétés mécaniques des fibres métalliques : [**42]**

Les fibres ont une influence importante sur le comportement mécanique du béton fibreux, leur incorporation peut augmenter les résistances, en traction, en flexion et particulièrement au cisaillement en résistant aux efforts de traction. Offrent plus de ductilité et de ténacité.

Leur géométrie est très variable Les fibres les plus utilisées sont la fibre droites c'est l'adhérence de ces fibres 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 [59] et par frottement à l'interface avec la matrice.

On trouve aussi des fibres ruban, des fibres à tête d'ancrage ou encore des fibres ondulées dont, qualitativement, 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 entrainant une répartition non homogène dans le béton .les fibres droite est généralement utilisée pour pallier à ce problème mais, ne fonctionnant que par adhérence avec la matrice, leur efficacité s'en ressent.

II.12.Effet du volume des fibres [43]

Pour les bétons fibrés, le concept de la ductilité est souvent utilisé pour caractériser leur rendement .L'objectif principal de l'utilisation des fibres dans les matériaux composites (béton, mortier …) est l'amélioration du comportement structural en traction KHAYAT et al 2000 ont noté une amélioration de la résistance de prismes 100*100*350mm des BAPF par a rapport au béton conventionnel .MUELLER GAO et al trouvent que l'une des raisons de l'augmentation de la résistance en flexion est le volume des fibres Vf. Le Vf est le paramètre responsable direct sur le comportement de la matrice l'état durci .DREUX et al ont conclu que les fibres augmentent la résistance à la compression. SAHMARAN et la 2005 ont constaté que la résistance à la compression augmente avec l'augmentation du volume des fibres surtout dans le cas où les fibres sont de petite taille.

II.13.Effet de la longueur des fibres [44]

L'augmentation de la longueur des fibres Lf a conduit à une augmentation de l'indice de ténacité, et par conséquent une augmentation de la résistance résiduelle à 14 jours d'âge. Mais un résultat inverse inexplicable a été obtenu à 28 jours. Les différents essais ont montré que la résistance à la flexion du béton de fibres est de indépendante Lf .ZHANG et al .ont constaté que la charge de la fissure était légèrement influencée par des fibres métallique DREUX et al ont mentionné que les différents teste ont prouvé une légère augmentation de la résistance à la compression lors de l'utilisation des fibres courtes en raison de leurs meilleures homogénéités dans la matrice béton.

II.14.Effet de l'aspect ratio et la forme géométrique:[45]

L'aspect ratio (Lf / df) affecte également le comportement en flexion du béton. Cependant, l'influence de ce paramètre sur lui-même dépend du Vf et la géométrie de la fibre généralement, pour les bétons ordinaires, la résistance à la flexion augmente avec l'augmentation de Lf / df . Avec l'utilisation de diverses formes de fibres, il est difficile de séparer l'aspect ratio de la géométrie des fibres. Pour un Lf / df donné, la ténacité des bétons de fibres varie sensiblement fonction de la géométrie des fibres utilisées .BALAGURU et al. ont suggéré pour les bétons ordinaires (30 MPa), que les fibres les plus performantes sont : les fibres à crochets, embouties aux extrémités, ondulées, et les fibres droites. GAO et al. ont observé que la ténacité à la flexion augmente avec l'augmentation de la Lf / df.

Lou et al. ont étudié l'effet de cinq types de fibres d'acier avec différents Lf / df et Vf sur la résistance à la compression. Les auteurs ont constaté que lorsque l'aspect ratio augmente, la résistance augmente. Des résultats similaires ont été trouvés par GAO et al. en utilisant des fibres d'acier dans les bétons légers et à haute résistance.

II.15.Demain d'application des fibres métallique : [46]

II.15.a.domaine du bâtiment :

Les utilisations actuelles des bétons de fibres métalliques dans le domaine du bâtiment concernent principalement :

-Les dallages industriels en béton de fibres métalliques; Parait plus intéressent que le dallage non armé, car l'ajout de fibres permet de diminuer l'épaisseur et le nombre de joints du dallage.

-Les bétons forés à la tarière creuse ; Il est difficile d'introduire, sur un grande profondeur, une cage d'armature, souvent, les armatures touchent le sol à la périphérie du pieu, devant cette difficulté technique, les fibres métalliques se sont naturellement imposées car l'étant mises en place en même temps que le béton.

-Les bétons projetés de réparation ; La corrosion des armatures de béton armé, peut conduire à l'éclatement de l'enrobage, ce qui augmente l'accélération de la corrosion des armatures qui ne sont plus protégées .Pour reconstituer le béton d'enrobage consiste à utiliser du béton projeté, le béton de fibres métallique est alors une solution intéressante.

Les voiles extérieurs de bâtiment en béton banché

Les poutres et planchers en béton de fibres métallique

Les panneaux de façades et plus généralement les éléments minces

Les dalles alvéolées.

II.15.b domaine des travaux publics :

Les surfaçages des chaussées et des pistes aéroportuaires en béton

Les revêtements définitifs de tunnel en béton de fibres métalliques.

Les parois clouées.

Le renforcement des buses métalliques corrodées.

La dalle.

II.16.Domaine d'application des bétons fibré : [47]

Dans le (tableau) ci-dessous, on indique quelques sites où le béton de fibres a été utilisé

Tableau II 1: Application du divers renforcement de fibres dans le produit à base de ciment

Type de fibre	Application
verre	Panneaux préfabriqués murs rideaux ; tuyaux d'égout, toiture en voile Mince, enduit.
Acier	Elément toitures en béton cellulaire, linteau ; revêtement de chaussée, tabliers de pont, produit réfraction, tuyaux en béton, piste d'atterrissage, réservoirs sous pression, travaux de restauration bâtiments.
Polypropylène	Pieux de fondation, pieux précontraints, panneaux de revêtement élément flottant de de détraquage et amarres pour les marinas, réparation des routes, tuyau sous marin travaux de restauration bâtiments.
Amiante	Voile, tuyau, anneaux matériaux d'isolation thermique ; tuyaux d'égouts plaques de toitures plates et ondulées, revêtement des murs.

II.17.Le rôle des fibres dans les bétons : [48]

Le rôle principal des fibres dans un matériau peut-être lié à deux points essentiels :
Le contrôle de la propagation d'une fissure dans un matériau en état de service en réduisant l'ouverture des fissures.

-Transformation du comportement fragile d'un matériau en un comportement ductile qu'accroit la sécurité des états de chargement ultimes. En effet, il est maintenant bien connu que toute matrice cimentaire présente des zones. Internes de faiblesse. Ces zones sont caractérisées la sécurité des états de sont dues à différentes causes (retrait, contraint appliquées à jeune âge… etc.) soit par une fort porosité.

-Les bétons renforcés de fibres d'acier, la force peut transmise à travers la fissure par les fibres qui assurent la couture des microfissures. Ces microfissures ne peuvent s'agrandir que lorsque que la fibre que forme un port entre les deux lèvres de fissure permet par un écoulement plastique dz la fibre l'ouverture de celle-ci par analogie, on peut dire que les fibres jouent un rôle qui peut alors s'apparenter à celui des aciers passifs dans un structure en béton armé. Ce a peut être justifié par études qu'ont même, aussi bien sur l'aspect expérimentaux, tels que les travaux de SWAMY qui sur les aspects théoriques concernant les problèmes d'espacement, d'orientation et de ségrégation des fibres.

-En résumé, il est nécessaire de dire que les fibres assurant de rôle principal de modifier la réparation des fissures, de les coudrais, par conspuent de rendre le matériau moins fragile et donc plus ductile. Cela veut dire qu'il faut plus d'enter.

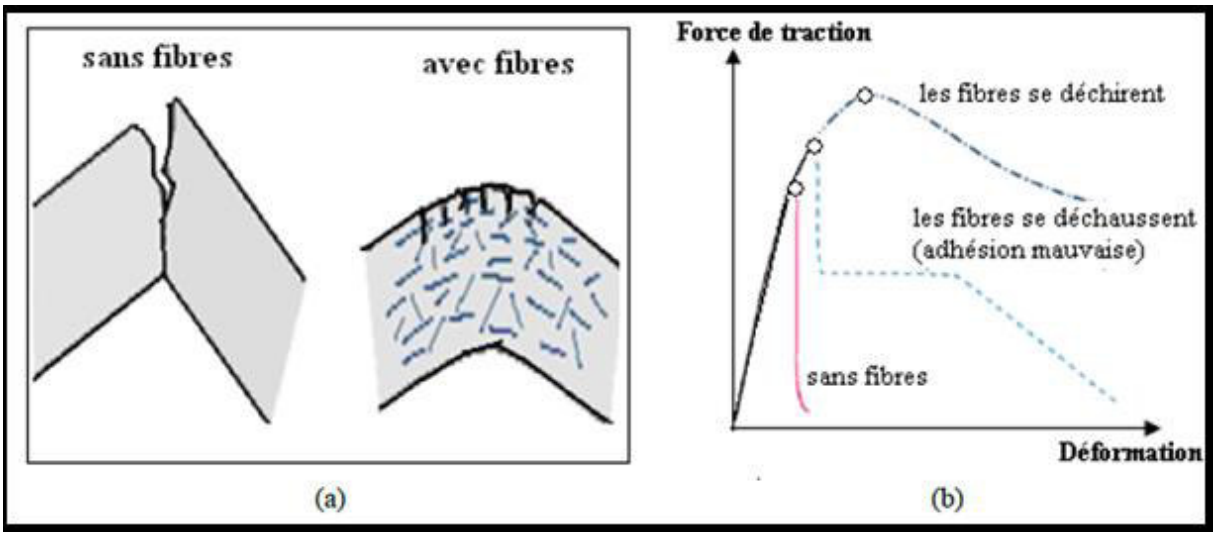


***Figure 5** : Illustration de l'apport du renfort par des fibres*

Conclusion :

La géométrie des fibres, leur adhérence avec la matrice de béton, leur pourcentage et leur orientation jouent un rôle important dans le béton. En effet, une bonne orientation des fibres optimise leur participation à la reprise des efforts. La géométrie variable permet un bon ancrage des fibres et augment ainsi l'effort nécessaire à leur arrachement. Néanmoins du pourcentage en fibres entraine une diminution de l'ouvrabilité.

Le but de notre travail consiste à étudier l'influence de la géométrie ainsi que le taux de deux types de fibres métalliques (croché et ondulé) sur les propriétés physico-mécanique d'un béton ordinaire.

Pour la réalisation du travail on a procéder selon plusieurs étapes :

1er étape : analyse physico-chimique et mécanique des différents constituants de béton (ciment, sable et gravier).

2éme étape : formulation d'un béton selon la méthode Dreux-Gorisse.

3éme étape : introduction des fibres métalliques dans les BF selon les proportions suivantes : 0,5%, 0,75% et 1% du volume du béton.

4éme étape : caractéristiques rhéologiques et mécaniques des bétons

III.1.Caractéristique des matériaux utilisés :

III.1.1.Le ciment : le ciment utilisé dans ce travail est un ciment composé de type CEM II/B 42.5, produit par la cimenterie de LAFARGE, les caractéristique physique, chimique et minéralogique sont données dans les tableaux 1, 2et 3.

Figure01 : *sac de lave du ciment*

- **III.1. Caractéristique physique :**

Tableau III.01 : *caractéristique physiques du ciment CPJ 42.5 LAFARGE*

Caractéristique	Résultats	Unité	Norme
Consistance normal	**25-28,50**	**(%)**	**NF EN 196-3**
Début de prise	**140-195**	**(min)**	**NF EN 196-3**
Fin de prise	**195-290**	**(min)**	**NF EN 196-3**
SSB	**4150-5250**	**(cm^2g)**	**NF EN 196-6**
Expansion	**0,3-2,5**	**(mm)**	**NF EN 196-5**
Retrait à 28 jours	**< 1000**	**µm/m**	**NF EN 197-7**

- **III.3.Caractéristique mécaniques :**

Tableau III 02: *résistance à la compression et à la flexion pour prisme du ciment «40×40×160 »mm*

Résistance MPa	2j	7j	28j
compression	**19.215**	**35.429**	**44.929**
flexion	***4.278***	***5.912***	***6.876***

- **III.4.Caractéristique chimique** :

Tableau III 03 *: composition chimique du ciment CPJ 42.5 LAFARGE*

Eléments	SO3	Na2O	MgO	Chlorures	PAF	Insoluble
(%)	2,00-2,70	0,3-0,75	1,00-2,20	0,01-0,05	7.5O-12	0.7-2,00

- **III.5.Caractéristique hypothétique :**

Tableau III 04 : *composition minéralogique du ciment CPJ42.5 LAFARGE*

Eléments	**C_3S**	**C_2S**	**C_3A**	**C_4AF**
%	58-64	12-18	6-8	10-12

III.5.1.Eau de gâchage :

Toute eau naturelle n'ayant pas une odeur ou un goût prononcé peut être employée pour la fabrication du béton.

L'eau utilisée pour la confection des bétons est une eau potable du réseau publique.

III.5.2.Les granulats :

- **III.5.2.Sable :**

Le sable utilisé est un sable 0/3 concassé d'EL HACHIMIA, ayant les caractéristiques physiques suivant :

III.5.2.a.Caractéristiques physiques du sable EL HACHIMIA

Tableau III 05 : *caractéristiques physiques de sable ELHACHIMIA*

Caractéristiques	**Résultats**
Masse volumique absolue (t/m^3)	**2.68**
Module de finesse	**3.57**
Equivalent de sable	**77.5**

Figure02 : *sable*

- **Analyse granulométrique par tamisage :**

L'analyse granulométrique par tamisage a été réalisée selon les modalités de la norme NF EN 933-1.

Tableau III 06 *: analyse granulométrique du sable 0/3 d'EL HACHIMIA*

Code échantillon : sable 0/1			
Masse sèche totale : $M_{t=}$1000g Masse sèche après lavage : $M_{2=}$ 951 Masse sèche des fines retirés par lavage : M_1-$M_{2=}$49			
Tamis ouverture (mm)	Masse des refus Cumulés (g)	Pourcentage refus Cumulés (%)	Pourcentage tamisas Cumulés (%)
5	8	0,8	99,20
2,5	300	30,0	70,00
1,25	632	63,2	36,80
0,63	821	82,1	17,90
0,315	888	88,8	11,20
0,16	926	92,6	07,40
0,063	949	94,9	05,10
Matériaux resté au fond P=1	Observation : • % de tamisa de fines (f) sur le tamis 63um f= 0.08		
$\sum R_i$+P=950			
100(M2-($\sum R_i$+P))/M_2=0,08			

- **III .6.1.gravier**

1) analyse granulométrie

- **gravier 3/8 EL HACHIMIA**

Tableau III 07 *: analyse granulométrique de gravier 3/8 d'EL HACHIMIA*

Code échantillon : 3/8			
Masse sèche totale : $M_{t=}$1600g Masse sèche après lavage : $M_{2=}$ 1550 Masse sèche des fines retirés par lavage : M_1-$M_{2=}$50			
Tamis ouverture (mm)	Masse des refus Cumulés (g)	Pourcentage refus Cumulés (%)	Pourcentage tamisas Cumulés (%)
10	10	0,63	99,37
8	100	6,25	93,75
6,3	368	23,00	77,00
5	662	41,37	58,63
2,5	1469	91,81	08,19
1,25	1530	95,62	04,38
0,63	1540	96,25	
Matériaux resté au fond P=5	Observation : • % de tamisa de fines (f) sur le tamis 63um f= 0.31		
$\sum R_i$+P=1545			
100(M2-($\sum R_i$+P))/M_2= 0,31			

***Figure03** : gravier 3/8*

- **gravier 8/15 EL HACHIMIA**

1) ***Tableau III 08 :*** *analyse granulométrique du gravier 8/15 d'EL HACHIMIA*

Code échantillon : gravier 8/15			
Masse sèche totale : $M_{t=}$3000g Masse sèche après lavage : $M_{2=}$ 2940 Masse sèche des fines retirés par lavage : M_1-$M_{2=}$60			
Tamis ouverture (mm)	Masse des refus Cumulés (g)	Pourcentage refus Cumulés (%)	Pourcentage tamisas Cumulés (%)
12,5	478	15,93	84,06
10	1175	39,16	60,84
8	2259	75,30	24,70
6,3	2693	89,76	10,24
5	2831	94,36	05,63
2,5	2918	97,26	02,73
Matériaux resté au fond P=18	Observation : • % de tamisa de fines (f) sur le tamis 63um f= 0.1		
$\sum R_i$+P=2936			
100(M2-($\sum R_i$+P))/M_2=0,10			

Figure04 : *gravier 8/15*

III.7.Caractéristiques physiques

Tableau III 09: *caractéristiques physiques des graviers 3/8 et 8/15 D'ELHACHIMIA*

Caractéristiques	Gravier 3/8	Gravier 8/15
Masse volumique apparente (t/m^3)	1.41	1.43
Masse volumique Absolue (t/m^3)	2.62	2.68
Propriété Superficielle	3.56	2.73

VI.3. les fibres métalliques :

On a utilisée deux types de fibres métalliques (ondulée et crochets)

-Fibre ondulée

VI.3. les fibres métalliques :

On a utilisée deux types de fibres métalliques (ondulée et crochets)

-Fibre ondulée

Tableau III 10 : caractérisations des fibres ondulées

Caractéristique	Fusion (C°)	Longueur (mm)	Elancement (L/D)	épaisseur (mm)	Résistance à la traction (MPa)	Module d'élasticité	Masse volumique (kg /m ^{3})
	1000	50	83.33	0.6_0.09	1000	200	7.8

-fibre crochée

Tableau III 11 : caractérisations des fibres crochets

Caractéristique	forme	Longueur (mm)	Diamètre (mm)	Elancement (L/D)	Résistance à la traction	Module d'élasticité	Masse Volumique (kg /m ^{3})
	Fil d'acier	50	0.62	81	1100	200	7.8

III.8.Formulation du béton :

Selon la méthode de **Dreux-Gorisse**

La méthode de formulation de **Dreux-Gorisse** permet de déterminer les quantités optimales de matériaux (eau E, ciment C, sable S, gravillon g et gravier G) nécessaires à la confection d'un mètre cube de béton conformément au cahier des charges. Plusieurs étapes de calcule successive sont nécessaires à l'obtention de la formulation théorique de béton :

- Détermination du rapport C/E

- Détermination de C et E
- Détermination du mélange optimal à minimum de vides
- Détermination de la compacité du béton
- Détermination des masses de granulats

La composition d'un béton est constitué de matériaux locaux savoir :

- Sable 0/3 (**EL HACHIMIA**)
- Graviers concassé (**EL HACHIMIA**)
- Ciment CEM II/B 42,5N **MATINE**

III.9.1.Détermination de la composition du béton :

Les donnés de base sont :

- Béton plastique vibration faible
- σ'_{28}= 30 MPa
- D max= 16
- Affc= 14

- Détermination du rapport **C/E** :

Le rapport C/E est donné par :

$\sigma_{28} = \sigma'_c G\ (C/E - 0,5)$

C/E = 2,3

- Détermination de **C** :

A=14

C/E=2,3

C=400 kg/m ^{3}

- Détermination de **E :**

C/E=2,3

C=400

E=174 l/m ^{3}

E/C=0,45

III.9.2.traçage de courbe de référence de Dreux OAB:

- Le point O [0,0]
- Le point B [D max, 100] $\Longrightarrow$ [16,100]
- Le point A [X, Y] $\Longrightarrow$ [8, 38]

D = 16 mm l'abscisse : $x = \frac{16}{2}$

L'ordonnée $y = 50 - \sqrt{D} + k + k_s$

Y=41

D'après la courbe des granulats on obtient les dosages des granulats suivant :

- Sable 0/ 3 : 29%
- Gravier 3/8 : 28%
- Gravier 8/15 :43%

D'après le tableau de valeur du coefficient de compacitéγ = 0,810

- Le volume total du béton

Vb = 1000x 0,810 = 810 L

- Le volume total du ciment

Vc = 400/3,1 = 129 L

- Le volume total des granulats :

Vg = 810- 129 =681 L

Donc le dosage des fractions des granulats en litre sera :

- Vs = 681x 29 % = 197.49L
- Vg 3/8 = 681x 28 %=190.68L
- Vg 8/15 =681x 43 %=292.83L

Les masses volumiques absolues des granulats sont les suivant :

- Mv : sable (0/3) = 2,68 g/cm^3
- Mv : gravier (3/8) = 2,60 g/cm^3
- Mv : gravier (8/15) = 2,60 g/cm^3

Le dosage en matériaux secs sera donc en kg :

- Sable 0/3 : 197.49 x 2,68 = 529.27 kg
- Gravier 3/8 : 190.68 x 2,60= 495.76 kg
- Gravier 8/15 : 292.83 x 2,60 = 761.35 kg
- Ciment = 400 kg
- L'eau = 173 kg

III.10.Les compositions de béton :

III.10.1. béton témoin : béton ordinaire

Tableau III 12 : *composition d'un mètre cube de béton formulé par la méthode DreuxGorisse*

Constituants	Quantité	Unité
Ciment	400	**Kg/m^3**
Eau	200	**l/m^3**
Sable	530	**Kg/m^3**
Gravier (3/8)	495	**Kg/m^3**
Gravier (8/15)	761	**Kg/m^3**

Tableau III 13 : *composition du béton utilisé dans le malaxage*

Constituants	Quantité	Unité
Ciment	12	**Kg/m^3**
Eau	6	**l/m^3**
Sable	15.9	**Kg/m^3**
Gravier (3/8)	14.85	**Kg/m^3**
Gravier (8/15)	22	**Kg/m^3**

III.10.2. béton fibré : béton ordinaire fibré

- ✓ **la composition**

Pour la composition de ce type de béton nous avons réalisé la même composition que celle de béton ordinaire précédent mais avec l'incorporation des fibres.

Nous avons incorporé deux types de fibres métalliques (crochets et ondulée) avec des pourcentages différents (0.5% ,0.75%,1%) pour chaque type et pour le mixe entre les fibres.

- ✓ **Teneur en fibres :**

Tableau III 14 : *les différentes masses des fibres utilisé dans le béton de fibre.*

Le pourcentage(%)	**0.5**	**0.75**	**1**
Masse des fibres en (kg)	**1.17**	**1.7**	**2.34**

III.10.3 Les formulations des bétons réalisés sont les suivantes :

Dans tout ce qui va suivre on va opter les abréviations suivantes

BOT : béton ordinaire témoin

BFMc1: béton ordinaire avec l'ajoute de 0.5% des fibres métalliques crochets

BFMc2 : béton ordinaire avec l'ajoute de 0.75% des fibres métalliques crochets

BFMc3 : béton ordinaire avec l'ajoute de 1% des fibres métalliques crochets

BFMo1 : béton ordinaire avec l'ajoute de 0.5% des fibres métalliques ondulée

BFMo2 : béton ordinaire avec l'ajoute de 0.75 des fibres métalliques ondulée

BFMo3 : béton ordinaire avec l'ajoute de 1% des fibres métalliques ondulée

BFMco1 : béton ordinaire avec l'ajoute de 0.5% des fibres mixe (crochets et ondulée)

BFMco2 : béton ordinaire avec l'ajoute de 0.75% des fibres mixe (crochets et ondulée)

BFMco3 : béton ordinaire avec l'ajoute de 0.1% des fibres mixe (crochets et ondulée)

III.11.Méthodologies d'essais

Dans notre projet 60 éprouvettes ont étés réalisées, le tableau suivant indique le nombre et la dimension des éprouvettes pour chaque type d'essai

Tableau III 15: nombre et dimension des éprouvettes

Type d'essai	Nombre d'éprouvettes	Dimensions (cm)
Essai de compression (cylindrique)	30	16/32
Essai de flexion (prismatique)	30	7/7/28

Figure 05 : les éprouvettes utilisées

III.11.1.Mise en œuvre du béton :

- **malaxage :**

Les granulats, le ciment et sont placés, après pesage, dans un malaxeur de laboratoire à axe verticale. Un premier malaxage à sec a été effectué durant 30 secondes. On ajout l'eau, par la suite un deuxième malaxage de une minute a été réaliser les fibres sont ajoutées progressivement en pluie au mélange lors de malaxage

Figure05 : malaxage

- **coulage et vibration :**

Le mélange préparé est mis en place par coulage et vibration. Le coulage se fait en deux temps. Le moule est rempli aux moitié et il est soumis à une vibration jusqu'à l'apparition d'un léger ressuage. Ensuite, le moule est rempli totalement et suivie d'une vibration à table vibrante de 10 s.

Figure 06 : coulage et vibration

- **Mode de conservation :**

Nous avons conservé les éprouvettes dans leur moules pendant les premier 24h heures dans une salle de température ambiante. Après démoulage, ils sont conservés dans une chambre de conservation humide (T=20°, HR=95%) jusqu'au moment de la réalisation des essais à 28 jours.

***Figure 07** : conservation des éprouvettes*

III.12. caractéristiques de béton à l'état frais :

Nous nous intéressons ici à l'analyse du béton fibré, à sa sortie de malaxeur, et de ce fait voire l'influence des fibres sur l'ouvrabilité de béton.

- **Essai d'affaissement (NF P 18 451) :**

Le contrôle de l'ouvrabilité est effectué grâce à l'essai d'affaissement au cône d'Abrams qui consiste à :

- Remplir le cône en trois couches, piquer chaque couche 25 fois, avec une tige d'acier à extrémités hémisphérique de 26 mm de diamètre et 600 mm de longueur
- Soulever le moule avec précaution et mesurer l'affaissement en cm.

Figure 07 : *Affaissement au cône d'Abrams*

- **La masse volumique :**

Cet essai consiste à :

- Remplir un récipient V en (litre) et de masse M en (kg) d'un échantillon de béton frais, en deux couches tassé par vibration ;
- Araser et laisser la surface du béton à l'aide d'une truelle ;
- Peser le récipient remplit, soit de masse M_t en (kg).

III.13. analyse de béton à l'état durci

- **Essai de compression :**

L'essai de compression consiste à rompre le corps d'épreuve entre les deux plateaux d'une presse de compression est d'une capacité maximale de 2000KN conforme à la norme

Avant d'entamer l'essai, les éprouvettes préparées (16/32) subissent une opération de rectification (lissage) à l'aide d'une rectifieuse.

Figure08 : rectifieuse

Figure 09 : essai de compression

- **Essai de traction- flexion :**

C'est l'essai le plus couramment utilisé. Il consiste à rompre en flexion une éprouvette prismatique de côté a et de langueur 4a. Pour une charge totale P, le moment de flexion constante entre les deux points d'application de charge est : M= P. a/2

Figure 10 : éprouvette soumis à la traction par flexion

II. Caractéristiques des bétons à l'état frais :

II.1. L'affaissement au cône d'Abrams:

Tableau VI 01 : *variation de l'affaissement de béton à l'état frais*

	Affaissement (cm)		
Type de béton	**0.5 (%)**	**0.75 (%)**	**1 (%)**
BFMc	**8**	**7**	**6**
BFMo	**12**	**11**	**8**
BFMco	**7**	**6**	**5**
BOT	**14**		

- **Représentation graphique:**

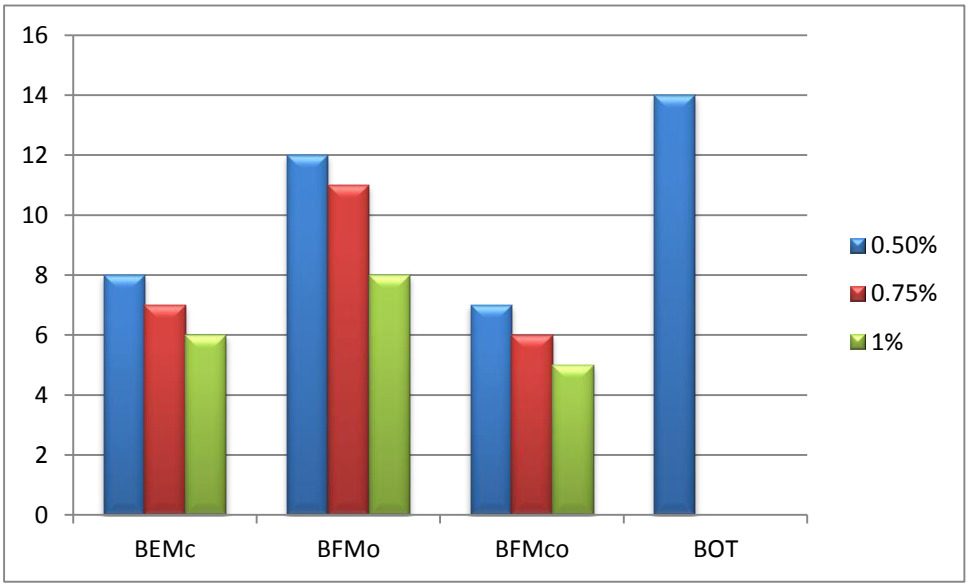


Figure 01 : variation d'affaissement de cône d'Abrams en fonction des fibres (cm)

Remarque :

- La figure ci-dessus présent l'affaissement d'un béton ordinaire témoin et un autre fibré par des fibres métallique type crochets et ondulée et le mixe entre les deux avec des pourcentages de 0.5% ,0.75%et 1%.
- D'après les résultats obtenus nous avons une diminution remarquable de l'affaissement de béton pour la composition avec fibres crochets par rapport au béton témoin et lorsque le pourcentage des fibres augmente l'affaissement diminue,

on voit que pour 1% de fibres L'affaissement diminue de 14 à 6 (cm), dans le cas des fibres ondulée la diminution del'affaissement diminue de 14 à 8 (cm) et pour le mélange des fibres (crochée et ondulée) l'affaissement diminue de 14 à 5.

- L'analyse les résultats montre que l'affaissement diminue lorsque la teneur en fibres augmente.
- L'incorporation des fibres métalliques dans un béton a changé complètement la maniabilité du béton.
- L'utilisation des fibres crochets dans le béton diminue l'affaissement plus que les fibres ondulée.

La diminution d'affaissement des BOF pour les différentes teneurs en fibres métalliques peut s'expliqué par les fibres métalliques qui empêchent l'écoulement du béton dans une ou plusieurs directions.La forme et la géométrie des fibresaugmentent les frottements entre les fibres et la matrice cimentaire.

II.2.L masse volumiques MV :

Tableau VI 02 : *variation de la masse volumique de béton à l'état frais*

	Masse volumiques (kg/m^3)		
Types de béton	**0.5(%)**	**0.75(%)**	**1(%)**
MV BFMc	**2409**	**2435.84**	**2453.6**
MV BFMo	**2406.42**	**2453.25**	**2458.26**
MV BFMco	**2458.26**	**2406.42**	**2511.14**
BOT	**2391.31**		

Présentation graphique

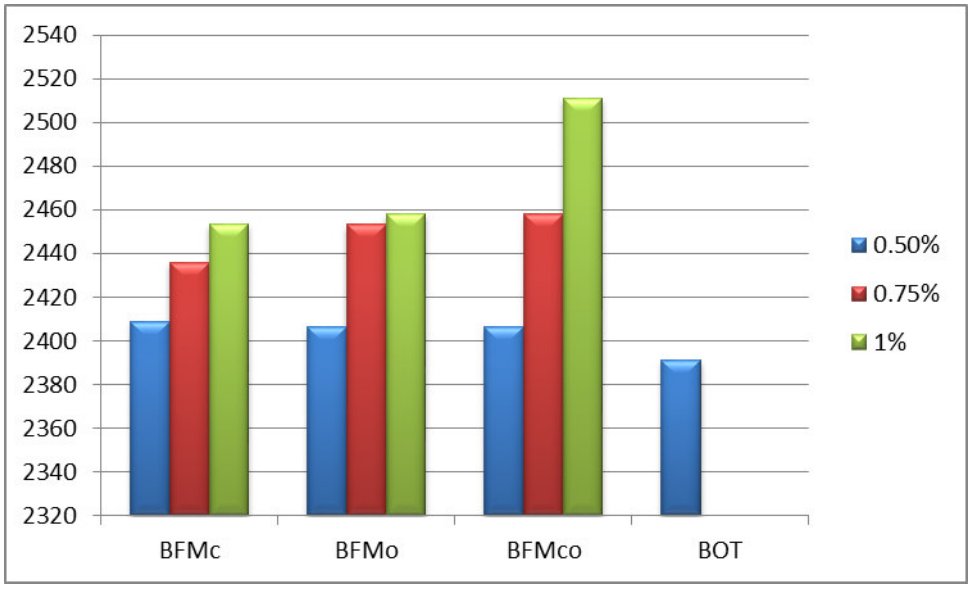


Figure 02 : *variation de la masse volumique de béton on fonction de la teneur des fibres à l'état frais (kg/m^3)*

Remarque :
La figure présente la masse volumique des trois compositions de béton (témoin fibré par des fibres métallique crochets et ondulée et le mélange entre les deux fibres)

L'analyse, les résultats montrent que la masse volumique à l'état frais augmente lorsque la teneur en fibres augmente.

L'augmentation de la masse volumique des BF pour les différentes teneurs en fibres métalliques s'expliqué par :

- La masse volumique des différente fibres métallique sont plus élevés que celle des granulats ce que explique l'augmentation des masses volumique des BF.

III. Caractéristiques du bétona l'etat durci :

III.1.La masse volumique de béton :

Les masses volumiques a l'état durci ont été déterminés par la formule suivante

Mv=M/V (kg/m^3).

Tableau VI 03 *: variation de la masse volumique des bétons à l'état durci :*

	Les masses volumiques à 28 j (kg/m^3)		
Types de bétons	**0.5 (%)**	**0.75(%)**	**1(%)**
BFMc	**2366.51**	**2377.39**	**2388.88**
BFMo	**2368.58**	**2370.13**	**2371.17**
BFMco	**2379.47**	**2393.98**	**2399.68**
BOT		**2341.10**	

Représentation graphique :

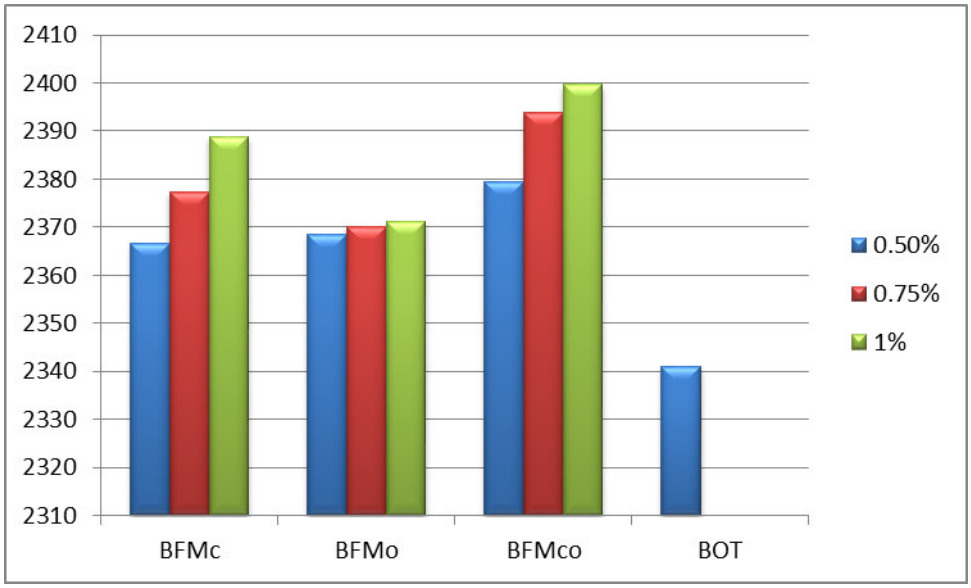


Figure 03 *: variation de la masses volumique en fonction du pourcentage en fibres à l'état durci à 28 J (kg /m^3).*

La figurereprésente la masse volumique à l'état durci des differents composition de béton, on remarque une augmentation remarquable pour le pourcentage de 1% de fibres métalliques

- La masse volumique varie linéairement avec la teneur en fibres métalliques, elle augmente avec l'augmentation de la teneur en fibres incorporées.

- D'après les résultats on remarque que La masse volumique de BFMco est plus grande que celle des autres bétons

- En plus du processus d'hydratation qui augmente la compacité de béton, donc augmente la masse volumique par le remplissage de videles fibres métalliques dans les bétons augmente avec sa masse volumique, par la densité des fibres qui est supérieure à celle des granulats de béton

. **III.2Les essais mécaniques :**

III.2.1.Résistance à la compression :

Tableau VI 05 : variation des résistances à la compression à 28 j

Teneur en fibre / Types de bétons	**Résistance à la traction par flexion**		
	0.5 (%)	**0.75(%)**	**1(%)**
BF1	**30.8**	**30.50**	**31.39**
BF2	**28.20**	**28.23**	**29.36**
BF3	**30**	**30.32**	**32.10**
BT	**28.17**		

- Représentation graphiquement :

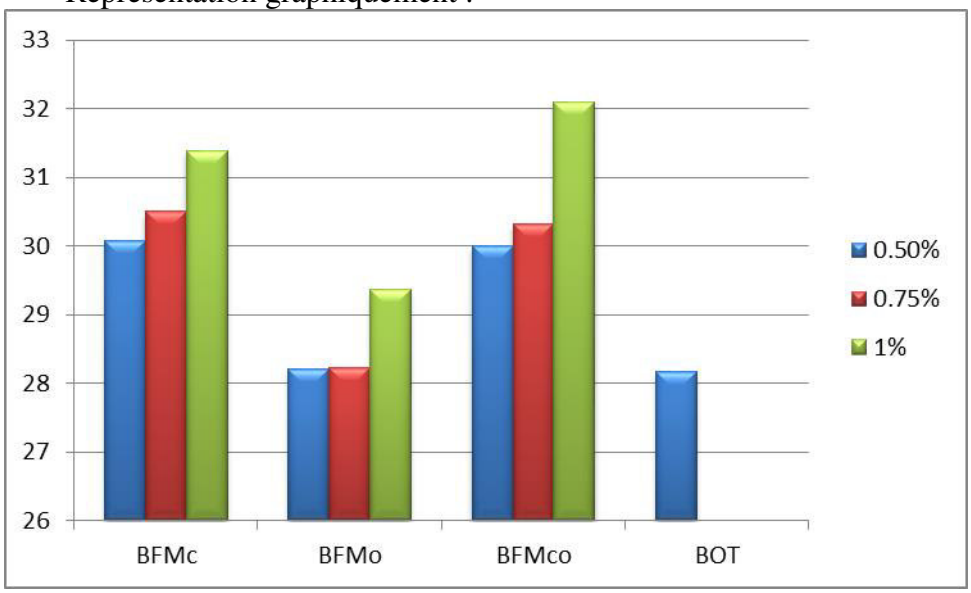


***Figure 4**: les résistances mécanique à la compression à 28J (MPa)*

Remarque :

La figure représente la variation des résistances mécaniques à la compression de béton témoin et les bétons de fibres.

D'après les résultats inscrits dans le tableau ci-dessus on trouve un accoisement de résistance à la compression pour le béton renforcé par les fibres crochets avec une petite différence entre les pourcentages, pour 0.5 % de fibre, la résistance augmente de 28.17 MPa pour le béton témoin à 30.08 MPa, pour 0.75% la résistance augmente à 30.50 MPa et pour 1% la résistance augmente jusqu'au 31.30 MPa.

Pour le béton renforcé par les fibres ondulées on remarque une légère augmentation de résistance par rapport au témoin avec une petite déférence entre les pourcentages, pour 0.5% de fibre ondulé la résistance est proche a celle de témoin 28.20 MPa, pour 0.75% la résistance est de 28.23 MPa et pour 1% la résistance augmente à 29.36 MPa.

Pour le béton incorporant les deux types de fibres et a différents pourcentages nous avons une augmentation de résistance à la compression, pour 0.5% la résistance augmente à 30 MPa, pour 0.75% la résistance augmente à 30.32MPa et pour le 1% la résistance augment à 32.10 MPa.

A travers ces résultats on voit que les bétons avec fibres crochets et le mélange des deux donnent la meilleure résistance en compression à 28 J par rapport au témoin et au béton avec fibres ondulées.

Résistance à la traction par flexion :

***Tableau VI 14* :** *variation des résistances mécaniques à la traction par flexion en fonction du dosage en fibres métalliques*

Teneur en fibre / **Types de bétons**	**Résistance à la traction par flexion**		
	0.5 (%)	**0.75(%)**	**1(%)**
BF1	**5.8**	**6.4**	**7.5**
BF2	**4.5**	**5.4**	**6.5**
BF3	**3.5**	**4.4**	**5.8**
BT	**2.9**		

Représentation graphiquement :

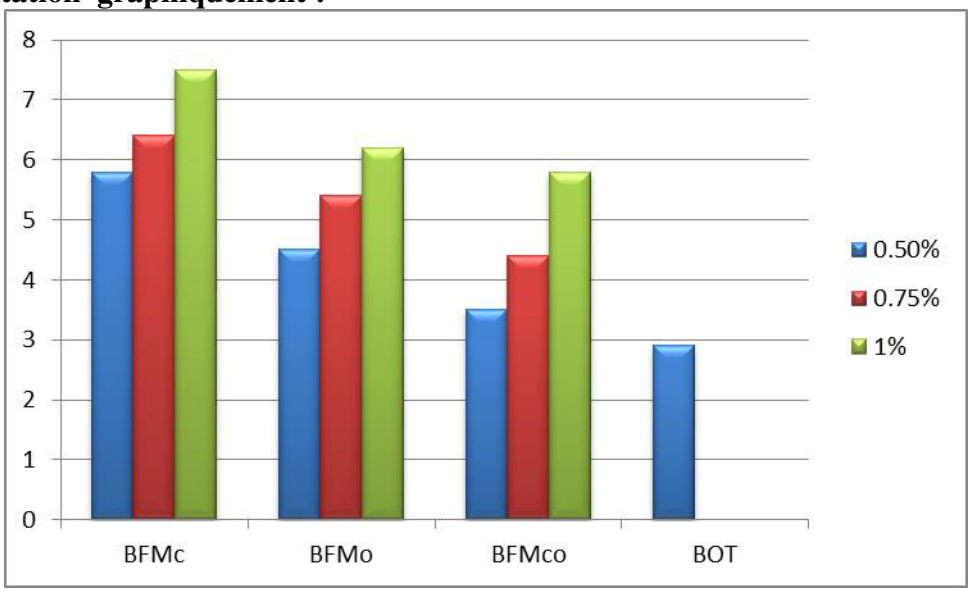


***Figure 05**: les résistances mécaniques à la traction par flexion à 28j*

***Tableau VI 15** : variation des résistance mécanique à la traction par flexion avec 1% des fibres métalliques*

Type de bétons	Résistance à la traction par flexion à 28 j (MPa)
	Pour 1% de fibre métalliques
BFM1	7.5
BFM2	6.5
BFM 1.2	5.8

Réprisontaion graphiquement :

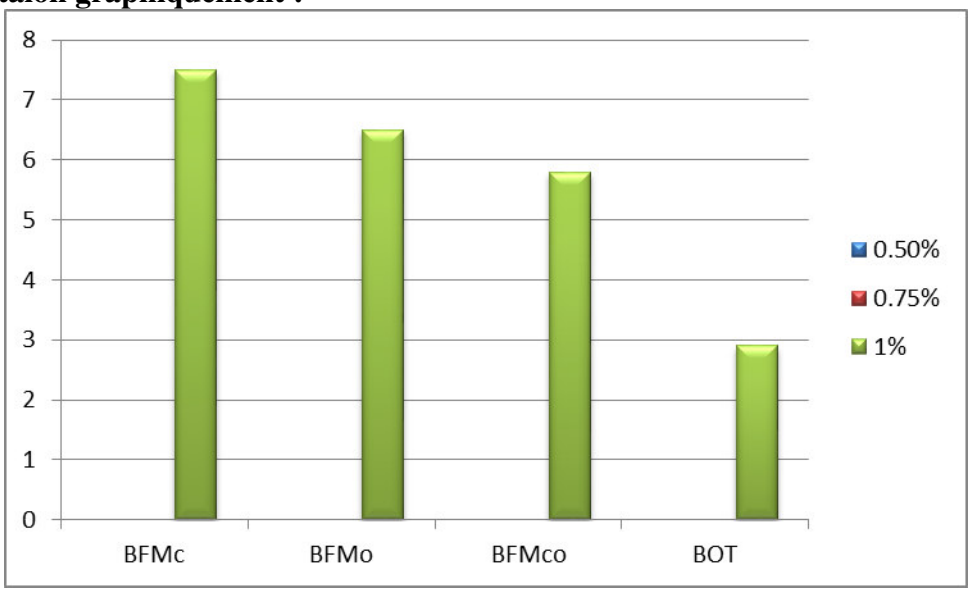


***Figure 06* :** *résistances à la traction par flexion pour 1 % de fibres métalliques*

D'après les résultats ci-dessus nous remarquons que les résistance à la traction par flexion augmentent proportionnellement avec le dosage en fibres les essais effectués avec les fibres métallique (crochet) donnent des bon résistance (7.5 MPa) pour 1% de fibres, le béton avec les fibres métalliques (ondulée) présente une résistance de (6.5 MPa), et le mélange (fibre crochet et ondulée),(5.8Mpa) .

Ce dernier montre que le dosage de fibre influe positivement sur la résistance à la traction par flexion.

Tableau VI 16 : *variation des résistances mécaniques à la traction par flexion avec 0.75% des fibres métallique*

Types de bétons	Résistance à la traction par flexion à 28 j

	Pour 0.75 % des fibres métalliques
FBM 1	6.4
FBM 2	5.4
FBM 1.2	4.4

Représentation graphiquement :

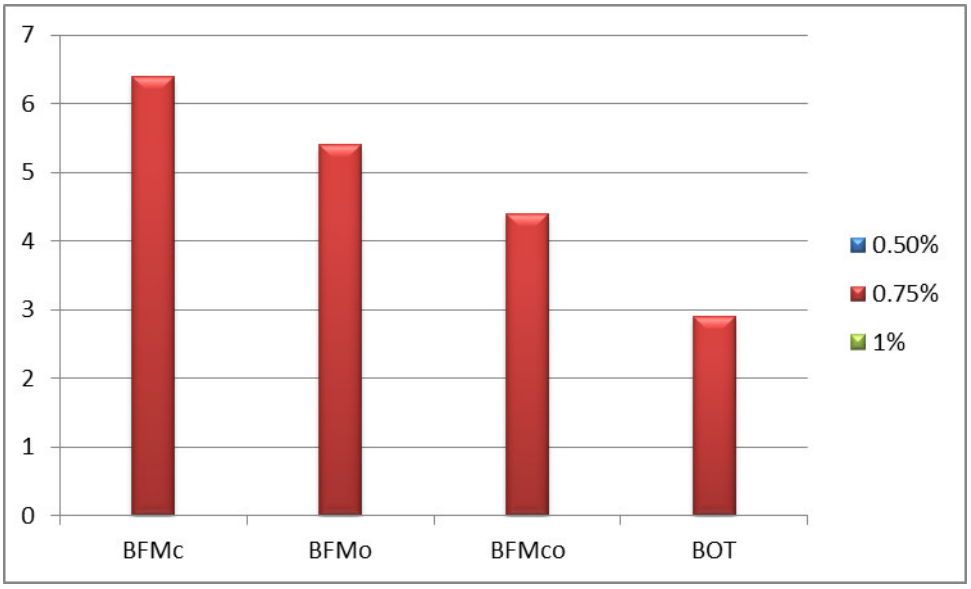


Figure 07 : *résistance à la traction par flexion en fonction de 0.75 % des fibres métalliques*

D'après les résultats ci-dessus nous remarquons que les BFM (crochet, ondulée et mélange) presque la même résistance qui est supérieur à celle de béton témoin.

Le BFM 1 (crochet) a la plus grande valeur (6.4 MPa) après le BFM 2 (ondulée) qui égale (5.4MPa) et BFM 1 2 (crochet + ondulée) qui égal (4.4 MPa).

Tableau VI 17 : *variation des résistances à la traction par flexion à 28 j avec 0.5 % des fibres métalliques.*

Type de bétons	La résistance à la traction par flexion à 28 j
	Pour 0.5% des fibres métallique
BFM 1	5.8
BFM 2	4.5
BFM 1.2	3.5

Représentation graphiquement :

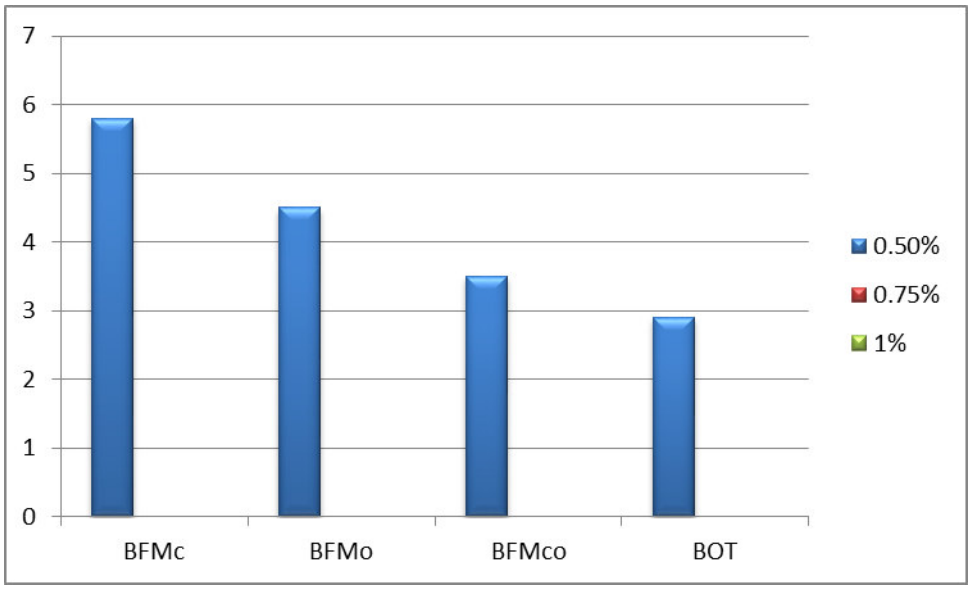


***Figure 08**: résistance à la traction par flexion en fonction de 0.5% de fibres méttaliques*

pour une teneur de 0.5 % de fibre nous avons remarquer que la résistance à la traction par flexion des BFM 1 (ondulée et le mélange) est égale à celle de béton témoin à28j.on peut expliquer sa par une mauvaise adhérance pate –fibre .

Pour des éléments ou des ouvrages nécessitant une résistance mécanique à la traction par flexion, l'utilisation des bétons fibrés devient une nécessité, dans ce cadre le présent travail s'intéresse a l'étude de l'influence du taux et de la géométrie des fibres métalliques sur le comportement physico mécanique de béton. Pour atteindre notre but deux types de fibres métalliques avec différentes géométrie et a différents dosages été incorporés dans le béton

- l'affaissement diminue lorsque la teneur en fibres augmente. L'incorporation des fibres métalliques dans le béton a changé complètement la maniabilité du béton.
- L'utilisation des fibres crochets dans le béton diminue l'affaissement plus que les fibres ondulée.
- la masse volumique à l'état frais augmente lorsque la teneur en fibres augmente.

L'augmentation de la masse volumique des BF pour les différentes teneurs en fibres métalliques.

- La masse volumique a l'état durcit varie linéairement avec la teneur en fibres métalliques, elle augmente avec l'augmentation de la teneur en fibres incorporées. surtout pour le pourcentage de 1% de fibres métalliques et pour la composition BFMco désignant le mélange des deux fibres crochets et ondulés.
  En plus du processus d'hydratation qui augmente la compacité de béton, donc augmente la masse volumique par le remplissage de vide les fibres métalliques dans les bétons augmente avec sa masse volumique
- un faible accoisement de la résistance à la compression pour le béton renforcé par les fibres par rapport au béton témoin, pour 1% de fibres (adulés +crochets) la résistance augmente jusqu'au 32.10 MPa.

De point de vue résistance à la compression les bétons avec le mélange des deux donnent la meilleure résistance à 28 J.

- La résistance à la traction par flexion augmentent proportionnellement avec le dosage en fibres les essais effectués avec les fibres métallique (crochet) donnent les meilleurs résultats avec une valeur de résistance (7.5 MPa) pour 1% de fibres par rapport au témoin avec 2.9 MPa.
- Les fibres limitent la formation et la propagation des fissures au sein l'élément béton.
- Le mode de rupture des formulations de béton avec fibre indique la préservation des deux parties de l'éprouvette endommagée, ce qui est avantageux de point de vue sécurité ou le béton fibré nous évite les effondrements totale des éléments de béton.

Enfin on peut dire que Les bétons connus par leurs fragilités en traction. L'introduction de fibres discontinue, aléatoirement répartie dans une matrice de béton améliore certainement son comportement, il reste de bien faire le bon choix des fibres a utilisés en prenant compte les conditions de mise en œuvre.

Bibliographie :

[1] **béton- définition** (2008) ; Encyclopédie scientifique en ligne : www, techno-science, net, 2008.

[2**] cimbéton** (2006); Les bétons: formulation, fabrication et mise en œuvre, Paris.

[3**] L. J. Vicat**, Traité pratique et théorique de la composition des mortiers, ciments et gangues a pouzzolanes et de leur emploi dans toutes sortes de travaux.

[4**] AYAD.M (**2013) ; «modélisation des bétons ordinaires par des plans d'expériences» mémoire de master, université Abou Beker Belkaid-Tlemcen

[5] **NGUYEN T.L.H,** (2007); Outils pour la modélisation de la mise en œuvre des bétons, Thèse de doctorat de l'école nationale des ponts et chaussées, 139 p.

[6] **Khelifa R**., «L'impact des cimenteries sur l'environnement – Cas de la cimenterie de Ain-Touta», Mémoire de DEA en Aménagement, Développement et Environnement, Université d'Orléans, le 18 Septembre 2002.

[7**] Baron.J,** 1982 : « chapitre 27, les retraits de la pâte de ciment, béton hydraulique : connaissance et pratique presse de l'école nationale des ponts et chaussées, p.485-50 1. »

[8] **El BARRAK M.** (2005), « Contribution à l'étude de l'aptitude à l'écoulement des bétons autoplaçants à l'état frais », Thèse de doctorat à l'université Toulouse III –Paul Sabatier, Juillet. 229 p.

[9**] Baron.J Olivier.J.P et Weiss. JC, 1996 : «** chapitre IA : les ciments courants, les bétons bases et données pour leur formulation, sous la direction de Jacques BARON, Jean-Pierre OLIVIER, Ed Eyrolles. »

[10**] S.Bethmout**. Mécanisme de ciment ségrégation dans les BAP in thèse de doctorat, Ecole nationale des ponts et chaussées 2005.

[11] ORIGNY Groupe : «chapitre obtenir des bétons de qualité, guide pratique, publier par groupe Origny, 2éme édition février 1991. »

[12] **GEORGE DREUX**. , « Nouveau guide du béton et ses constituants, Edition ayrolles. »

[13] **K.NASR.EDDIN**. Propriété et pathologie de béton, opu, 1991.

[14**] NY RIANA ANDRIAMANANTSILAVO** : « comportement des matériaux cimentaires dans un coffrage : expérimentation, modélisation et simulation de la poussée et du processus de maturation ; THESE DE DOCTORAT soutenu à l'université de bretagne sud le 15, décembre 2003. »

[15] NF EN 12390-3(FEV-2003), essai pour béton durci – résistance à la compression des éprouvettes (indice de classement P18-455).

[16] Menou.A ,2004 : étude de comportement thermomécanique des béton a haute température, thèse de doctorat à l'Université, de pau et des pays de l'Adour.

[17] o. d. bibliothèque, pratiques actuelles pour la formulation des bétons (5/191), F.S.I.

[18] Duppain.R, Lanchon.R et **saint-Arromain.J.C**, 1995 : Granulats, sols, ciment et bétons, Paris : Ed Altirnative.

[19] Chanivillard.G, 1999 : connaissance générale sur le matériau béton, Ed. Aléas.

[20] Aitcin.P.C, 2001 : béton haute performance, Ed Eyrolles.

[21] CIM béton, 2000 : construire avec les bétons, Ed du moniteur.

[22] RAHICHE.M « durabilité des BFUP élaborés à base de CPZ et du sable de dunes dans différents milieux agressifs » mémoire de master, université M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES,2014.

[23] BaCaRa Projet Français, 1996 : le béton compacté au rouleau, Presse de l'école-Nationale des ponts et chaussées, France.

[24] CIM béton ,2000 : le ciment et ses applications, fiches techniques.

[25] LAFARGE, Documents de LAFARGE, France.

[26] NEBBOU Mohamed « influence de la poudre de marbre sur les propriétés du béton » mémoire d'ingénieur d'état en matériaux de structure BOUMERDES 2007/2008

Bibliographie

[27] .Y.CHERAIT ″optimisation de la composition du béton renforcies de fibres en fonte amorphe ″, séminaire National de Génie –Civil M'sila 16.17 novembre 1997.

[28]. **MBDAR, M BENVHEIKH ,G .DEBICKI** "Effet de l'icorporation de fibres issuse de déchets industriels locaux ,sur le comportement du béton". INSA DE LYON FRANCE : s.n., 16,17 november 1997, séminaire National de Géne- civil .

[29]. **AKLI, BOUCHOUKA ABD ellah et AKLIOUCHE."** influnce du types de teaux de fibres insérés en deux phases sur les propiétes des bétons ". boumerdes : s.n., 2014.

[30]. "Nouveau Guide du béton et ses constituants ".édition ZYROCIES France .

[31].**BEDDAR, M et al** ″Influence of geometry on the performance of refractory concrete.″ Proceeding ICCM and ECCM 1986, Elsevier Applied science publishers Vol. 2, 1986, pp. 172-179

[31] .**AIT AMEUR, M.M** " contribution à l'étude expérimental des bétons renforcés de fibres d' acier locales " .Mémoire de magister, U Tiaret, 1998 .

[32] SOROUSHIAH, P. et al " Development and Characterization of hybrid polyethylene Fibre reinforced cement composites."ACI Materials journal, March 1993, Vol 90, N .2, pp. 182-190.

[33].**VINSON , K.D & DAVID, J.I.** "specialty cellulose Fibres for cement reinforcement " -124, American. Concrete. Institude, Detroit, pp.-18.

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

[35].**DEBICKI, G. "** contribution à l'étude du rôle de fibre dispersées anisotropiquement dans le mortier de ciment sur les lois de comportement, les critères de résistance et la fissuration des matériaux ". Thèse de doctorat, INSA de Lyon, France, 1988.

[**36].GRUNEWALD S., WALRAVEN J.C. (2001) "** Parameter –study on the influence of steel fibers and coarse aggregate content on the fresh properties of self –compacting concrete cement and concrete Research vol .31, pp.1793- 1798.

[**37]. CHANVILLARDG**, Analyses expérimentale et modélisation micromécanique du comportement des fibres d'acier tréfilé ″, série ouvrage d'art, OA12, 1993.

[38].**DREUX J, FESTA, J**. (Mai, 2002) ″Nouveau Guide du béton et ses constituants ″, 8° édition, Eyroller, Paris Franc .

[39] SAHMARANM, YURTSEVEVA, YAMANI.O (Des, 2005) ″Wokability of Hybrid Fibre Reinforced Self – compacting concrete, Buiding and Environment Journal Vol 40, N° 12, p. 1672-1677.

[40] BALAGURU.PN, SHAHS P. (1992) ″ fibre keinforceed cement composites des fibres d'acier tréfilés ″, ancrées dans une cimentaire. Etude et Recherches des LPc, série ouvrage d'art, OA12, 1993.

[41] GUILAUME, CAMPS. ″Etude des interactions chémo-mécaniques pour la simulation du cycle de vie d'un élément de stockage en béton ″. Thèse doctorat de l'université Toulouse soutenue le 10 sept, 2008.

[42].MALAOU MALIKA, université de Mentouri Constantine thèse doctorat 30 octobre 2007 ″ influence de l'introduction des fibres métalliques sur le comportement diffère d'une matrice cimentaire, caractérisation comportement monotone – microstructure ″.

[43] DREUX J, FESTA, J. (Mai, 2002) ″Nouveau Guide de béton et ses constituants ″ 8°, édition, Eyrolles, Paris, France.

[44] SAHMARAN M, YURTSEVENA, YAMANI , O (Dec, 2005) ″workability of Hybrid fiber reinforced self compacting concrete ″ , Building and Environment Journal Vol. 40 n°12, p.

[45]**AHMADSH, SAHA S.P.** (Nov, 1982) ″Stress-Strain curves of concrete confinded bey. Spiral reinforcement ″, ACI Journal, Vol 79, n°6, p. 484-490.

[46].Pierre Rossi ″les bétons de fibre métalliques ″presses ponts et chaussées.

[47].CASANOVA, P., LEMAOU, F., SCHALLER, I : ″ les fibres d'acier peuvent-elles remplacer les armatures transversales dans les poutres de béton armé ″, bulletin de liaison L.C.P.C, N 195 Jan- Fév., 1995.

[48] MEZIANI Salah Eddine, université de boumerdes, mémoire fin d'étude 2016, ″ Réparation d'un béton endommager avec un BAP a base des fibres de récupération ″.

Résumé

Le but de ce travail est de voir l'influence du taux de fibres métalliques sur le comportement physico-mécanique des bétons ordinaires .A cet effet dix mélanges ont été formulés, un béton ordinaire sans fibres servant de béton témoin identifié sous le nom BOT, et un béton renforcé de fibres métalliques crochetset ondules avec trois dosages de fibres métalliques(0.5%,0.75% ,1%), et un dosage de fibrage mixte. L'étude expérimentale a été menée sur des éprouvettes de caractéristiques géométriques adaptées aux essais effectués. Les résultats montrent que la résistance à la compression augmente légèrementet pour la résistance a la flexion l'augmentation est remarquable lorsque le taux d'incorporation des fibres augmente.

Mots-clés : béton ordinaire, compression, fibres métalliques, flexion.

Abstract

The aim of this work is to see the influence of the metal fiber content on the physico-mechanical behavior of ordinary concretes. To this end ten mixtures have been formulated, an ordinary concrete without fibers serving as control concrete identified under the name BOT, and a metal fiber reinforced concrete hooks and corrugated with three metal fiber dosages (0.5%, 0.75%, 1%), and a mixed fiberizing dosage. The experimental study was carried out on specimens of geometrical characteristics adapted to the tests carried out. The results show that the compressive strength slightly increases and for flexural strength the increase is remarkable as the rate of incorporation of the fibers increases.

Keywords: ordinary concrete, compression, metal fibers, bending.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو رؤية تأثير محتوى الألياف المعدنية على السلوك الفيزيائي-الميكانيكي للخرسانة العادية. على هذا. تمت صياغة عشر خلطات، وهي خرسانة عادية بدون ألياف تعمل كخرسانة مراقبة تم تحديدها تحت اسم BOT، والخرسانة المسلحة بالألياف المعدنية والممزوج بثلاث جرعات من الألياف المعدنية (0.5 ٪ ، 0.75 ٪ ، 1 ٪) ، وجرعة الألياف البصرية مختلطة. أجريت الدراسة التجريبية على عينات من الخصائص الهندسية المتكيفة مع الاختبارات التي أجريت. أظهرت النتائج أن قوة الضغط تزداد قليلًا ، وبالنسبة إلى قوة الانثناء ، فإن الزيادة ملحوظة مع زيادة معدل دمج الألياف.

كلمات المفتاح: الخرسانة العادية، الضغط، الألياف المعدنية، الانحناء.