

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université a. Mira de Bejaia



Faculté de Technologie
Département de Génie des procédés

Mémoire EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE Master

Domaine : Science et Technologie Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie des Procédés des matériaux

Présenté par

M^{lle} SAIDI Sakina

M^{lle} MEDJANA Louiza

Thème

**Matériaux Composites à base de fibres pour des
Applications en Génie Civil**

Soutenue le 03/07/2022

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
ZAIDI Lynda		Université de Bejaïa	Président
SLIMANOU Houssam		Université de Bejaïa	Examinateur
ZEMBOUAI Idris		Université de Bejaïa	Encadrant
BOUZIDI Mohamed Amin		Université de Bejaïa	Co- Encadrant

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

Nous tenons tout à exprimer non remerciement et notre profonde gratitude au bon Dieu (ALLAH), le Tout Puissant de nous avoir donné le courage, la force, la santé et la volonté afin que nous puissions accomplir ce travail et réaliser notre but.

Notre profonde gratitude va à notre encadreur Dr **ZEMBOUAI Idris** d'avoir accepté diriger ce travail et pour le soutien et l'aide qu'il n'a jamais manqué de nous apporter, pour ses précieux conseils, ses critiques constructives et ses orientations durant l'élaboration de ce modeste travail. Nous avons apprécié sa patience, sa gentillesse, ses qualités humaines, sa disponibilité et son accueil, tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons à remercier notre Co-encadreur Dr **BOUZIID Mohamed Amine**, pour sa disponibilité et ses encouragements qui n'ont jamais fait défaut.

Mes sincères remerciements s'adressent également à l'ensemble des membres de jury,

Madame **ZAIDI Lynda**, **SLIMANOU Houssam** enseignants au sein de l'université Abd Rahmane Mira pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

Nous tenons à remercier aussi toute personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail notamment : l'ensemble d'équipes des deux laboratoires LMPA et LGCA et aussi tous mes chers amis.

En fin, je remercie chaleureusement ma famille pour leurs sacrifices et leurs soutiens tout au long de mon parcours.

Dédicaces

C'est beaucoup d'orgueil que je dédie ce travail aux perles rares de ma vie, mes parents, car ils sont orgueilleux de me voir terminer ma recherche. Leur présence dans les moments les plus difficiles de ma vie est déterminante et les efforts déployés pour m'instruire sont considérables.

Nos trop chers parents, ma mère Zineb, ma sœur Hanane, qui nous ont toujours apportés l'amour et l'affection.

A ceux qui j'aime qui m'aiment.

En fin, je remercie ma binôme Louiza, qui à contribué à la réalisation de ce modeste travail.

SAIDI Sakina

Dédicaces

Rien n'est beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du coeur à
ceux qu'on aime

et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance
durant toute notre existence.

je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et et
qui n'a jamais cassé de prier pour moi.

A mon, très cher père, pour ses encouragements, son soutien surtout
pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement
de mes études.

A mes chères sœurs Wassila, Nedjema, Ikram et Chahinez.

Et tout qui m'aide et compulse ce modeste travail.

En fin, je remercie ma binôme Sakina, qui à contribué à la réalisation
de ce modeste travail.

MEDJANA Louiza

Liste des abréviations

CMO : Les composites à matrices organiques

CMC : Les composites à matrices céramiques

CMM : Les composites à matrices métalliques

SDC : Société développement continu

PP : Polypropylène

CF : Matrice cimentaire.

CFM : Matrice cimentaire renforcé avec des fibres métalliques.

CFPP : Matrice cimentaire renforcé avec des fibres de polypropylène.

CFJ : Matrice cimentaire renforcé avec des fibres de Jute.

BF : Matrice d'argile.

BFM : Matrice d'argile renforcée avec de fibres métallique.

BFPP : Matrice d'argile renforcée avec de fibres de polypropylène.

BFJ : Matrice d'argile renforcée avec de fibres de Jute.

ATG : L'analyse thermogravimétrique

IRTF : Spectrophotomètre infrarouge.

Ms: Masse sèche(g) ;

Vepp : Volume de l'éprouvette

Mph: Masse par la poussé hydrostatique.

Liste des tableaux

Tableau I.1: Composition de quelques fibres végétales.

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

Tableau I.3:Caractéristiques physiques de la fibre de jute à l'état nature

Tableau I.4: Composition chimiques de la fibre de jute, pourcentage massique.

Tableau I.5: Propriétés des polypropylènes.

Tableau II.1: Granulométrie du sable normalisé.

Tableau II.2: Composition de l'eau utilisée.

Tableau II.3: la caractéristique de la fibre de polypropylène.

Tableau II.4: la caractérisation de la fibre de jute.

Tableau II.5: Composition chimique de la fibre métallique.

Tableau II.6: Propriétés physiques de la fibre métallique.

Tableau II.7: Formulations de composites à matrice cimentaire renforcés de fibres Polypropylène (PP), fibres de jute et fibres métalliques..

Tableau II.8: Formulations de composites à matrice argile renforcés de fibres Polypropylène (PP), fibres de jute et fibres métalliques.

Tableau II.9: Taux de cendre à 600°C.

Liste des figures

Figure I.1: matériau composite.

Figure I.2: Composition d'un matériau composite.

Figure I.3: Schéma d'un composite idéal.

Figure I.4: Classification des composites.

Figure I.5: Classification schématique des différents types de composites.

Figure I.6: Les principales caractérisations des matériaux.

Figure I.7: Constituants des mortiers.

Figure I.8: Fabrication du ciment.

Figure I.9: Sable oued Souf.

Figure I.10: La brique enterre crue.

Figure I.11: Argile.

Figure I.12: Processus de formation des argiles.

Figure I.13: Illustration de l'apport du renfort par des fibres.

Figure I.14: Les facteurs influant sur le comportement d'un béton renforcé.

Figure 1.15: Classification des fibres.

Figure I.16: Classification des fibres naturelle.

Figure. I.17: Structure des fibres végétale.

Figure. I.18 : Structure d'une fibre végétale.

Figure I.19: Fibre jute.

Figure I.20: Etapes extraction de la fibre de jute.

Figure I.21: fibre polypropylène.

Figure I.22: Exemples de fibres métalliques.

Figure I.23: Conductivité thermique des composites en fonction de la teneur en fibres du palmier dattier.

Figure I.24: Conductivité thermique des mortiers de fibres de noix de coco et du palmier à huile.

Figure I.25: Influence de la longueur et du pourcentage de fibres sur la résistance à la compression du béton renforcé.

Figure I.26: Courbes " contrainte-déformation" en traction.

Figure II.1: Ciment utilisé.

Figure II.2 : Fiche technique du ciment CEM II.

Figure II.3:Sable dans l'étuve pendant 24h.

Figure II.4: Sable selon la norme EN 196-1 et ISO 679.

Figure II.5:Argile utilisée.

Figure II.6:Fibre de polypropylène.

Figure II.7:Fibre de jute.

Figure II.8:Fibre métallique.

Figure II.9:Moule utilisée pour la matrice cimentaire de dimension 4x4x16 cm. Norme(NF EN 196-1)

Figure II.10:Piétrain utilisé.

Figure II.11:Table à choc.

Figure II.12:Etapes de coffrage et décoffrage.

Figure II.13: Conservation des éprouvettes dans l'eau de robinet.

Figure II.14:Broyeur CONTROS de série 885/2009.

Figure II.15:Moule de brique. 4x4x16 cm.

Figure II.16:Moule utiliser pour les tests de conductivité thermique.

Figure II.17: Pressage des éprouvettes.

Figure II.18: Echantillons de brique de dimension 4x4x16 cm 3.

Figure II.19: Echantillons de brique préparés de dimension 8x5x1 cm³

Figure II.20:Broyeur RETSCH de type ZM200.

Figure II.21:Spectrophotomètre IR.

Figure II.22: Creusets utilisés pour déterminer les taux de cendre.

Figure II.23: Four à 600°C.

Figure II.24: Le résidu des fibres à 600°C.

Figure II.25:Schéma de la structure microscopique d'une éprouvette.

Figure II.26:Pesée hydrostatique sous l'eau.

Figure II.27:Pesée hydrostatique à l'état saturé.

Figure II.28:Appareil de mesure de la conductivité thermique.

Figure II.29: Machine de tests de flexion.

Figure II.30: Eprouvette de mortier vierge avant et après les tests de flexion.

Figure II.31:Teste flexion sur la brique.

Figure II.32:Brique renforcée avec es fibre de métal avant et après la flexion.

Figure II.33 :(a):Presse CONTROLS ; (b): Eprouvette soumis aux tests de compression.

Figure II.34 : Eprouvette de mortier vierge avant et après les tests de compression.

Figure II.35:Brique vierge avant et après la compression

Figure III.1: Spectre IRTF de la fibre jute.

Figure III.2: Spectre IRTF de la fibre polypropylène.

Figure III.3: Thermogrammes ATG-DTG des fibres de jute.

Figure III.4: Thermogrammes ATG-DTG des fibres de polypropylène

Figure III.5: Evolution de la porosité des mortiers renforcés en fonction de taux charge des fibres de métal.

Figure III.6: Evolution de la porosité des mortiers renforcés en fonction de taux charge des fibres de polypropylène.

Figure III.7: Evolution de la porosité des mortiers renforcés en fonction de taux charge des fibres de jute.

Figure III.8: Evolution de la masse volumique sèche des mortiers renforcés en fonction de taux charge des fibres de métal.

Figure III.9: Evolution de la masse volumique sèche des mortiers renforcés en fonction de taux charge des fibres polypropylène.

Figure III.10: Evolution de la masse volumique sèche des mortiers renforcés en fonction de taux charge des fibres de jute.

Figure III.11: conductivité thermique de la matrice cimentaire renforcé en fibres métallique.

Figure III.12: conductivité thermique de la matrice cimentaire renforcé en fibres Polypropylène.

Figure III.13: Conductivité thermique de la matrice cimentaire renforcé en fibres jute.

Figure III.14: Conductivité thermique de la composite brique renforcé en fibres polypropylène.

Figure III.15: Conductivité thermique de la composite brique renforcé en fibres jute.

Figure III.16: Résistance à flexion de matrice cimentaire renforcées de différents taux de fibre métallique.

Figure III.17: Evolution de la résistance en flexion de matrice cimentaire renforcées de différents taux de fibres de polypropylène.

Figure III.18: Evolution de la résistance à la flexion de composite à matrice cimentaire renforcé de fibres de jute.

Figure III.19: Evolution de la contrainte en flexion de composite à matrice cimentaire renforcé de différents types de fibres et aux différents taux de charge.

Figure III.20: Evolution de la résistance à la compression de composite à matrice cimentaire renforcé de fibres métalliques.

Figure III.21: Evolution de la résistance à la compression de composite à matrice cimentaire renforcé de fibres de polypropylène.

Figure III.22: Evolution de la résistance à la compression de composites à matrice cimentaire renforcées de fibres de jute.

Figure III.23: Evolution de la contrainte en compression de composite à matrice cimentaire renforcé de différents types de fibres et aux différents taux de charge.

Figure III.24: Evolution de la résistance à la flexion de composites à matrice argile renforcés de fibres métalliques.

Figure III.25: Evolution de la résistance à la flexion de composites à matrice argile renforcés de fibres PP.

Figure III.26: Evolution de la résistance à la flexion de composites à matrice argile renforcés de fibres de jute.

Figure III.27: Histogramme représente l'influence de la nature et taux charge des fibres sur la résistance à la flexion de la brique cru.

Figure III.28: Evolution de la résistance en compression de composites à matrice argile renforcés de fibres métalliques.

Figure III.29: Evolution de la résistance en compression de composites à matrice argile renforcés de fibres PP.

Figure III.30: Evolution de la résistance en compression de composites à matrice argile renforcés de jute.

Figure III.31: Histogramme représente l'influence de la nature et taux charge des fibres sur la résistance à la compression.

Table des matières

I.	Introduction	1
	Références bibliographiques	3
	Chapitre I :	4
	Etude Bibliographique.....	4
I.1	Matériaux composites	4
I.1.1	Historique.....	4
I.1.2	Définition.....	4
I.1.3	Classification des composites.....	5
I.1.4	Caractéristiques générales des matériaux composites	6
I.1.5	Les constituants des composites	7
I.1.5.1	Mortier (matrice cimentaire).....	7
I.1.5.1.1	Définition	7
I.1.5.1.2	Compositions d'un mortier [11].....	8
I.1.5.1.3	Les caractéristiques principales des mortiers [11].....	10
I.1.5.1.4	Domaines d'utilisation des mortiers	10
I.1.5.1.5	Retraits et gonflements.....	11
I.1.5.2	Brique	11
I.1.5.2.1	Introduction	11
I.1.5.2.2	Définition	11
I.1.5.2.3	La stabilisation des briques.....	12
I.1.5.2.4	Les différents types de briques.....	13
a.	Composition de la brique.....	14
b.	Argiles.....	14
I.1.6	Renforts et charges.....	15
I.2	Généralités sur les fibres	17
I.2.1	Définition.....	17
I.2.2	Rôle des fibres	18
I.2.3	Différents types de fibre	18
I.2.3.1	Les fibres naturelles végétales.....	19
I.2.3.1.1	Composition chimique des fibres végétales	21
I.2.3.1.2	Structure de la fibre végétale	22
I.2.3.1.3	Caractéristiques Physiques et mécaniques des fibres Végétales	23

I.2.3.1.4	Fibres du jute	24
I.2.3.1.5	Fibres de Polypropylène	28
I.2.3.2	Fibres métalliques.....	30
I.3	Rappels bibliographiques.....	31
	Références bibliographiques	34
Chapitre II	38
II.	Matériels et méthodes	38
II.1	Matériaux utilisés	38
II.1.1	Matrice cimentaire	38
II.1.1.1	Ciment NF EN 196-1	38
II.1.1.2	Sable.....	39
II.1.1.3	Eau.....	41
II.1.2	Matrice argileuse	42
II.1.2.1	Brique crue	42
II.1.2.2	Eau.....	42
II.1.2.3	Argile	42
II.1.3	Les limites d'Atterberg (NF P 94-051)	42
II.1.4	Fibres de polypropylène PP.....	43
II.1.5	Fibres de Jute.....	44
II.1.6	Fibres métalliques.....	45
II.2	Confection des matériaux composites à matrice cimentaire	46
II.2.1	Malaxage	47
II.2.2	Conservation des éprouvettes.....	48
II.3	Confection de matériaux composites à matrice argileuse (brique)	50
II.3.1	Techniques de caractérisation.....	54
II.3.1.1	Masse volumique.....	54
II.3.1.1.1	Conduite de l'essai :	54
II.3.1.2	Analyse par ATG.....	54
II.3.1.3	Analyse par IRTF.....	55
II.3.1.4	Taux de cendre	56
II.4	Caractérisation des matériaux composites.....	57
II.4.1	Masse volumique sèche (ρ).....	57
II.4.2	Densité (d)	58
II.4.3	Porosité	58

II.4.3.1	Mode opératoire.....	59
II.4.4	Teste thermique (conductivité thermique).....	60
II.5	Tests mécaniques	60
II.5.1	Résistance à la flexion.....	60
II.5.2	Résistance à la compression.....	62
II.5.2.1	Résistance à la compression (norme NF P 18-406).....	62
	Référence bibliographique	63
Chapitre III	66
III.	Résultats et discussion	66
III.1	Analyse par IRTF	66
III.1.1	Fibres de jute	66
III.1.2	Fibres de polypropylène.....	67
III.2	Analyses thermogravimétriques ATG.....	68
III.2.1	ATG et DTG de la fibre de jute.....	68
III.2.2	ATG de la fibre de polypropylène.....	69
III.3	Etude de la porosité dans les composites à matrice cimentaire.....	70
III.3.1	Porosité de la matrice cimentaire renforcé de fibres métal	70
III.3.2	Porosité de la matrice cimentaire renforcée de fibres polypropylène.....	71
III.3.3	Porosité de la matrice cimentaire renforcé de fibres jute	72
III.4	Etude de la masse volumique sèche dans les composites à matrice cimentaire.....	72
III.4.1	Masse volumique sèche de la matrice cimentaire renforcé de fibres métalliques.....	72
III.4.2	Masse volumique sèche de la matrice cimentaire renforcé de polypropylène	73
III.4.3	Masse volumique sèche de la matrice cimentaire renforcé de jute	75
III.5	Test thermique dans la matrice cimentaire	75
III.5.1	Conductivité thermique de la matrice cimentaire renforcé de métal	75
III.5.2	Conductivité thermique de la matrice cimentaire renforcé de polypropylène	76
III.5.3	Conductivité thermique de la matrice cimentaire renforcé de jute.....	77
III.6	Conductivité thermique à matrice argile	79
III.6.1	Conductivité thermique à matrice argile renforcé de fibres de polypropylène	79
III.6.2	Conductivité thermique de la brique renforcé de fibres de jute.....	79
III.7	Tests mécaniques.....	81
III.7.1	Résistance à la flexion.....	81
III.7.1.1	Influence de la nature des fibres et différents taux charge sur les performances mécaniques des mortiers (matrice cimentaire).....	83

III.7.2	Résistance à la compression.....	85
III.7.2.1	Résistance en compression sur la matrice cimentaire renforcé des fibres métallique	85
III.7.2.2	Résistance à la compression sur la matrice cimentaire renforcé des fibres polypropylène	87
III.7.2.3	Résistance en compression de la matrice cimentaire renforcée avec des fibres jute	88
III.7.2.4	Influence de la nature des fibres et différents taux charge sur les performances mécaniques en compression des composites à matrice cimentaire.....	89
III.8	Teste mécanique composite d'argile (brique crue).....	90
III.8.1	Résistance à la flexion.....	90
III.8.1.1	Résistance en flexion sur la matrice argile renforcé des fibres métalliques.....	90
III.8.1.2	Résistance en flexion de la brique crue renforcée avec des fibres polypropylène	91
III.8.1.3	Résistance en flexion de la brique crue renforcée avec des fibres de jute	92
III.8.2	Résistance à la compression.....	94
III.8.2.1	Résistance en compression sur la brique crue renforcé des fibres métalliques ..	94
III.8.2.2	Résistance en compression de la brique crue renforcée avec des fibres de polypropylène	94
III.8.2.3	Résistance en compression de la brique crue renforcée avec des fibres de jute ..	96
III.8.2.4	Influence de la nature des fibres et différents taux charge sur les performances mécaniques de la composite brique crue.....	97
	Référence bibliographique	98
	Conclusion	100

Introduction

Introduction

Aujourd'hui, le renforcement du mortier, de la brique ou du béton par des fibres (naturelles ou synthétiques) constitue une voie à explorer dans le domaine des matériaux composites [1-3]. Les composites sont devenus des matériaux courants dans le domaine du bâtiment et du génie civil dès lors que la performance est recherchée. Les composites renforcés de fibres sont utilisés pour le développement de matériaux de construction et en génie civil pour leurs propriétés spécifiques très élevées. La littérature scientifique montre bien un intérêt à l'amélioration des propriétés des matériaux composites mélangés avec des fibres. Ces matériaux renforcés de fibres présentent de bonnes performances à la flexion, aux sollicitations dynamiques. Ils peuvent aussi réduire le retrait et s'opposer à l'apparition des fissures.

Les matériaux composites dans le domaine du génie civil et du bâtiment se distinguent des autres matériaux composites, par la variété des types de matrices (cimentières, céramiques, polymériques, ...) et de fibres (polymères, métalliques, ...), ainsi que par les différents types d'ajouts (particules minérales, poudres synthétiques ou agents chimiques), faisant que les combinaisons ou mélanges possibles sont très nombreux. Avec le nombre grandissant des produits composites de construction, il devient de plus en plus difficile de comparer leurs propriétés et leurs performances par rapport aux besoins en construction ou en réhabilitation, qui doivent répondre plusieurs critères et exigences structurelles, thermiques, économiques et environnementales [2-6].

Le potentiel des fibres comme les fibres en polypropylène et jute dans le domaine des matériaux composites à matrice cimentaire et/ou argile reste encore non dévoilé.

L'objectif de ce travail est l'élaboration et caractérisation de matériaux composites à base de deux matrices : ciment et argile renforcés par trois types de fibres : fibres végétales (fibres de jute), fibres polymères (fibres de polypropylène) et fibres métalliques.

Le mémoire est structuré en trois (3) chapitres, répartis comme suit :

Le chapitre 1 est consacré à une étude bibliographique. Celle-ci se focalise tout d'abord sur l'étude des caractéristiques des fibres, et plus spécifiquement les fibres de polypropylène, de jute et métalliques. Ensuite sont abordées les propriétés des composites fibrés : avec des fibres artificielles et naturelles.

Le chapitre 2 traite des caractéristiques nécessaires des matières entrant dans la composition des matériaux, les différentes méthodes et procédés de préparation et de mise en forme

employés lors de cette étude seront décrits. Enfin, les techniques de caractérisation seront également présentées.

Le troisième chapitre concernera les résultats obtenus de l'étude. Les différentes relations structure-propriétés matrice/fibres seront abordées.

Enfin, la conclusion générale et quelques perspectives de ce travail seront exposées.

Références bibliographiques

- [1] : **P. Jonathan** (2017). Formulation et caractérisation d'un composite cimentaire bio fibré pour des procédés de construction préfabriquée (Thèse de doctorat). L'Université de Caen Normandie. Normandie.
- [2] : **Amar-daya E. et Langlet T. et Benazzouk A. et Queneudec M**(2008). Feasibility study of lightweight cement composite containing flax byproduct particles: Physico-mechanical properties, Cement and Concrete Composites.
- [3] : **Merzoud M. et Habita M. F**(2008). Elaboration de composite cimentaire à base de *DissAmpelodesmaMauritanica*, Afrique Science.
- [4] : **Mir A., Zitouni R., Colombet F. et Bezzazi B**(2010). Studie of Mechanical and thermomechanical properties of jute/epoxy Composite Laminate, Journal of reinforced plastics and composites.
- [5]: **Boghossian E., Leon D. et Wegner R.** (2008). Use of flax fibers to reduce plastic shrinkage cracking in concrete, Cement and Concrete Composites.
- [6]: **Kriker A., Debicki G., Bali A, Khenfer M. et Chabannet M** (2005). Mechanical properties of date palm fibres and concrete reinforced with date palm fibres in hot-dry climate. Cement and Concrete Composites.

Chapitre I

Etude bibliographique

Chapitre I :

Etude Bibliographique

I.1 Matériaux composites

I.1.1 Historique

La naissance des matériaux composites est inconnue mais tous les écrits historiques comprennent des références à certaines figures des matériaux. Tel que la paille qui a été utilisée pour le renforcement des briques par les arabes, ainsi que le contreplaqué utilisé par les Egyptiens antiques pour l'obtention d'une bonne résistance mécanique, mais aussi les épées et les armures du moyen âge qui ont été réalisées par des couches de plusieurs matériaux [1].

En 1823, Charles Macintosh a eu l'idée de créer l'imperméable avec un composite à base du caoutchouc sur des tissus comme le coton. A la suite du 20ème siècle, plus précisément au cours de la seconde guerre mondiale, plusieurs matériaux composites ont été conçus à base de résines et des fibres de renfort pour être ensuite utilisés dans la construction aéronautique ainsi que dans le domaine de l'automobile. Mais leur développement continue jusqu'à nos jours.

I.1.2 Définition

Un matériau composite est constitué d'un mélange de plusieurs phases de nature, de structure, de compositions physique et chimique distinctes, et des propriétés mécaniques variées [2]. En d'autres termes, un matériau composite est constitué généralement d'une ou de plusieurs phases discontinues réparties dans une phase continue. Dans le cas de plusieurs – phases discontinues de natures différentes le composite est dit hybride. La phase discontinue est habituellement plus dure et avec des propriétés mécaniques en traction supérieures à celle de la phase continue [3]. La phase continue est appelée matrice, la phase discontinue est appelée renfort [4].

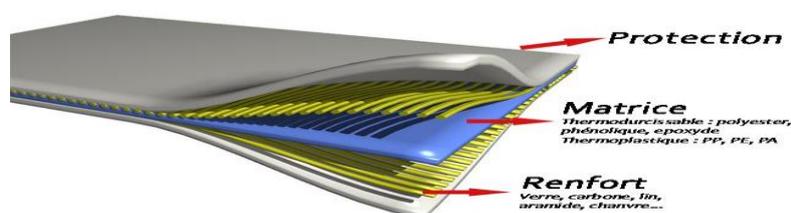


Figure I.1 : matériau composite.

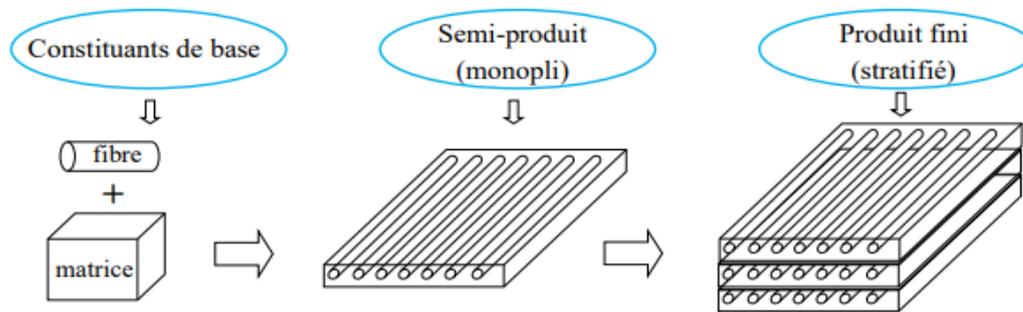


Figure I.2: Composition d'un matériau composite.

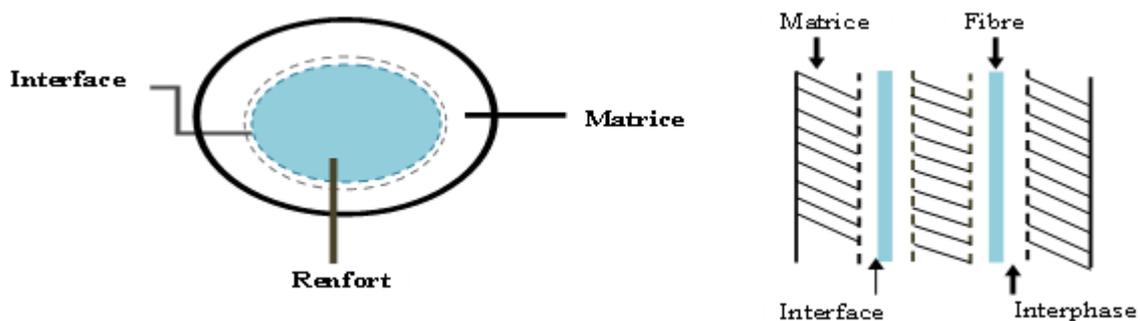


Figure I.3. Schéma d'un composite idéal [5].

I.1.3 Classification des composites

Il existe aujourd'hui un grand nombre de matériaux composites que l'on classe généralement en trois familles en fonction de la nature de la matrice:

- ✓ les composites à matrices organiques (CMO) qui constituent les volumes les plus importants aujourd'hui à l'échelle industrielle (90% des volumes) ;
- ✓ les composites à matrices céramiques (CMC) réservés aux applications de très haut et technicité et travaillant à haute température comme le spatial, le nucléaire et le militaire, ainsi que le freinage (freins carbone). Ils peuvent être utilisés au-delà de 1000°C [5].
- ✓ les composites à matrices métalliques (CMM) qui sont utilisés jusqu'à 600°C .Les matériaux composites disposent d'atouts par rapport à des produits concurrents. Ils apportent de nombreux avantages : grande résistance à la fatigue, faible vieillissement sous l'action de l'humidité, de la chaleur et de la corrosion, insensibles aux produits chimiques comme les graisses, huiles, liquides hydrauliques, peintures, solvants, pétrole[6]. Macroscopiquement, les deux principaux constituants des composites sont le renfort et la matrice [5].

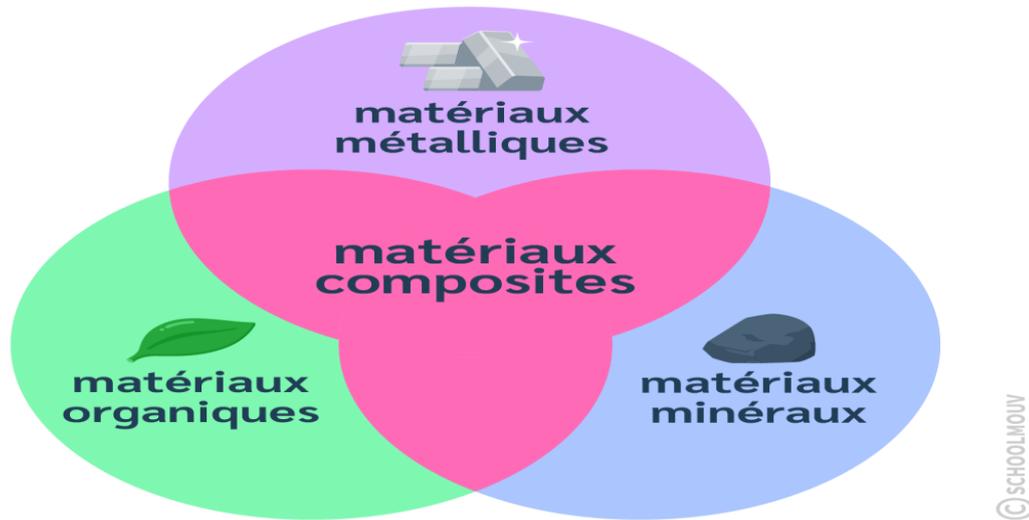


Figure I.4. Classification des composites

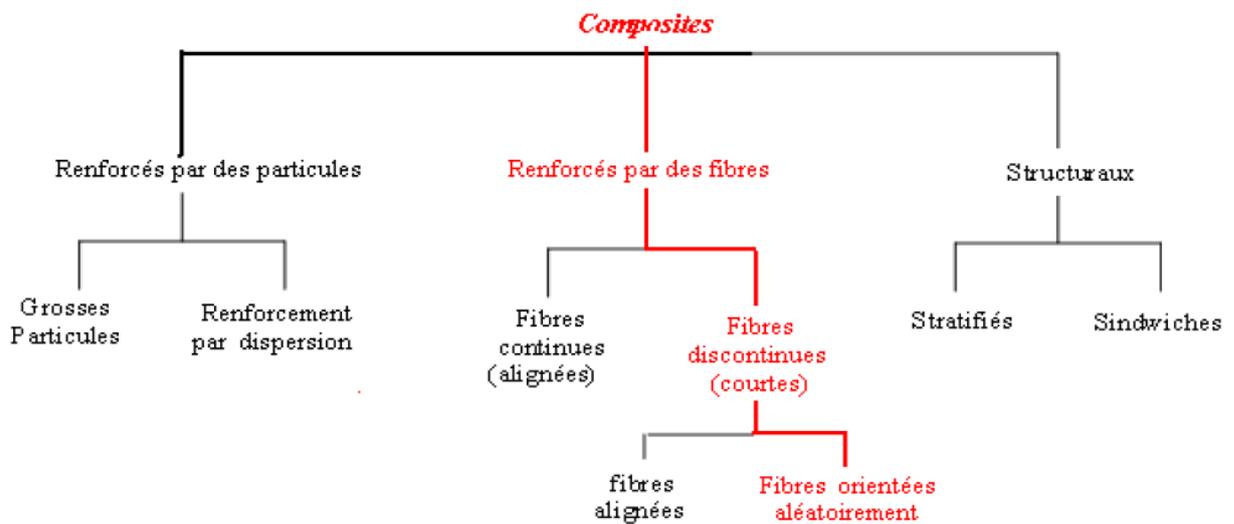


Figure I.5. Classification schématique des différents types de composites [7].

I.1.4 Caractéristiques générales des matériaux composites

Les propriétés des matériaux composites dépendent [8]

- ✓ des propriétés des matériaux constitutifs ;
- ✓ de distribution géométrique des fibres ;
- ✓ de l'interaction fibre-matrice ;
- ✓ Pour accéder à la caractérisation d'un matériau composite, il sera nécessaire de spécifier ;

- ✓ La nature de l'interface matrice- renfort ;
- ✓ La nature des constituants et leurs propriétés ;
- ✓ La géométrie du renfort et sa distribution [8].

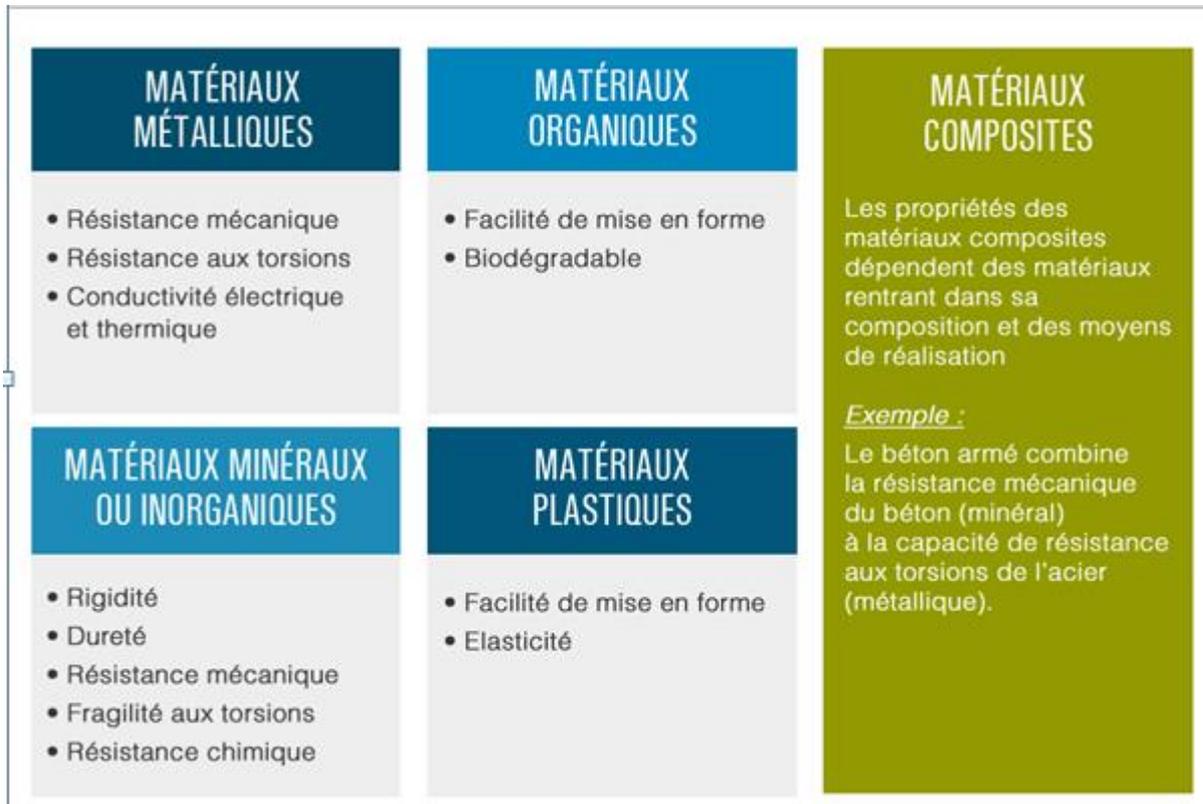


Figure I.6 : Principales caractérisations des matériaux.

I.1.5 Les constituants des composites

Un matériau composite est par définition une combinaison de deux ou plusieurs constituants à structures différentes permettant l'obtention d'un certain nombre de propriétés intéressantes que n'ont pas ces constituants pris individuellement.

I.1.5.1 Mortier (matrice cimentaire)

Le béton et le mortier sont les matériaux les plus utilisés dans la construction, mais, ils résistent mal à la traction. Les conditions d'environnement chauds et secs, tels que la région saharienne de notre pays, dessèchent ces matériaux hydrauliques ce qui induit à des retraits importants et des fissures dans les structures [9].

I.1.5.1.1 Définition

Le mortier est un des matériaux de construction que l'on utilise pour solidariser les éléments entre eux, assurer la stabilité de l'ouvrage, combler les interstices entre les blocs de construction. En général le mortier est le résultat d'un mélange de sable, liant (ciment ou chaux), d'eau et d'adjuvant et éventuellement d'ajout. En ce qui concerne le liant, tous les

ciments et les chaux sont utilisables, leur choix et dosage sont en fonction de l'ouvrage à réaliser et de son environnement [10].

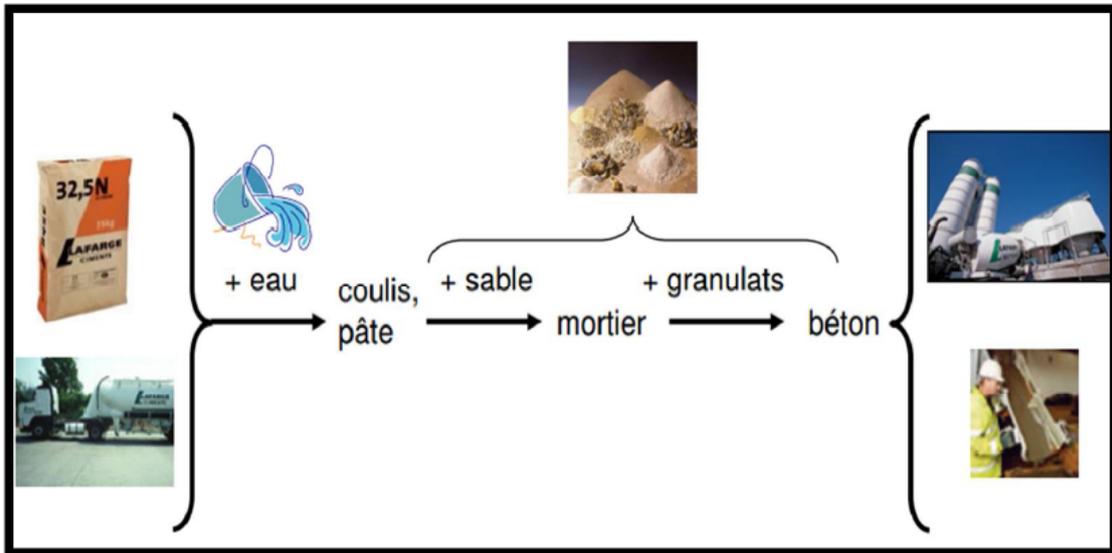


Figure I.7: Constituants des mortiers.

I.1.5.1.2 Compositions d'un mortier [11]

Les mortiers sont constitués par des mélanges de:

- ✓ liant (ciment ou chaux) ;
- ✓ eau ;
- ✓ Sable ;
- ✓ Adjuvants.

a. Les liants

Généralement, on peut utiliser:

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

Le ciment

Est un liant hydraulique constitué de poudre minérale. Il réagit avec l'eau en donnant des hydrates stables qui lui confèrent une résistance mécanique. Les réactions d'hydratation du ciment conduisent à la formation d'une pâte durcissant progressivement à l'air ou dans l'eau [12]. Le ciment est la partie « noble » du béton, c'est son développement qui a rendu

possible la construction en béton. Il constitue aussi, dans la plupart des bétons, le poste le plus coûteux. Son rôle est en fait celui d'une « colle à cailloux » [13].



Figure I.8 : Fabrication du ciment

b. Caractéristiques des liants [14]

Les caractéristiques des liants sont :

- ✓ La vitesse de prise ;
- ✓ La résistance mécanique ;
- ✓ L'indice d'hydraulicité ;

c. Rôles des liants dans la construction Ils assurent la cohésion des éléments de

Maçonnerie en les reliant entre eux d'où la nécessité de réaliser une pâte plastique et pouvant durcir à l'air ou sous l'eau, ce qui implique un second rôle : le liant devra assurer la prise et le durcissement du mortier.

En outre, dans le béton le liant participe au bouchage des vides, c'est-à-dire à l'accroissement de compacité [15].

Les sables

Pour mortier normale

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



Figure I.9 : Sable oued Souf.

I.1.5.1.3 Les caractéristiques principales des mortiers [11]

- ✓ Ouvrabilité;
- ✓ Prise;
- ✓ Résistances mécaniques;
- ✓ Retraits et gonflements, etc.

I.1.5.1.4 Domaines d'utilisation des mortiers

En général, les variétés de mortier sont liées directement par son domaine d'application qui est très vaste, une typologie des mortiers à partir de son utilisation permet de citer les catégories suivantes :

- ✓ Mortier de pose ;
- ✓ Mortier de joints ;
- ✓ Mortier pour les crépis ;
- ✓ Mortier pour le sol ;
- ✓ Mortier pour les stucs ;
- ✓ Pierres artificielles ;
- ✓ Support pour les peintures murales ;
- ✓ Mortier d'injection ;
- ✓ Mortier pour la mosaïque ;
- ✓ Mortier de réparation pour ;
- ✓ Mortier auto plaçant ;
- ✓ Mortier fibré.

I.1.5.1.5 Retraits et gonflements

Les retraits se mesurent sur des prismes 4 x 4 x 16 cm en mortier 1/3, munis de plots à leurs extrémités et conservés, après démoulage, dans une enceinte à 20 °C et à 90 % d'humidité relative. Ce retrait progresse à peu près comme le logarithme entre 1 et 28 jours. Le mortier prend son retrait plus rapidement que la pâte pure. Le rapport du retrait de la pâte pure sur le retrait du mortier croît avec le temps. Il est de l'ordre de 1,5 à 2,5 les premiers jours, puis augmente pour atteindre 2,5 à 3,5 en un an. En moyenne, le retrait sur mortier est 2 à 3 fois plus faible que celui de la pâte pure (avec le même ciment).

Le gonflement des mortiers (qui se produisent lorsqu'ils sont conservés dans l'eau) se mesure sur les mêmes éprouvettes de 4 x 4 x 16 cm conservées dans l'eau à 20 °C. Ils sont en général assez faibles (cas de ciment stable ayant une expansion aux aiguilles de le Châtelet inférieure sur pâte pure à 10 mm) [11].

I.1.5.2 Brique

I.1.5.2.1 Introduction

Les briques, depuis longtemps, sont considérées parmi les éléments les plus importants dans le domaine de la construction. La fabrication des briques est passée par plusieurs étapes de développement dont la première est la brique crue, puis la brique cuite, enfin la brique stabilisée.

La technologie actuelle permet de réaliser plusieurs types de briques avec des performances supplémentaires pour différentes destinations (Brique de verre, brique cellulaire, brique monobloc, brique cru ...etc.)

I.1.5.2.2 Définition

Une brique est un élément de construction généralement en forme de parallélépipède rectangle constitué de terre argileuse crue, séchée au soleil — brique crue — ou cuite au four, employée principalement dans la construction de murs [16]



Figure I.10 : La brique enterre crue.

I.1.5.2.3 La stabilisation des briques

a. Définition

La stabilisation est un ensemble de procédés physique, chimique ou mécanique visant à améliorer les caractéristiques d'une brique, en particulier sa résistance portante, sa sensibilité à l'eau et sa durabilité. Elle doit permettre :

- ✓ De réduire le volume des vides entre les particules solides.
- ✓ De colmater les vides que l'on peut supprimer.
- ✓ De créer des liens ou d'améliorer les liaisons existantes entre les particules (résistance mécanique).
- ✓ L'amélioration de ces caractéristiques doit garder un caractère irréversible.

b. Procédés de stabilisation

On dénombre généralement trois principaux procédés de stabilisation :

✓ Stabilisation chimique

La stabilisation chimique modifie les propriétés d'une brique de terre par l'intermédiaire de certains adjuvants. Afin de diminuer la sensibilité à l'eau, on a souvent recours à l'adjonction de produits (liants hydrauliques par exemple), rendant les sols traités moins hydrophiles. L'adjonction du chaux ou ciment qui ont des liants hydrauliques permet de lier les grains de sable tout en stabilisant l'argile de terre. On obtient ainsi une amélioration des caractéristiques mécaniques et de la sensibilité à l'eau. Il faudra veiller ce que l'eau de gâchage ne contienne ni de matière organique, ni des sulfates. La technique anglaise estime que tous les sols sont utilisables, sauf ceux dont la nature est trop plastique, c'est-à-dire ceux dont l'indice de plasticité est supérieur à 20% et ceux contenant des sulfates nuisibles au ciment ou chaux ou des matières organiques [17].

✓ Stabilisation physique

La stabilisation physique modifie les propriétés des sols pour une amélioration des caractéristiques du matériau par correction de la granularité (correction de texture). Le mélange obtenu conduit selon le cas, soit diminué l'indice de plasticité de matériau de base, soit à lui conférer une certaine cohésion, Sikali cité par Ottou (1987) a étudié la stabilisation granulaire d'une latérite par ajout de gravillons concassés. Il a constaté que pour un pourcentage optimum du matériau d'apport, la portance du matériau étudié s'améliore considérablement [17]. Il s'agit essentiellement d'une intervention sur la texture de la terre en modifiant sa composition granulaire par tamisage de fractions de grains excédentaires ou par apport de fractions de grains faisant défaut [18,19].

✓ **Stabilisation mécanique**

La stabilisation mécanique améliore la brique par la modification de sa densité naturelle. C'est ce qu'on appelle la densification. Il s'agit du compactage qui consiste essentiellement en une réduction de porosité du matériau par resserrement des particules. Les effets de compactage effectué dans de bonnes conditions, se traduisent par une diminution de la perméabilité, de la compressibilité, de l'absorption d'eau et du gonflement. Les résistances mécaniques initiales et à long terme augmente. Le compactage à lui seul permet d'obtenir un matériau aux caractéristiques mécaniques élevées. Cependant ces matériaux restent très sensibles à l'eau. Mise au contact de l'eau, la brique redevient plastique et ne résiste plus du tout à la compression. L'immersion d'une brique de terre dans un seau d'eau, donne le lendemain un tas de boue au fond du seau. Si les briques de terre sont protégées des intempéries (débords de toiture importants, protections contre le rejaillissement, soubassements suffisamment élevés. Drainage en pied de mur), il n'est pas nécessaire de stabiliser.

Ajouts des fibres

La stabilisation par ajout de fibres est couramment employée dans les techniques de construction en terre traditionnelles. Elle consiste notamment à ajouter de la paille dans les terres qui sont travaillées par pétrissage puis appliquées sur des clayonnages en bois ou moulées sous forme de blocs de terre séchée au soleil.

L'ajout de fibres joue plusieurs rôles : réduction, voire élimination de la fissuration de retrait, accélération du séchage par drainage de l'humidité vers l'extérieur du matériau, allègement du matériau, augmentation de la résistance à la traction, ce qui est sans doute le meilleur avantage.

Les fibres employées, hormis la paille qui est la plus courante sont aussi d'autres fibres végétales telles que balle des céréales, fibres de chanvre, de noix de coco, de sisal, débris du teillage du lin ou du chanvre, charges végétales légères telles que sciures de bois et copeaux. On utilise aussi dans certaines traditions des fibres d'origine animale telles que poils, crins ou bourre d'animaux et plus récemment des fibres de synthèse telles que cellophane, fibres d'acier ou de verre [18, 19].

I.1.5.2.4 Les différents types de briques

Les briques peuvent être de plusieurs types selon :

- ✓ Qualité ;
- ✓ Processus de construction ;
- ✓ Méthode de fabrication ;
- ✓ Matière première ;

-
- ✓ Utilisation de l'emplacement ;
 - ✓ Capacité résistante à l'intempérie ;
 - ✓ But de l'utilisation ;
 - ✓ Région.

a. Composition de la brique

b. Argiles

Le mot « argile » englobe deux connotations, l'une liée à la taille des grains [20] et l'autre à la minéralogie [21]. En effet l'appellation argile diffère en fonction des disciplines et des domaines d'étude. Elles se fondent sur les propriétés physiques étudiées, par exemple la plasticité, sur l'emploi qui en est fait ou encore sur la structure cristallographique. Ainsi en géotechnique, où l'on s'intéresse avant tout au comportement mécanique des sols, on désigne par argile les matériaux de granulométrie inférieure à 2 μm . Par contre dans le domaine de l'ingénierie où l'intérêt se porte sur la propriété plastique de l'argile le terme est utilisé pour décrire les phyllo silicates et plus particulièrement les minéraux argileux. Quelle que soit la discipline, la structure cristalline des argiles est importante, car elle est responsable des propriétés spécifiques du minéral.



Figure I. 11 : Argile.

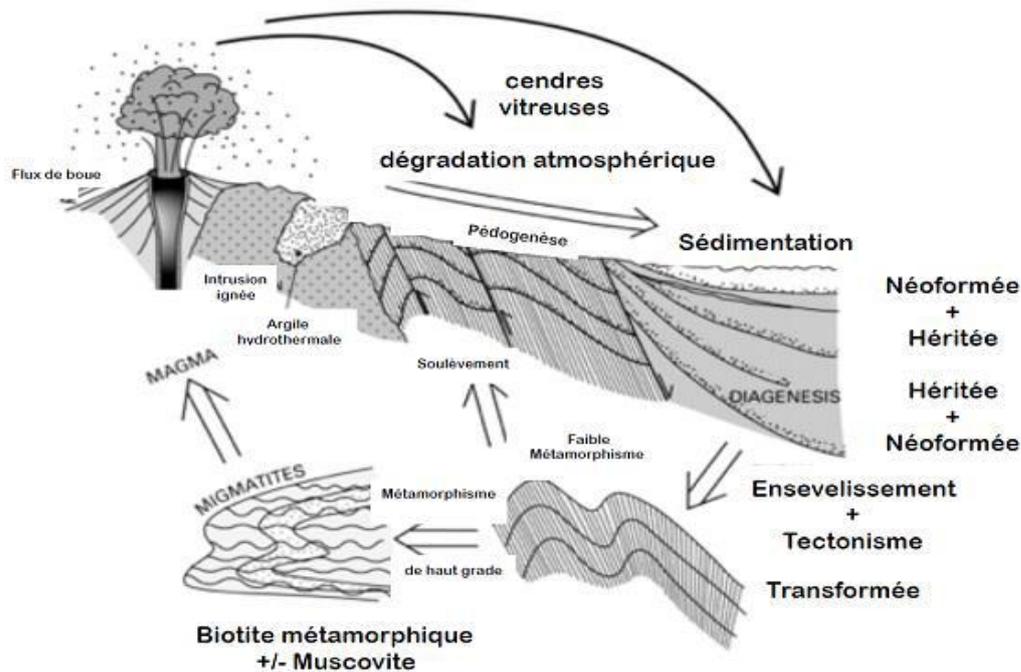


Figure I.12 : Processus de formation des argiles.

c. Propriétés physico-chimiques des argiles

- ✓ La Plasticité ;
- ✓ La compressibilité ;
- ✓ Forme et surface spécifique.

d. La stabilisation des argiles

La stabilisation des sols regroupe l'ensemble des techniques permettant d'améliorer les caractéristiques physicochimiques, mécaniques et hydriques des sols. Elle doit permettre :

- ✓ La réduction de la porosité la diminution du retrait et gonflement ;
- ✓ L'obtention d'une meilleure cohésion l'amélioration de la résistance à l'érosion et l'imperméabilisation de surface ;
- ✓ L'obtention de meilleures résistances à la compression sèche et humide, à la traction et au cisaillement ;
- ✓ On distingue trois principales techniques de stabilisation (stabilisation mécanique, physique et chimique).

I.1.6 Renforts et charges

Au cours des dernières années, l'utilisation des fibres naturelles dans les composites a suscité un grand engouement, et particulièrement dans le secteur des composites à matrice organique. Du fait d'une demande croissante d'éco-matériaux et du coût de plus en plus élevé des fibres synthétiques (carbone ou verre), de nouveaux matériaux contenant des fibres naturelles sont en cours de développement. Ils ont pour avantage d'être plus légers tout en

ayant des propriétés mécaniques intéressantes. De plus, ils présentent l'avantage d'avoir un coût beaucoup moins élevé que les synthétiques, associés à une densité plus faible, et de constituer une ressource renouvelable. Ils ont le rôle d'assurer la bonne tenue mécanique des composites et sont disposés au sein du matériau en fonction des propriétés recherchées.

Ainsi donc, le renfort est le squelette supportant les efforts mécaniques. Il peut se présenter sous de nombreuses formes : fibres courtes ou fibres continues (tissus ou texture multidirectionnelle) en fonction de l'application envisagée. Les fibres possèdent généralement une bonne résistance à la compression [22].

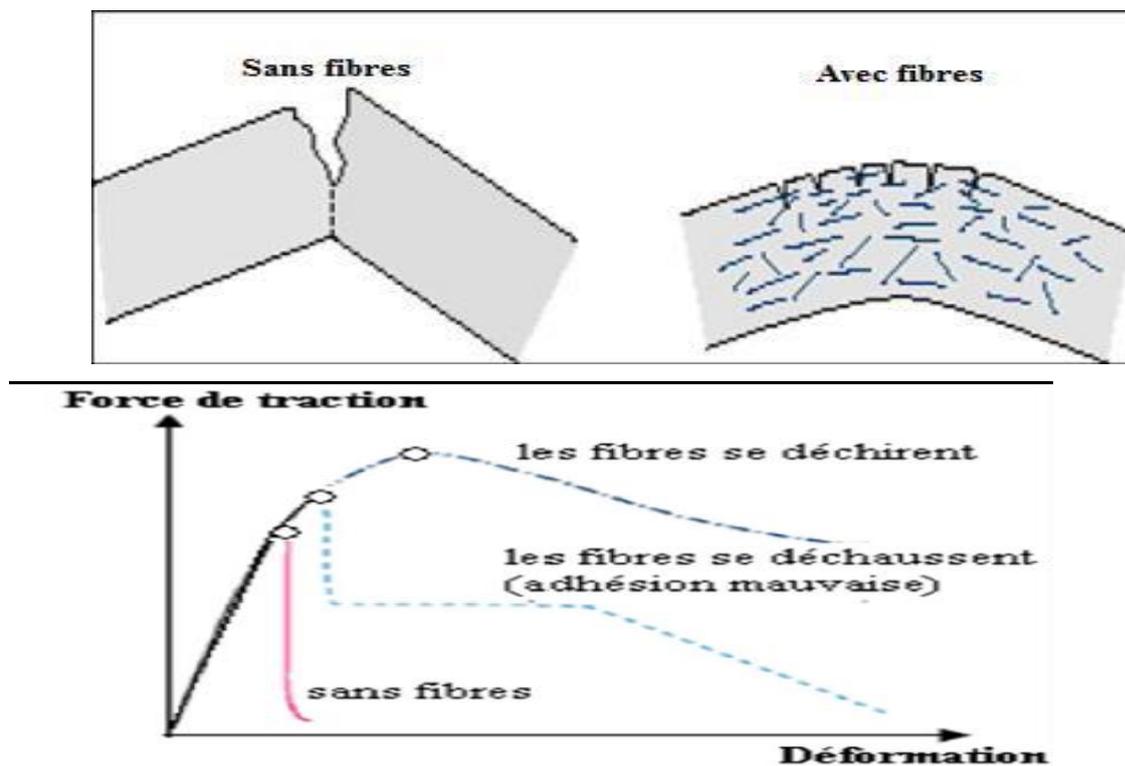


Figure I.13 : Illustration de l'apport du renfort par des fibres.

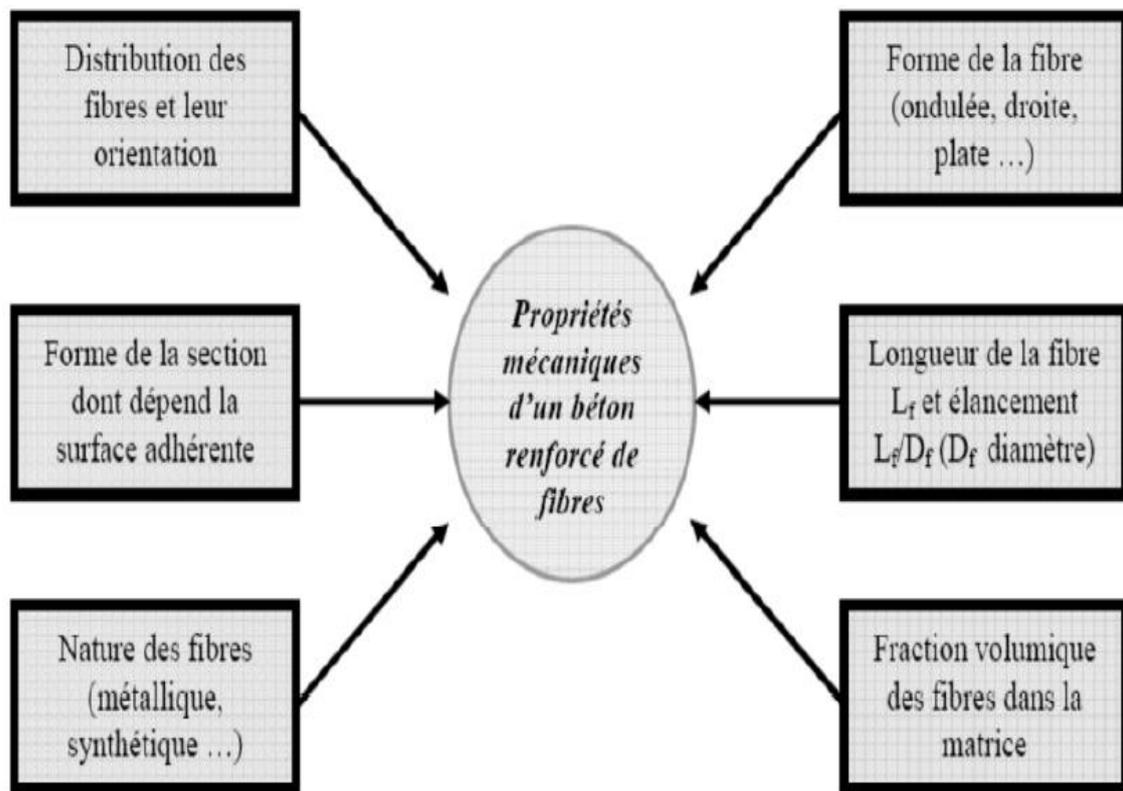


Figure I.14 : Les facteurs influant sur le comportement d'un matériau renforcé de fibres.

I.2 Généralités sur les fibres

Les fibres sont de plus en plus utilisées dans le domaine de la construction. Depuis plus d'un siècle, les fibres naturelles sont utilisées dans de nombreux domaines d'application tels que le textile et le papier. Aujourd'hui avec l'intérêt croissant des industries pour des produits écologiquement corrects, des fibres naturelles sont produites pour des applications en tant que renfort dans le domaine de Génie civil. De bonnes propriétés mécaniques, une faible densité, un faible coût ainsi que la disponibilité des fibres naturelles, représentent les avantages majeurs par rapport aux fibres traditionnelles [23].

I.2.1 Définition

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 [24].

I.2.2 Rôle des fibres

Les fibres en général ont pour rôle de renforcer ou remplacer l'action des armatures traditionnelles en s'opposant à la propagation des microfissures.

Elles peuvent également dans certaines applications remplacer les armatures passives. Selon les fibres utilisées (forme et nature) et les ouvrages auxquels elles sont incorporées, ce rôle se traduit par les améliorations relatives à [25] :

- ✓ La cohésion du béton frais ;
- ✓ La déformabilité avant rupture ;
- ✓ La résistance à la traction par flexion
- ✓ La ductilité et la résistance post fissuration ;
- ✓ La résistance aux chocs ;
- ✓ La résistance à la fatigue ;
- ✓ La résistance à l'usure
- ✓ La résistance mécanique du béton aux jeunes âges ;
- ✓ La réduction des conséquences du retrait par effet de couture des microfissures ;
- ✓ La tenue au feu ;
- ✓ La résistance à l'abrasion.

I.2.3 Différents types de fibre

Les différentes fibres actuellement disponibles peuvent être classées selon leur origine en trois grandes familles de fibres :

- ✓ Fibres naturelles minérales et végétales: amiante, cellulose; jute ;
- ✓ Fibres synthétiques organique: polyamides, polypropylène, acrylique, kevlar, aramide ;
- ✓ Fibres synthétiques d'origine minérale: verre, carbone, fibres métalliques.

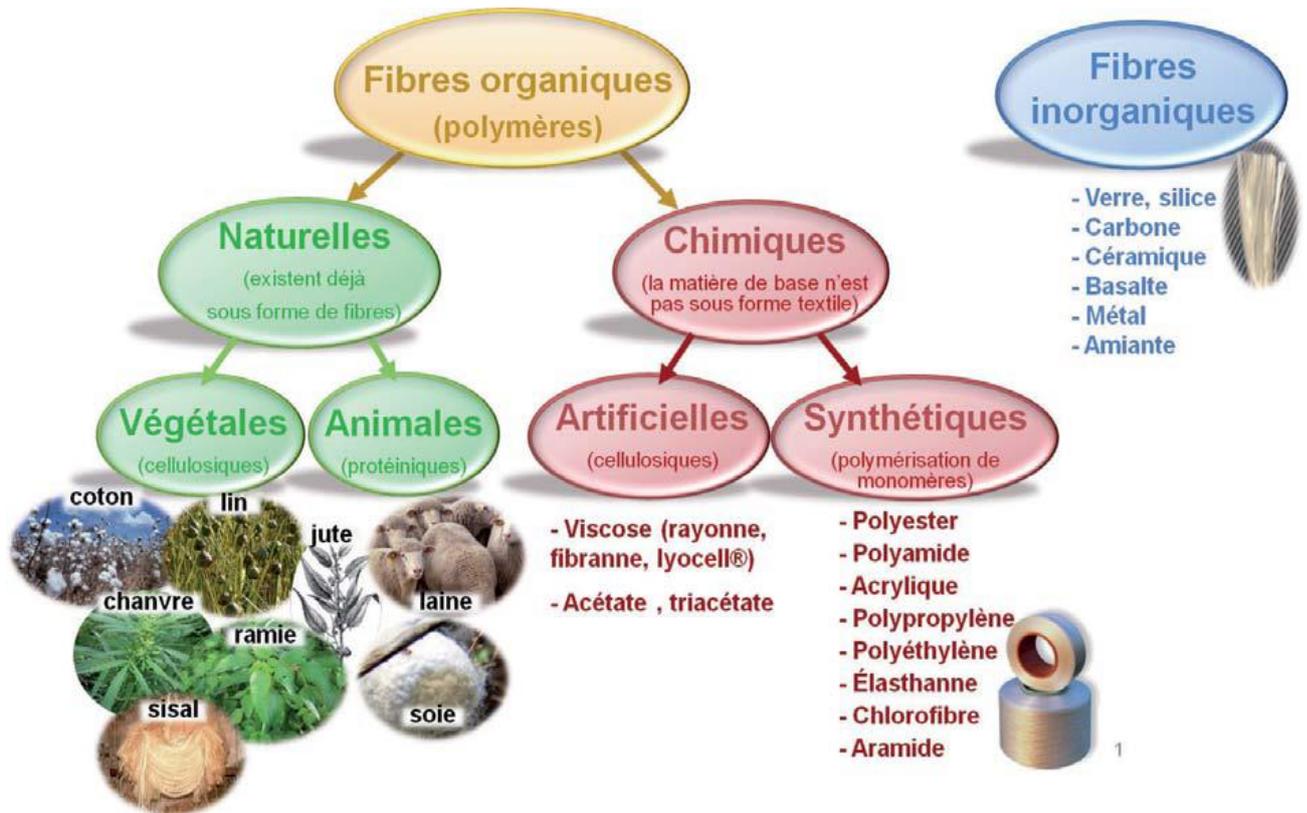


Figure 1.15 : Classification des fibres [26].

I.2.3.1 Les fibres naturelles végétales

Depuis plusieurs siècles, les fibres végétales sont utilisées dans de nombreux domaines d'application tels que le papier et le textile (habillement, ameublement). Actuellement, avec l'intérêt croissant pour les produits respectueux de l'environnement, des fibres naturelles sont destinées à de nouvelles applications comme renfort de matrices polymères biodégradables ou non [27]. Les principaux secteurs d'application de ces nouveaux matériaux sont : le bâtiment, l'automobile, les équipements industriels, l'électronique [28].

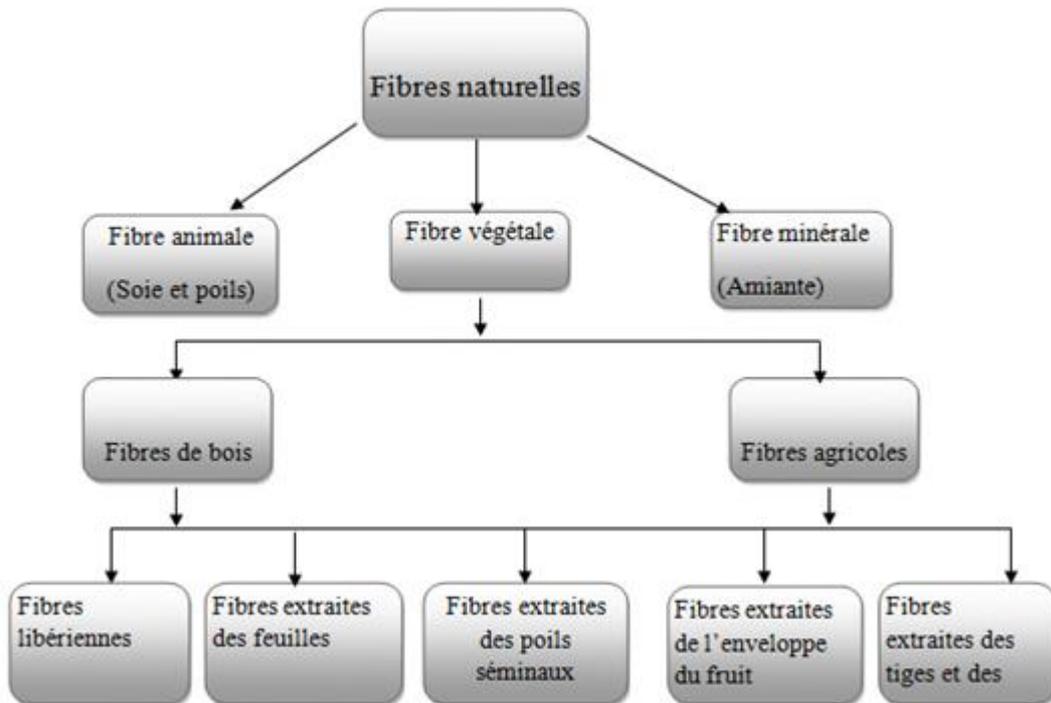


Figure I.16: Classification des fibres naturelle [28].

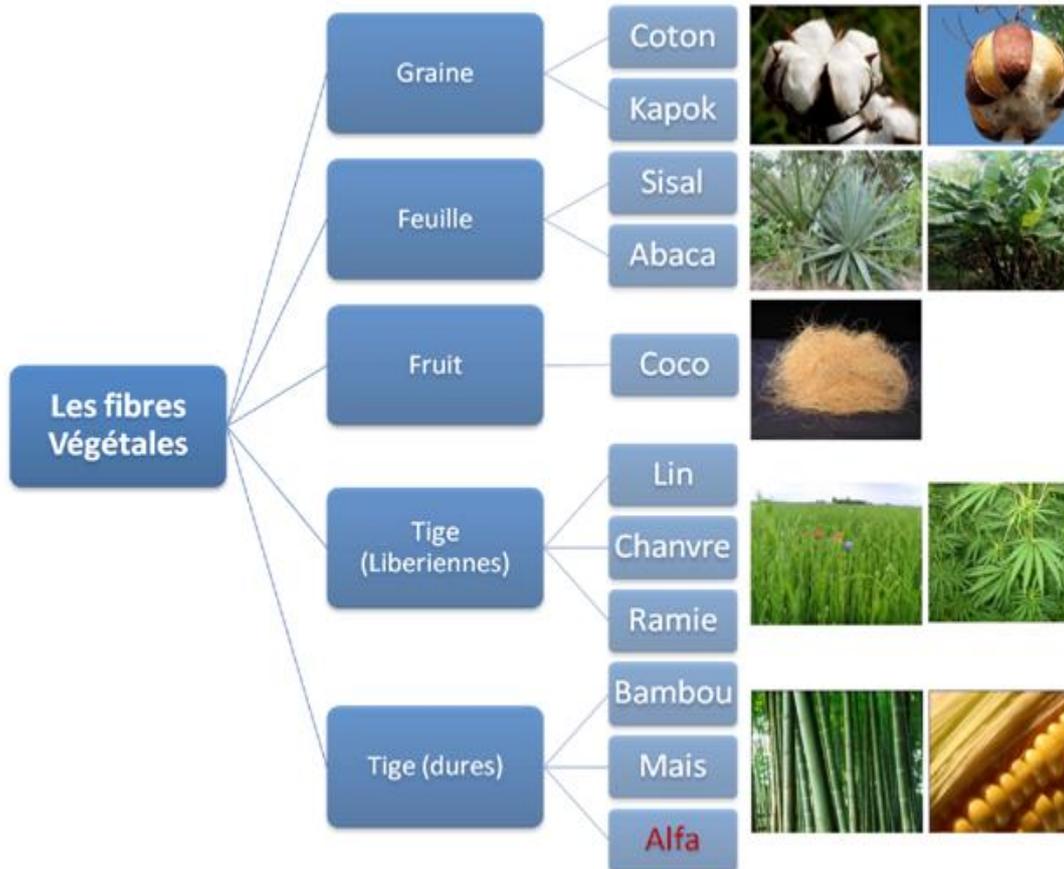


Figure I.17 : Classifications des fibres végétales [29].

I.2.3.1.1 Composition chimique des fibres végétales

La composition chimique des fibres végétales varie selon la nature des fibres, et comporte principalement la cellulose, l'hémicellulose et de la lignine [30,31]. Elles contiennent aussi des quantités faibles en protéines, extractibles et quelques composés inorganiques. La proportion de cellulose, d'hémicelluloses et de lignine varie d'une espèce à une autre [32].

- ✓ Cellulose
- ✓ Hémicelluloses
- ✓ Lignine
- ✓ Les protéines et les extractibles
- ✓ Les Iorga

Tableau I. 1 : Composition de quelques fibres végétales [32].

Fibre	Cellulose (%)	Humidité (%)	Cendre (%)	Lignine pectine (%)	Extractibles (%)
Jute de Congo	75.3	07.7	1.8	13.5	1.4
Lin	76.0	09.0	1.0	10.5	3.5
Chauvre	77.1	08.8	0.8	9.3	4.0
Sisal	77.2	06.2	1.0	14.5	1.1
Abaca	63.7	11.8	1.0	21.5	1.6
Cotton	90	08.0	1.0	00.5	0.5

I.2.3.1.2 Structure de la fibre végétale

Une fibre végétale est un empilement de plis composites renforcés par des fibrilles de cellulose. La couche extérieure est composée d'une paroi primaire (P) (0.1-0.5 μ m) et d'une paroi secondaire, elle-même constituée de trois couches repérées S1 (0.5-2 μ m), S2 (5-10 μ m) et S3 (0.5-1 μ m) (voir figure I.9). Au centre il peut exister une cavité appelée lumen. La couche S2 de la paroi secondaire représente environ 80% de la section et conditionne le comportement mécanique [33].

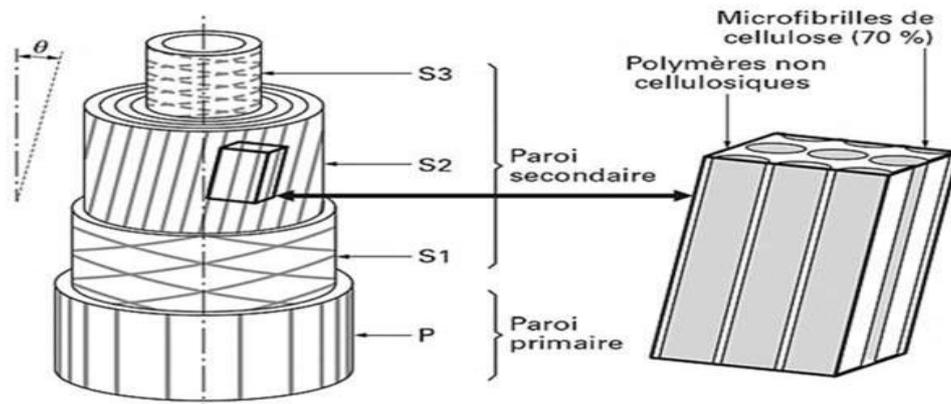


Figure. I .18 : Structure d'une fibre végétale [33]

La fibre végétale peut être assimilée à un matériau composite dont le renfort est assuré par fibrilles de cellulose enrobées d'une matrice formée d'hémicellulose et de lignine qui est une structure très rigide [34].

I.2.3.1.3 Caractéristiques Physiques et mécaniques des fibres Végétales

Généralement une fibre végétale est caractérisée physiquement par son diamètre sa densité et son teneur en eau et son pourcentage d'absorption d'eau. Et elle est caractérisée mécaniquement par sa résistance à la traction, son élongation à la rupture et son module d'élasticité. Les propriétés physiques et mécaniques des fibres végétales ont été traitées par beaucoup de chercheurs [35].

Tableau I.2 : Les caractéristiques physiques et mécaniques de quelques fibres végétales.
[36]

Fibre	Densité (g/cm ³)	Allongement a la rupture (%)	Resistance a la traction (MPa)	Module de Young (GPa)
Cotton	1.5.-1.6	7.0-8.0	587-597	5.5-12.6
Jute	1.3	1.5-1.8	393-773	26.5
Lin	1.5	2.7-3.2	345-103	--
Chanvre	--	1.6	690	61.4-128
Ramie	--	3.6-3.8	400-938	--
Sisal	--	2.6	278	15.2
	1.37	5.2	263	10.94-26.70
	0.75-1.07	2.08-4.08	577.50	9.4-22.00
	1.5	2.0	511-635	
Noix coco	1.2	30	175	4.0-6.0
	1.17	37.7	107	2.8
	0.67-1.00	13.7-41	174	2.5-4.5
	1.33		72	9.4-22.0
Palmier dattier	0.51-1.08	7.5-17.4	170-290	2.1-5.25

I.2.3.1.4 Fibres du jute

Le jute est une plante des régions tropicales appartenant à la famille liliacées. La tige atteint une hauteur de 4 à 6m avec un diamètre d'environ 3 m. Le jute pousse essentiellement

au Bangladesh qui détient un quasi-monopole de son commerce. Il en existe deux sortes (une blanche et un rouge), ce qui exige un triage préalable avant l'utilisation. La fibre est très courte et très lignifiée. L'extraction de la fibre technique est obtenue par rouissage et décortiquage. Après le rouissage, on détache la fibre, on nettoie la filasse et on rince à l'eau 3 m [37].

En Algérie, il est possibles de se procurer cette fibre chez des grossistes en café, en effet, les sacs qui contiennent les grains de café sont faits uniquement de jute et feront parfaitement l'affaire pour les tissus surfaciques



Figure I.19 : Fibres de jute.

a. Extraction des fibres de jute

Le jute est une culture annuelle. Il est coupé au bout de 120-150 jours, au moment où la fleur commence à se faner et le fruit à se former. Les tiges sont effeuillées, les feuilles peuvent servir d'engrais. Après la récolte, les tiges de jute sont liées en bottes et immergées dans l'eau stagnant ou à faible courant, pendant 20 jours jusqu'à ce que la fibre se sépare facilement de l'écorce, c'est le rouissage. Après le rouissage c'est l'écorçage ; Les tiges sont frappées, bottes par bottes avec un maillet de bois pour rompre l'écorce. Quand les fibres sont libérées, on les lave en les écartant en éventail afin d'enlever à la main les dernières impuretés. Les fibres sont essorées et mises à sécher pendant deux à trois jours au soleil dans des cordes, puis assemblées en balles. Les reflets dorés et soyeux de la fibre de Jute lui ont valu le nom de "fibre d'or".

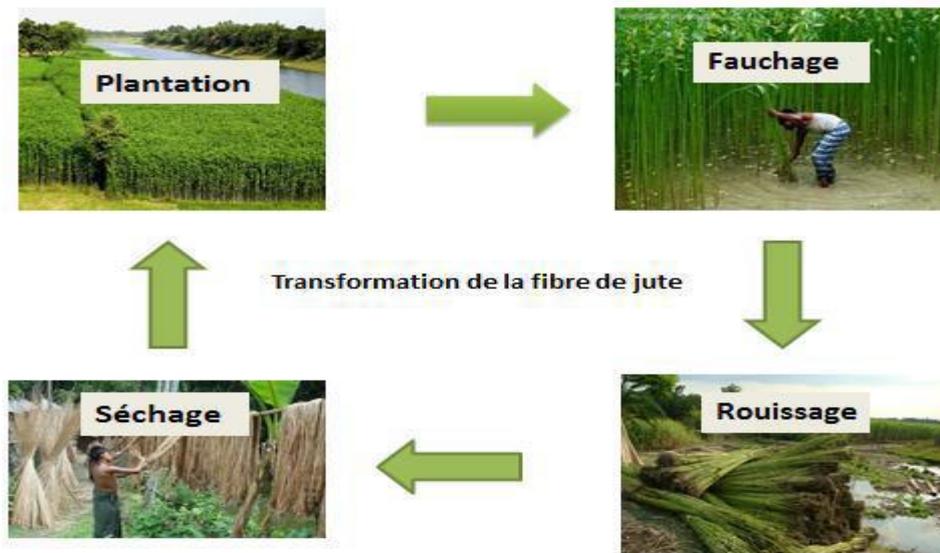


Figure I.20 : Etapes extraction de la fibre de jute.

b. Propriétés des fibres de jute

Les fibres de jute ont des propriétés spécifiques, telle que :

- ✓ Le jute est renouvelable, polyvalent, non abrasif, poreux, viscoélastique, biodégradable, combustible et réactif ;
- ✓ Une faible densité ;
- ✓ A un rapport résistance / poids élevé et de bonnes propriétés d'isolation ;

Le textile de jute est un produit respectueux de l'environnement à faible coût et est abondamment disponible, facile à transporter ;

- ✓ Les produits de jute biodégradables et à bas prix fusionnent avec le sol après avoir servi à nourrir le sol ;
- ✓ Le jute ne génère pas de gaz toxiques.

Les principales caractéristiques physiques des fibres de jute sont présentées dans le tableau I.3:

Tableau I.3 : Caractéristiques physiques de la fibre de jute à l'état nature [38].

Caractéristiques	
Langueur de la fibre	2.5
Masse volumique g/cm ³	1.48-1.50
Reprise en humidité (20°C-65% HR) [%]	16-18
Taux sorption d'eau [%]	25.4
Ténacité a sec [N.Tex-1]	0.3-0.6
Pert de ténacité au mouillé (%)	Grain de 15-25
Resistance aux UV	Moyen
Resistance au microorganisme	Moyen

Tableau I.4 : Composition chimiques de la fibre de jute, pourcentage massique.

Cellulose (%)	Hémicellulose (%)	Lignine (%)	Pectine (%)	Cires (%)	Eau (%)
59-71.5	13.6-20.4	11.8-13	0.2-0.4	.5	12.5-13.7

c. Le jute dans les composites

- Résistance de jute comme matériau de renfort pour composite
 - ✓ Le jute est biodégradable et réapprovisionne les nutriments de la terre.
 - ✓ Jute ne présente aucune menace pour l'environnement car il n'émet pas de gaz toxiques ni de produits chimiques nocifs.
 - ✓ Jute ne causera pas les problèmes comme le matériau synthétique dans les cycles de gestion des déchets en émettant des gaz dangereux lors de l'incinération des sites d'enfouissement ;
 - ✓ Jute rend le composite solide et durable, dont la manipulation est plus facile.
 - ✓ Disponibilité abondante de fibre de jute ;
- Faiblesse de jute comme matériau de renfort pour composite
 - ✓ État humide, généralement plus de 60% d'humidité peut réduire la résistance à la traction de la fibre de jute ;
 - ✓ Le contact acide ou l'atmosphère peuvent réduire le lustre ainsi que la résistance à la traction ;
 - ✓ Les liaisons de pectine et de lignine héritées dans le jute brut peuvent pourrir ou dégrader la qualité de la fibre de jute. Cependant, cette faiblesse peut être surmontée par un rouissage, un lavage, un processus de séchage et une modification de la fibre de jute ;

I.2.3.1.5 Fibres de Polypropylène

a. Définition

Ces fibres obtenues par extrusion du polypropylène, se présentent en faisceaux ou sous forme de filament individuel. Lorsqu'elles sont utilisées sous forme de faisceaux, elles se séparent lors de malaxage. Elles se répartissent de façon multidirectionnelle dans le béton. Les fibres polypropylène permettent en particulier de mieux contrôler le retrait plastique du béton frais mais n'améliorent pas son comportement post fissuration (contrairement aux fibres métalliques).

Elles améliorent la maniabilité et la cohésion du béton (en particulier dans le cas de béton projeté). Elles sont particulièrement souple et insensibles chimiquement mais peu résistantes au feu (température de fusion comprise entre 140à170°C).

La fabrication du béton avec des fibres polypropylène ne soulève pas de difficulté particulière. La répartition des fibres est facile et ne nécessite pas de précautions spécifiques lors du malaxage. L'optimisation de l'adjuvantation permet de réaliser des bétons dont l'ouvrabilité est conservée. Le grand avantage des bétons de fibres de polypropylène est leur bonne résistance à la fissuration due au «premier retrait », ainsi que leur résistance aux chocs.

[39]. De ces propriétés découlent les applications privilégiées des bétons de fibres de polypropylène:

- ✓ Dallage et aménagements urbains ;
- ✓ Produits préfabriqués (parements) ;
- ✓ Mortier projetés
- ✓ Enduit ;
- ✓ Sculptures.



Figure I.21: fibre polypropylène

b. Propriétés des fibres de polypropylène

Les fibres PP sont intéressantes pour les pièces à démoulage immédiate (meilleur comportement au jeune âge). Elles améliorent l'aspect et la précision des angles, des tranches ou des arêtes des pièces moulées. Elles permettent de réaliser des parements esthétiques, avec des motifs très précis, et sont utilisées aussi pour la formulation des bétons projetée ou des mortiers de réparation [39].

Tableau I.5 : Propriétés des fibres de polypropylène.

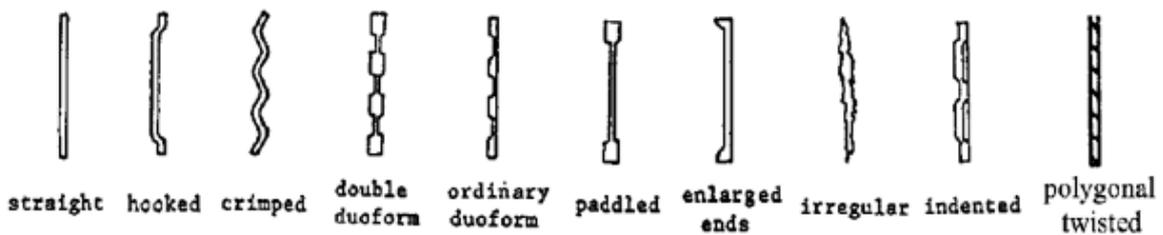
Propriétés	Valeur (unités)
Masse volumique moyenne	0.905 (g/cm ³)
Indice de fluidité chaud : 230°C 2.16 Kg	2-3(g/10 min)
Le taux cristallinité	60et70 (%)
Température de fusion	165-170 (°C)

I.2.3.2 Fibres métalliques

a. Définition

Ce type de fibre, qui regroupe les fibres d'acier et les fibres de fonte amorphe, a été et reste encore l'objet de recherches très importantes dans le monde. On se limite aux fibres d'acier qui sont sans doute les plus utilisées dans le domaine du génie civil.

En effet, les propriétés mécaniques du béton renforcé par ces fibres sont influencées par la résistance d'adhésion interfaçage entre fibre et matrice [40]



(a) Formes des fibres métalliques



(b) Fibres en boucle



(c) Sections des fibres



(d) Fibres accolées en paquets

Figure I.22: Exemples de fibres métalliques

c. Influence des fibres métalliques sur béton (BRF)

Malgré le fait que le béton soit utilisé avec de l'acier d'armature, son comportement demeure relativement fragile ; les barres d'armature peuvent disperser les fissures pour éviter la formation de fissures de traction trop grandes et éviter la rupture des éléments tendus. Une autre solution à la fragilité du béton est l'addition des fibres métalliques au mélange de béton.

Une fois renforcé avec des fibres d'acier, le béton devient à la fois plus rigide et montre plus de ductilité en traction et en compression. De plus, les fissures sont réparties plus uniformément.

I.3 Rappels bibliographiques

Dans cette section, un bref aperçu de différents articles s'étant intéressé à l'élaboration de composites à base de fibres est donné. Plus particulièrement, les travaux ayant utilisé les fibres végétales, fibres en polypropylène et fibres métalliques.

En 2015, **Abani et al. [41]** ont étudié l'effet des fibres végétales du palmier dattier sur les propriétés thermiques des mortiers cimentaires (figure 2.11). Les fibres de surface du tronc du palmier mâle de diamètre variant entre 0.1 à 0.8 mm et une longueur de 20 mm ont été intégrées aux mortiers aux teneurs massiques de 1, 2, 3, 4 et 5% par rapport à la masse du ciment. Les résultats des essais thermiques montrent que l'augmentation du pourcentage d'inclusion des fibres du palmier, réduit la conductivité thermique de 36% et la chaleur spécifique des composites de 10% comparativement au mortier témoin.

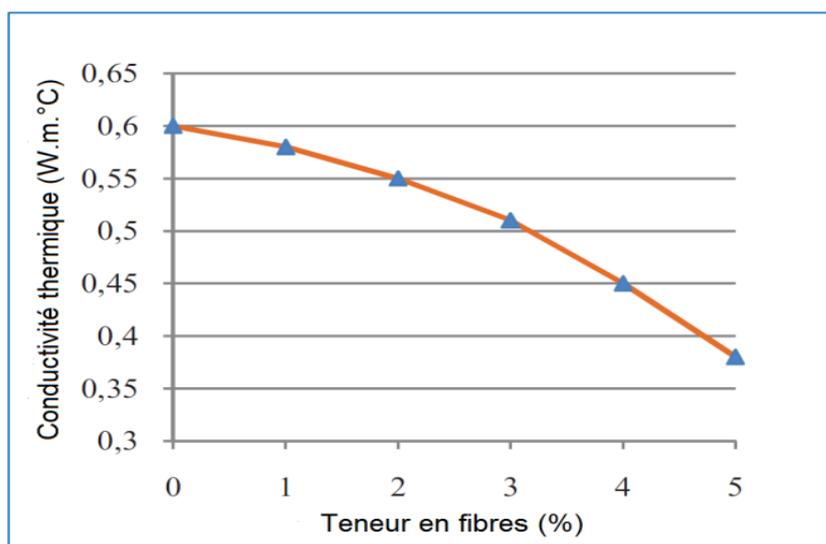


Figure I.23: Conductivité thermique des composites en fonction de la teneur en fibres du palmier dattier [41].

En 2015, **Lertwattanakul et al.** [42], ont utilisé les fibres de noix de coco et du palmier à huile traitées à l'eau bouillante en tant que renfort dans la production des mortiers cimentaires dans les régions climatiques chaudes et humides. Les fibres d'une longueur de 5-10 mm ont été ajoutées aux mortiers aux pourcentages massiques de 5, 10 et 15%. Ils ont observé que la conductivité thermique diminue avec l'augmentation de la teneur en fibre avec une diminution respective de la conductivité thermique, par rapport à celle du mortier témoin, de 45 et 60 %, pour les mortiers à base de 15% de fibre de noix de coco et de palmier à huile. Cette diminution est le résultat selon les auteurs de l'ajout des fibres à la matrice cimentaire qui augmente la porosité des composites produits et réduit leur densité ; ce qui par conséquent augmente leur capacité d'isolation thermique.

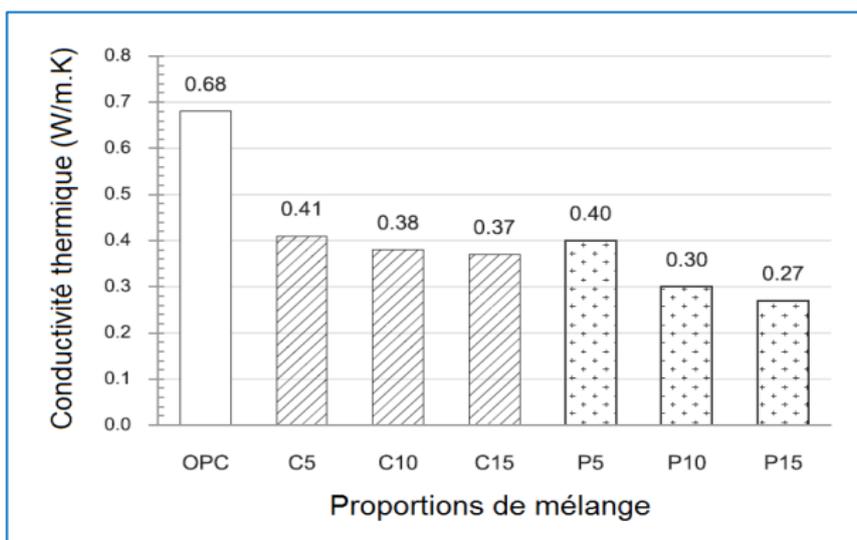


Figure I. 24 : Conductivité thermique des mortiers de fibres de noix de coco et du palmier à huile [42]

DARDARE et al [43] ont trouvé que l'incorporation de fibres de polypropylène dans le béton apporte une légère amélioration lorsque le pourcentage de fibres est faible et une diminution pour de forts pourcentages.

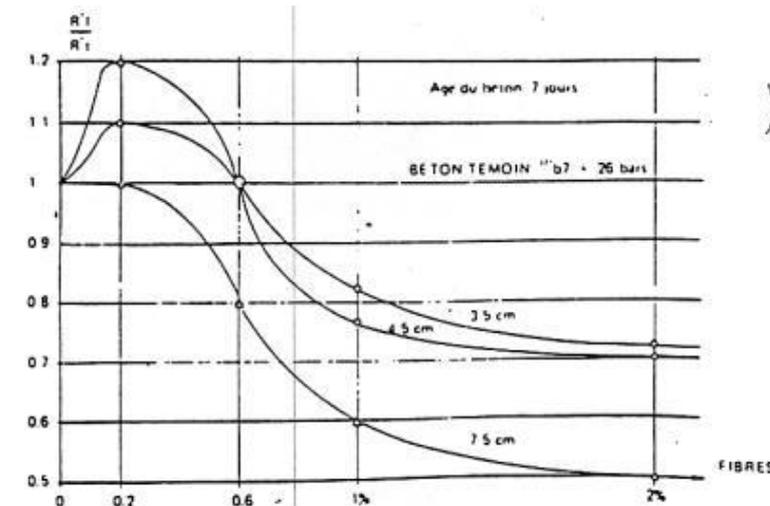


Figure I.25 : Influence de la longueur et du pourcentage de fibres sur la résistance à la compression du béton renforcé [43].

HOUARI et al [44] ont étudié les propriétés des composites en présence des fibres métalliques (1% en volume). Les auteurs ont rapporté que l'ajout des fibres métalliques augmente fortement la résistance à la flexion du béton. Cette augmentation est de l'ordre de 26 à 189% suivant le type de béton testé.

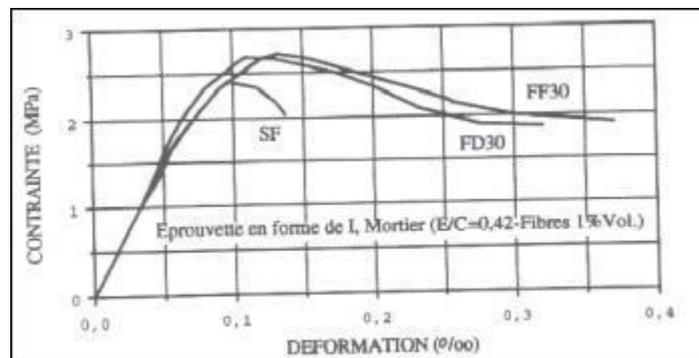


Figure I.26: Courbes " contrainte-déformation" en traction [44].

Références bibliographiques

- [1] : **Saber Benferdi**, « Caractérisation du comportement micromécanique d'un matériau composite par différentes approches mathématiques », mémoire de Magister, Université MENTOURI Constantine, 2010.
- [2] : **Merkhoufi.A**, « Contribution à l'étude des propriétés et déformations du béton renforcé par les fibres du palmier dattier en climat sec et chaud », mémoire de magister, université de Ouargla, PP69. 2004.
- [3] : **Salem Karim**, « Etude et caractérisation des matériaux composites à base de polypropylène chargé avec la farine de grignon d'olive », mémoire de magister, université Abderrahmane Mira Bejaia, 2009.
- [4] : **Jean Marie, B**, « Matériaux composite, comportement mécanique et analyse des structures », Institut universitaire de technologie, édition Masson, Paris, 1996.
- [5] : **Dalila Hammiche**, «Synthèse d'un Nouvel Agent de Couplage PVC-g-MA et son Utilisation dans les Composites PVC/Alfa», mémoire de magister, université de Bejaia, 2010.
- [6] : **David Sedan**, « Etude des interactions physico-chimiques aux interfaces fibres de chanvre/ciment. Influence sur les propriétés mécaniques du te composite», thèse de doctorat, université de Limoges, 2007.
- [7] : **DO THI Vi Vi**, « Matériaux composites fibres naturelles/polymère biodégradables ou non », thèse de doctorat, université de Grenoble, 2011.
- [8] : **Mostar Abdessamed**, « Influence des ajouts de fins minérales sur les performances mécaniques des béton renforcé de fibre végétales de palmier dattier », mémoire de Magister, option génies civil, Université de Kasdi Merbah-Ouargla, novembre 2006.
- [9] : **PalmierDattier, Influence** des ajouts de fines minérales sur les Performances Mécaniques des Bétons Renforcés de Fibres Végétales. Thèse de magister. Université de Kasdimerbah Ouargla.2006.
- [10]: **Date of Publication**, Furlan, Vinicio; Bissegger, Paul, "Ancient mortars - history and approach to scientific examination" 1975
- [11] : **V.PHOUMMAVONG**, «Cours en ligne Matériaux de Construction». Université national LAOS 2006.
- [12] : **Govin A**, « Aspects physico-chimiques de l'interaction bois-ciment, modification de l'hydratation duciment par le bois ». Thèse de doctorat, Ecole National Supérieur des Mines de Saint Etienne, 216 p. 2004.
- [13] : **De LarrardF**, « Construire en béton l'essentiel sur les matériaux ». Thèse de doctorat, Presses de l'Ecole National Des Ponts et Chaussées ,199p. 2002.

-
- [14] : **Réunion d'ingénieurs**, <<Matériaux de constructions>>. Editions Eyrolles.1979.
- [15] : **E. OLIVIER**, <<Technologie des matériaux de construction>>. TOME1. Entreprise moderne d'édition.1978.
- [16] : **Brique matériau**, Wikipédia,
([https://fr.wikipédia.org/wiki/Brique_\(mat%C3%A9riau\)#cite_note-fermeture_Wanlin-9](https://fr.wikipédia.org/wiki/Brique_(mat%C3%A9riau)#cite_note-fermeture_Wanlin-9))
- [17] : **Ottou J. M. A**, contribution à l'étude de la stabilisation des sols latéritiques par association compactage dynamique liant hydraulique en vue de l'élaboration de blocs pour la construction. Mémoire fin d'étude, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Yaoundé, (1987).
- [18] : **CRA Terre**, Centre International pour la Construction en Terre, H. GUILLAUD, Ecole d'Architecte de Grenoble, Encyclopédie de Bâtiment Tome 2 Edition Wake 1997.
- [19] : **CRA Terre**, H. HOUBEN et H. GUILLAUD, Traité de Construction en Terre, Edition Parenthèses, Marseille, 1989.
- [20] : **Dr. Guettouche Amar**, "Identification et classification des sols," p. 31.
- [21]: **C. E**, (Charles E. Weaver, Clays, muds, and shales, vol. 44. Elsevier, 1989.
- [22] : **Gagui Warda**. Université Mohamed khi der – Biskra .juin 2015. (L'effet d'ajout des fibres palmiers dattiers (saaf et lif) sur les propriétés physico-mécanique des bétons de sable.
- [23] : **M. DURIEZ, JARRAMBIDE**, Nouveau Traite De Matériaux De Construction Edition DUNOD 1962.
- [24] : **Benali Redha**, **mémoire de magister**, étude du comportement mécanique et rhéologique de la pate de ciment, mortier et béton avec différentes fibres. Université Mohamed khider Biskra.
- [25]: **Naamaoui née Haddadou Naima**, université M'Hamed Bougara-Boumerdes, thèse de doctorat 2014 / 2015(élaboration et caractérisation de béton auto plaçant fibré avec ajout de poudre de marbre).
- [26]: **Le Duigou A., Bourmaud A., Baley C.**, In-Situ Evaluation of Flax Fibre Degradation During Water Ageing. Industrial Crops. And Products 70, 204–210, 2015.
- [27]: **LAAZIZ. K**, introduction aux modélisations et aux méthodes de calcule des matériaux composites, mémoire de magister, université des sciences et technologie d'Tizi-Ouzou, 2010.
- [28] : **Le Duc A**, Comportement Et Rupture De Fibres Cellulosiques Lors De Leur Compoundage Avec Une Matrice Polymère. Thèse De L'école Nationale Supérieure Des Mines De Paris ,2013.
- [29] : **Privas**, E. Matériaux ligno-cellulosique « Elaboration et Caractérisation ». Thèse de doctorat Paris Tech. L'école nationale supérieure des mines de Paris, 2013.

-
- [30] : **Spinu, M.** Evaluation des paramètres physiques et physico-chimiques qui influencent l'accessibilité de la cellulose. Thèse de doctorat. L'école nationale supérieure des mines de paris, 2010.
- [31] : **Thiebaud, S.** , _'Valorisation chimique de composés lignocellulosiques : obtention de nouveaux matériaux', thèse de doctorat, Institut National Polytechnique De Toulouse, Sciences des Agroressources, 1995.
- [32] : **Hatakeyama T.** Hatakeyama H. (2004). Thermal properties of green polymers and Biocomposites, Kluwer Academic Publishers, 331 p.
- [33] : **Fernandes, A.N. L.H. Thomas, C.M.** Altaner, P. Callow, V.T. Forsyth, D.C. Apperley, Nanostructure of cellulose microfibrils in spruce wood, Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 108 (2011) 1195–1203.
- [34] : **Yahiaoui L.** Caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales (Diss). Mémoire de magister. Sétif. Université de Sétif 1, 2011.
- [35]: **GaguiWarda.** Université Mohamed khi der – Biskra .juin 2015. (L'effet d'ajout des fibres palmiers dattiers (saaf et lif) sur les propriétés physico-mécanique des bétons de sable.
- [36]: **Agnès Roudier.** Analyse multi-échelle du comportement hygro-mécanique des fibres de lin. Autre. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2012. Français.
- [37]: **Yim J-H, Cho S-Y, Seo Y-J et. Jang B-Z.** "A study on material damping of 0° laminated composite sandwich cantilever beams with a viscoelastic layer". Composites structures 2003; 60:367-374.
- [38] : **OUZAA KHEIRA.** Réhabilitation Des Structures, Thèse de Doctorat. Université des sciences et de la technologie d'Oran MOHAMED BOUDIAF U.S.T.O. 2015, 75p.
- [39] : **Collection technique Cimbéton G11**, tome 2 (Les bétons formulation, fabrication et mise en œuvre).
- [40] : **Mokhtariabdessamed**, université de kasdimerbah Ouargla, 06/11/2006, influence des ajouts de fines minérales sur les performances mécaniques des bétons renforcés de fibres végétales de palmier dattier.
- [41]: **Abani S., Hafsi F., KrikerA., Bali A.** "Valorisation of Date Palm Fibers in Sahara Constructions". *Energy Procedia*, Vol. 74, pp. 289-293 (2015).
- ACI.** Report on Fiber Reinforced Concrete (Reapproved 2009). American Concrete Institute (1996).
- AlKaabi, K., AlKhanbashi, A., & Hammami, A.** Date palm fibers as polymeric matrix reinforcement: DPF/polyester composite properties. *Polymer composites*, 26(5), 604- 613. (2005).

Al Khanbashi, A., Al-Kaabi, K., & Hammami, A. Date palm fibers as polymeric matrix reinforcement: fiber characterization. *Polymer composites*, 26(4), 486- 497, (2005).

[42] : Lertwattanakul P., Suntiutto A. "Properties of natural fiber cement materials containing coconut coir and oil palm fibers for residential building applications". *Construction and Building Materials*, Vol. 94, pp. 664-669, (2015).

Magniont, C. Contribution à la formulation et à la caractérisation d'un écomatériau de construction à base d'agroressources (PhD thesis). Université Paul Sabatier - Toulouse III, Toulouse, France. (2011).

[43] : DARDARE J., " Contribution à l'étude du comportement mécanique des bétons renforcés de fibres de polypropylène ", In : fibre reinforced cement and concrete, RILEM Symposium, Edited by A. NEVILLE, Lancaster, Construction Press, 1975, pp.227-235, Communication 5.2 ,1975.

[44] : HOUARI H., "contribution à l'étude du comportement béton renforcé de fibres métalliques soumis à l'action des charges maintenues et cycliques ", Thèse de Doctorat : INSA de Lyon, 244p.1993.

Chapitre II

Matériels et Méthodes

Chapitre II

Matériels et méthodes

introduction

Dans ce chapitre on a présenté les différents matériels et méthodes utilisés dans notre manipulation.

Ce dernier est divisé en trois parties : la partie de présentation des matériaux utilisés (leurs compositions, caractéristiques ...etc) soit pour la matrice cimentaire ou argileuse.

Dans la deuxième partie on a vu les procédures de préparations des deux composites en fonction des différents taux de charges de différentes fibres.

En dernier, la présentation et l'explication des différents types de tests thermique, mécanique ...qu'on a appliqués sur les deux matrices.

Les échantillons ont été confectionnés au laboratoire de Génie Civil (laboratoire béton armé) au sein de l'université de Bejaia.

II.1 Matériaux utilisés

II.1.1 Matrice cimentaire

II.1.1.1 Ciment NF EN 196-1

Nous avons utilisé un ciment Portland CEM classe II 42,5. Ce ciment convient pour la fabrication des mortiers et tous travaux de béton armé, développement des résistances moyennes. Il est aussi utilisé dans le secteur du bâtiment, que ce soit pour la réalisation d'habitations, d'immeubles administratifs, d'usines, d'hôpitaux et d'écoles.

Le CEM II 42.5 est couramment utilisé pour

- ✓ Travaux nécessitant une résistance initiale élevée (décoffrage rapide par exemple) ;
- ✓ Béton en élévation, armé ou non d'ouvrage courant ;
- ✓ Fondation ou travaux souterrains en milieu non agressifs ;
- ✓ Dallage, sols industriels ;
- ✓ Maçonneries ;
- ✓ Stabilisation des sols ;
- ✓ Béton préfabriqué ;

- ✓ Béton armé ou précontraint ;
- ✓ Béton en élévation ;
- ✓ Travaux routiers. [1]

Ce ciment ne convient pas pour les travaux en milieux agressifs.

Ps : ces informations sont tirées de la fiche technique de l'industrie GICA Groupe Industriel des Ciments d'Algérie.



Figure II.1 : Ciment utilisé.

Analyse chimique ciment :				Caractéristiques physico-mécaniques :			
Analyse Chimique %	MIN	MAX	Norme NA 442	Essais physico-mécanique	MIN	MAX	Norme NA 442
SiO ₂	16,00	21,00	-	SS Blaine Cm ² /g	2960	4200	-
AL ₂ O ₃	4,50	5,20	-	Consistance %	25,5	26,8	-
Fe ₂ O ₃	2,70	3,50	-	Début de prise (mn)	80	160	≥ 60 mn
CaO	58,00	64,00	-	Résistance à la compression 02 jours (N/mm ²)	10	19,5	≥ 10.0
MgO	0,80	1,20	-	Résistance à la compression 28 jours (N/mm ²)	42,5	52,5	≥ 42.5
K ₂ O	0,20	0,45	-	Expansion à chaud sur pâte (mm)	0	10	≤ 10 mm
Na ₂ O	0,25	0,50	-	Les constituants de Ciment en % *			
SO ₃	1,20	3,50	-	CLINKER	80 - 95		
PF	5,00	10,00	-	CALCAIRE	06 - 20		
Chlorures	0,02	0,10	≤ 0,1	POUZZOLANE	00 - 05		
RI	2,00	6,00	-	GYPSE	00 - 05		
CaO libre	0,20	1,50	-	* Ces valeurs font référence au noyau du ciment à l'exclusion du sulfate de calcium (gypse) et de tout autre additifs.			

Figure II.2 : Fiche technique du ciment CEM II[10].

II.1.1.2 Sable

Le sable normalisé CEN (sable normalisé ISO) est un sable naturel, siliceux notamment dans ses fractions les plus fines. Il est propre, les grains sont de forme généralement

isométrique et arrondie. Il est séché, criblé et préparé dans un atelier moderne offrant toutes garanties de qualité et de régularité.

Le sable utilisé dans le mélange est un sable presque normalisé selon la norme (EN 196-1 et EN 196-2) qui vient de la région d'Oued Souf en Algérie.

Avant la confection, ce dernier est mis dans une étuve à 105°C pendant 24h. La composition granulométrique est déterminée par tamisage est conforme aux exigences des normes EN 196-1 et ISO 679 [2].

Tableau II.1 : Granulométrie du sable normalisé.

Tamis ouverture des mailles (mm)	Refus cumulés (%)
0.08	99±1
0.16	87±5
0.50	67±5
1.00	33±5
1.60	7±5
2.00	0



Figure II.3: Sable au niveau de l'étuve, 105°C pendant 24h.



Figure II.4 : Sable selon la norme EN 196-1 et ISO 679.

II.1.1.3 Eau

L'eau utilisée dans cette étude pour la préparation et l'élaboration des différentes formulations est une eau qui contient peu de sulfate, les composition de l'eau utilisée sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau II.2 : Composition de l'eau utilisée.

Composition moyenne (mg/l)	
Calcium	103
Magnésium	28
Potassium	01
Sodium	54
Chlorures	97
Sulfates	56
Bicarbonates	357
Nitrites	<0.01

Nitrates	30
Résidu sec à 180°C	700
pH	7.67

II.1.2 Matrice argileuse

II.1.2.1 Brique crue

Les briques de terre crue, nous entendons des briques dont le liant principal est l'argile et dont la masse volumique est supérieure à 1400 kg/m^3 . Celles-ci sont assemblées avec un mortier dont le liant principal est également l'argile. [3]

Domaine d'application Pratiques s'appliquent aux ouvrages courants de maçonnerie, notamment :

- ✓ Les maçonneries porteuses ;
- ✓ Les maçonneries en cloisonnement non porteur ;
- ✓ Les maçonneries de façade non porteuses.

II.1.2.2 Eau

Même eau utilisée dans la préparation de la matrice cimentaire.

II.1.2.3 Argile

L'argile utilisée vient de la région Oued Lahmer Medjana Bordj Bou Arreridj (Algérie), sa couleur est due à sa richesse en oxyde fer, cette argile est nommée (AR) [4].



Figure II.5: Argile utilisée.

II.1.3 Les limites d'Atterberg (NF P 94-051)

Les limites d'Atterberg sont des teneurs en eau caractéristiques des sols fins permettant entre autres d'établir leur classification et d'évaluer leur consistance. La plasticité d'une argile

ainsi que les limites entre différents états de consistance sont déterminées par les mesures des limites d'Atterberg. Elles correspondent aux proportions en eau pour lesquelles le matériau argileux passe d'un comportement semi-liquide à un comportement plastique (limite de liquidité, WL) et ensuite d'un comportement plastique à un comportement semi-solide (limite de plasticité WP). Les limites d'Atterberg sont réalisées sur un matériau dont la taille de particule est $< 400 \mu\text{m}$ à l'aide de la coupole de Cassagnarde selon la norme NF P 94-051. Ces limites sont étudiées afin de caractériser l'aptitude de la terre à être utilisé dans la construction.

Principe de détermination des limites d'Atterberg

L'essai s'effectue en deux phases

- ✓ Recherche de la teneur en eau pour laquelle une rainure pratiquée dans une zone placée dans une coupelle de caractéristiques imposées se ferme lorsque la coupelle et son contenu sont soumis à des chocs répétés ;
- ✓ Recherche de la teneur en eau pour laquelle un rouleau de sol, de dimension fixée et confectionner manuellement, se fissure.

Dans notre cas on a directement pris les résultats de recherche qui sont déjà manipulés dans l'laboratoire béton armée de génie civil université de Bejaïa. Par le doctorant Ould Amer Ahmed. [5]

II.1.4 Fibres de polypropylène PP

Les fibres polymères utilisées sont des fibres de polypropylène commercialisées par la Société algérienne « SDC ». Les caractéristiques des fibres de PP utilisées sont regroupées dans le tableau II.3.

Tableau II.3 : la caractéristique des fibres de polypropylène.

Longueur de la fibre (mm)	12
Densité	0.9
Point de fusion (°C)	180
Allongement à la rupture (%)	10-20
Diamètre de la fibre (microns)	30
Moduled'Young(GPa)	5-10



Figure II. 6: Fibres de Polypropylène.

II.1.5 Fibres de Jute

Les fibres de jute utilisée dans cette étude provient de l'entreprise jute située à la zone industrielle de Bejaïa .Les fibres de jute utilisées ont été coupées pour avoir une longueur de voisinage de 12 mm. Les caractéristiques des fibres de jute sont données dans le tableau II.4.



Figure II.7: Fibres de jute.

Tableau II.4 : Caractérisation des fibres de jute.

Cellulose (%)	61 – 71
Angle micro fibrillaire	8°
Diamètre (µm)	25 – 200
Longueur (mm)	12
Résistance à la traction (MPa)	320 – 800
Masse volumique (g/cm³)	1.3 - 1.49

Rapport L/D	110
Module d'Young (GPa)	30

II.1.6 Fibres métalliques

Les fibres métalliques ont été récupérées à partir des brosses métalliques. Les caractéristiques des fibres métalliques utilisées dans notre sont présentées dans le tableau ci-dessous.

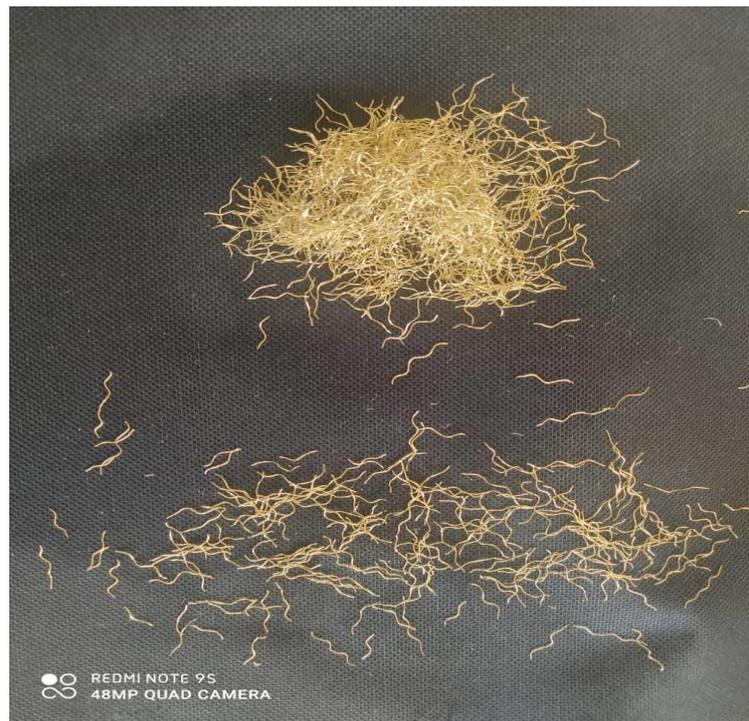


Figure II.8: Fibres métalliques.

Tableau II.5 : Composition chimique des fibres métalliques.

Cu	62-65.5 %
Zn	Balance
Ni	max. 0.30 %
Pb	max. 0.10%
Fe	max. 0.10 %
Sn	max. 0.10 %
Al	max. 0.05 %
Autres	max. 0.10 %

Tableau II.6: Propriétés physiques des fibres métalliques.

Densité	8.44 g/cm³
Conductibilité thermique	377 W/ (m °C) à 20 °C
Capacité thermique	385 J/ (kg °C) valeur moyen entre 50 – 100 °C
Dilatation thermique	20.2 x 10 ⁻⁶ (entre 30 - 300 °C)
Résistance électrique	58 mS7m (équivalent 99% IACS) en état dur
Module d'élasticité	110 000 MPa à 20 °C
Perméabilité relative	anti magnétique
Moduled'Young (GPa)	11x10 ¹¹

II.2 Confection des matériaux composites à matrice cimentaire

Pour la confection des composites à matrice cimentaire, les fibres sont ajoutées à la matrice à des différents pourcentages de 0.5 ; 1.5 ; 2.5 et 3.5% en masse par rapport à la masse du ciment. Ces composites élaborés sont notées respectivement CF/0, CF/0.5, CF/1.5, CF/2.5 et CF/3.5 (le chiffre indique le taux de fibres).

Les échantillons ont été confectionnés au laboratoire de Génie Civil (laboratoire béton armée). Les formulations des différents mortiers étudiés sont données par le tableau II. 6. Tous les échantillons on était conservés dans une chambre à la température ambiante avant la date des essais.

Les moules utilisées dans cette étude sont de dimensions 4x4x16 cm³ Pour disposer d'un nombre suffisant d'éprouvettes et réaliser des essais normalisés (3 échantillons par essai).



Figure II.9: Moule utilisée pour la matrice cimentaire de dimension $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$.

Norme(NF EN 196-1).

II.2.1 Malaxage

Pour le mortier de référence, les proportions des constituants sont de 450g (ciment), 1350g (sable) et 225g (eau). Afin d'éviter leur agglomération pendant le malaxage, nous avons suivis les étapes suivantes :

- ✓ Les fibres ont été d'abord mélangées à sec avec le ciment ;
- ✓ Ajouté de l'eau et le malaxé à la vitesse lente pendant 30s ;
- ✓ Ajouter de sable au fur et mesuré pendant 30s à la vitesse rapide ;
- ✓ Racler le mélange pendant 30s a la main puis le laisser reposer pendant 60s ;
- ✓ Remettre le mélange une autre fois dans le pétrin ;
- ✓ Le mélanger à la vitesse rapide pendant 60s ;
- ✓ Mettre les 2/3 du mélange dans les moules après les avoir huilés ;
- ✓ Le déposer sur la table a choque et le réglée sur 60 coups ;
- ✓ Puis remplir le dernier tiers du moule et recommencer encore 60 autres coups ;
- ✓ Justifier les parois avec une raclette ;
- ✓ Laisser à l'aire libre couvrir d'un film transparent pendant 24h avant le démoulage.



Figure II.10 : Piétrain utilisé.



Figure II.11 : Table à choc.

II.2.2 Conservation des éprouvettes

Les moules sont conservés dans une pièce à température ambiante, et démoulés après 24heures.

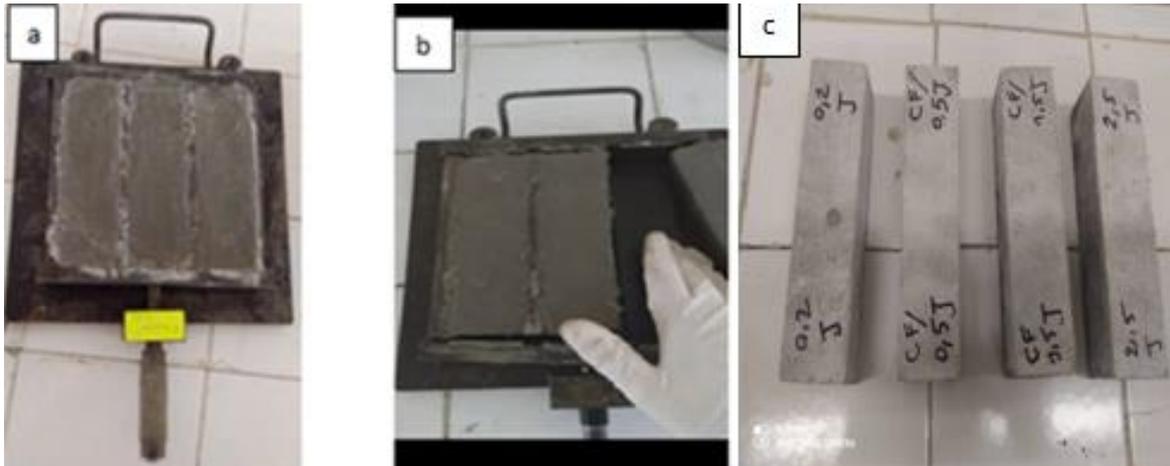


Figure II.12: Etapes de coffrage et décoffrage .Les dimensions des éprouvettes : $4 \times 4 \times 16$ cm^3 .

- ✓ On mentionne sur la surface supérieure des éprouvettes la référence du mortier et on pèse les éprouvettes après le décoffrage.
- ✓ Les éprouvettes sont par la suite immergées dans l'eau de robinet pendant 28 jours.



Figure II.13: Conservation des éprouvettes dans l'eau de robinet.

- ✓ Les éprouvettes sont alors retirées et pesés (humide) après 28 jours pour ensuite effectuer les tests mécaniques de compression et de flexion.

Tableau II. 7 : Formulations de composites à matrice cimentaire renforcés de fibres Polypropylène (PP), fibres de jute et fibres métalliques.

	Ciment (g)	Eau (g)	Sable (g)	PP (g)	Jute (g)	Métal (g)
CF/0	450	225	1350	/	/	/
CFPP/0.2	450	225	1350	0.9	/	/
CFJ/0.2				/	0.9	/
CFM/0.2				/	/	0.9
CFPP/0.5	450	225	1350	2.25	/	/
CFJ/0.5				/	2.25	/
CFM/0.5				/	/	2.25
CFPP/1.5	450	225	1350	6.75	/	/
CFJ/1.5				/	6.75	/
CFM/1.5				/	/	6.75
CFPP/2.5	450	225	1350	11.25	/	/
CFJ/2.5				/	11.25	/
CFM/2.5				/	/	11.25
CFPP/3.5	450	225	1350	15.75	/	/
CFJ/3.5				/	15.75	/
CFM/3.5				/	/	15.75

II.3 Confection de matériaux composites à matrice argileuse (brique)

Pour la confection des composites à matrice argile, les fibres sont ajoutées à la matrice à des concentrations 0.75%, 1.5%, 2.5%. Les formulations élaborés sont notés respectivement BF/0.75, BF/1.5 et BF/2.5 et BF/0 pour la matrice non chargée.

Afin d'éviter leur agglomération pendant le malaxage, nous avons suivis les étapes suivantes :

- ✓ Avant que l'argile soit utilisée on l'a broyée ;
- ✓ Ensuite mis dans l'étuve ;
- ✓ Puis on a pris une quantité de 500g mélangé dans un sac avec la fibre désirer ;

-
- ✓ Peser 140g d'eau, verser la moitié dans un récipient ;
 - ✓ Rajouter le mélange (argile +fibres) ;
 - ✓ Le bien mélangé avec une spatule ;
 - ✓ Rajouter la quantité d'eau restante ;
 - ✓ Mélanger pour que la pâte soit bien homogène.
 - ✓ Mettre la pâte dans le moule et le compacter à la force 3 KPa pour qu'on dégage toute présence d'eau dans notre matrice.

Après démoulage, les échantillons préparés sont pesés et séchés à l'air libre pendant 24h. Ensuite, les échantillons sont étuvés à 55°C pendant 24h. Plusieurs éprouvettes sont préparées. Les éprouvettes préparées pour les essais mécaniques ont des dimensions de 4x4x16 cm³. Par contre, nous avons préparés des éprouvettes de petite de dimension 8x5x1 cm³ pour les tests de conductivité thermique.



Figure II.14 : Broyeur CONTROS de série 885/2009.



Figure II. 15 : Moule de $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$



Figure II.16 : Moule de $8 \times 5 \times 1 \text{ cm}^3$.



Figure II.17: Pressage des éprouvettes.



Figure II.18: Echantillons de brique préparés de dimension $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$.



Figure II.19: Echantillons de brique préparés de dimension $8 \times 5 \times 1 \text{ cm}^3$

Tableau II.8 : Formulations de composites à matrice argile renforcés de fibres
Polypropylène (PP), fibres de jute et fibres métalliques.

	Argile (g)	Eau (g)	PP (g)	Jute (g)	Métal (g)
BF0	500	140	/	/	/
BFPP/0.75	500	140	3.75	/	/
BFJ/0.75			/	3.75	/
BFM/0.75			/	/	3.75
BFPP/1.5	500	140	7.5	/	/
BFJ/1.5			/	7.5	/
BFM/1.5			/	/	7.5
BFPP/2.5	500	140	12.5	/	/
BFJ/2.5			/	12.5	/
BFM/2.5			/	/	12.5

II.3.1 Techniques de caractérisation

II.3.1.1 Masse volumique

La masse volumique ρ_{abs} est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre les grains. Il ne faut pas confondre ρ_{abs} avec la masse volumique ρ qui la masse de matériau par unité de volume, celui-ci intégrant à la fois les grains et les vides. Les masses volumiques s'expriment en t/m³, en kg/dm³, ou en g/cm³. [6]

II.3.1.1.1 Conduite de l'essai :

- ✓ Remplir une éprouvette graduée avec un volume V1 d'eau ;
- ✓ Peser un échantillon sec de fibre et l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air ;
- ✓ Le liquide monte dans l'éprouvette. Lire le nouveau volume V2.

La masse volumique est alors :

$$\rho_{abs} = \frac{mfibre}{V_{abs}} = \frac{mfibre}{V2-V1}$$

II.3.1.2 Analyse par ATG

L'analyse thermogravimétrique ATG est une technique d'analyse thermique qui consiste à mesurer la masse d'un échantillon lorsque celui-ci est soumis à des variations de

température. Pour cela, un appareil dispose d'une balance de grande précision. L'échantillon de quelques mg est placé dans un creuset sur la canne de mesure. La canne est placée dans un four dans lequel circule un gaz de balayage (azote, argon, air, oxygène, etc.).

L'ATG permet d'observer les effets de décomposition thermique, d'évaporation, de réduction, de désorption, de sublimation, d'oxydation, d'absorption, etc. L'ATG permet de qualifier la stabilité thermique de composés. Elle permet également de déterminer les températures auxquelles ont lieu des réactions chimiques. Elle permet aussi de doser certains composés volatils dans un échantillon solide. [7]

II.3.1.3 Analyse par IRTF

La caractérisation par IRTF a été réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre de marque IRAfinity-1. Les fibres ont été broyées dans broyeur de marque RETSCH de type ZM200 en suite caractérisées par IRTF entre 500 et 4000 cm^{-1} avec un facteur de résolution de 4 cm^{-1} . La spectroscopie IRTF est l'une des méthodes les plus efficaces pour l'identification des molécules organiques et inorganiques à partir de leurs propriétés vibrationnelles. Cette analyse est capable de révéler les principales différences entre les fibres traitées et non traitées, et alors de fournir des informations sur l'efficacité de la modification chimique. [8]



Figure II.20:Broyeur RETSCH de type ZM200.

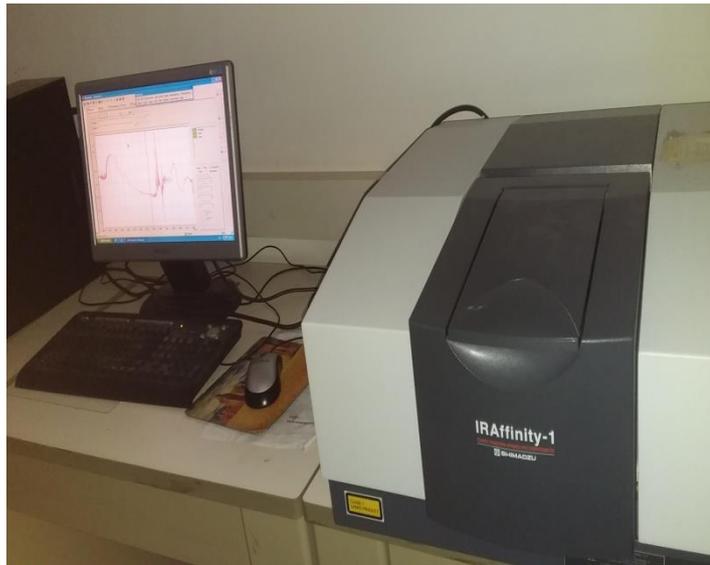


Figure II.21:Spectrophotomètre IRTF.

II.3.1.4 Taux de cendre

Pour savoir la masse minérale de chaque fibre on a pris une petite quantité de chaque fibre dans des creusets, les peser, puis mettre dans un four à 600°C pendant 2h. Enfin les repeser une deuxième fois pour déduire la masse minérale de chaque échantillon.



Figure II.22 : Creusets utilisés pour déterminer les taux de cendre.



Figure II.23 : Four à 600°C.

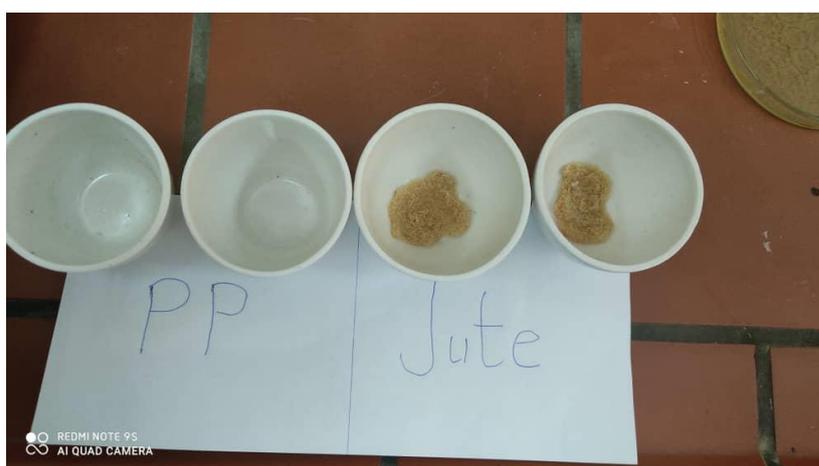


Figure II.24 : Le résidu des fibres à 600°C.

Tableau II.9 : Taux de cendre à 600°C.

	Fibres de jute	Fibres de polypropylène
Taux de cendre	0.865% ± 0.16%	0.029% ± 0.004%

II.4 Caractérisation des matériaux composites

II.4.1 Masse volumique sèche (ρ)

C'est la masse d'un corps par unité de volume apparent en état naturel, après passage à l'étuve à 105°C. Elle est aussi appelée dans la littérature la densité apparente, souvent

exprimée en gramme par centimètre cube (g/cm^3). Elle varie en fonction de la masse volumique des constituants ; leurs dosages et diamètres, mais également de la quantité d'air qu'il renferme (air emprisonné lors de la fabrication). [8]

La masse volumique de chaque éprouvette est donnée par la formule :

$$\rho = \frac{M_s}{V_{\text{epp}}}$$

- ✓ M_s : Masse sèche(g) ;
- ✓ V_{epp} : volume de l'éprouvette (cm^3).

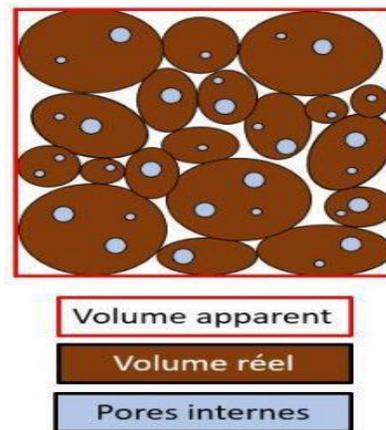


Figure II.25 : Schéma de la structure microscopique d'une éprouvette.

II.4.2 Densité (d)

La densité (aussi appelée "Masse spécifique"; d'où son terme anglais "Specificgravity") est le rapport de la masse volumique d'une substance à celle d'une autre substance choisie comme référence (l'eau dans le cas des liquides et des solides). La densité est un nombre sans unité.

$$d = \frac{\rho}{\rho_{\text{eau}}}$$

- ✓ ρ : masse volumique de l'eau.

ρ_{eau} : masse volumique de l'eau (g/cm^3).

II.4.3 Porosité

Le comportement du béton et son évolution ont montré, dès l'origine, l'influence de la porosité sur la résistance. Il est aujourd'hui admis que la réduction de la porosité du béton, qui est entre autres, la condition pour réaliser des bétons de hautes performances est requise pour l'amélioration de la résistance du béton aussi bien d'un point de vue mécanique.

$$Pr(\%) = \frac{M_{st} - M_s}{M_{st} - M_{ph}} * 100$$

- ✓ Ms: Masse sèche ;
- ✓ Mst: masse saturé ;
- ✓ Mph: Masse par la poussé hydrostatique.

II.4.3.1 Mode opératoire

- ✓ Mettre notre matrice dans l'étuve pendant 24h a la température 60°C ;
- ✓ La peser après le retrait de l'étuve (à l'état sèche) ;
- ✓ On la plonge dans l'eau pendant 48h pour que les pores soient bien saturés. Enfin on l'a repesé une deuxième fois avec deux méthodes différentes. On appelle la pesée (pesée hydrostatique) :
 - a) Sous l'eau.
 - b) A l'état saturé.



Figure II.26 : Pesée hydrostatique sous l'eau.



Figure II.27 : Pesée hydrostatique à l'état saturé.

II.4.4 Teste thermique (conductivité thermique)

La conductivité thermique est l'une des propriétés thermo-physiques la plus recherchées pour les matériaux de construction. Cet essai vise à déterminer la conductivité thermique par l'application d'un choc thermique et le suivi de l'évolution de la température au cours du temps.

Le principe consiste à placer un élément chauffant qui se présente sous la forme d'un fil entre les surfaces de deux éprouvettes du matériau à caractériser. Le fil délivre un flux de chaleur sous forme d'échelon afin de produire localement un échauffement de quelques degrés du matériau. Cet échauffement est en règle générale mesuré ponctuellement par thermocouple. C'est l'analyse mathématique grâce un logiciel à interface graphique de cet échauffement qui permet de déterminer la conductivité thermique.



Figure III.28 : Appareil de mesure de la conductivité thermique.

II.5 Tests mécaniques

II.5.1 Résistance à la flexion

L'essai de traction par flexion trois points est effectué sur nos échantillons mortiers (4x4x16) cm³. Le mortier est placé dans une presse hydraulique de marque CONTROLS. Sa capacité maximale est de 200 KN. L'éprouvette est soumise à une charge croissante jusqu'à sa rupture. Les essais ont été réalisés avec une vitesse de chargement de 50 N/s.

La contrainte est calculée à partir de la loi suivante :

$$\sigma = \frac{3LF}{2bh^2}$$

b : largeur de l'éprouvette (mm).

h : hauteur (mm).

l : distance entre les axes (mm).

F : force exercée sur le mortier(N).



Figure II.29 : Machine de tests de flexion.

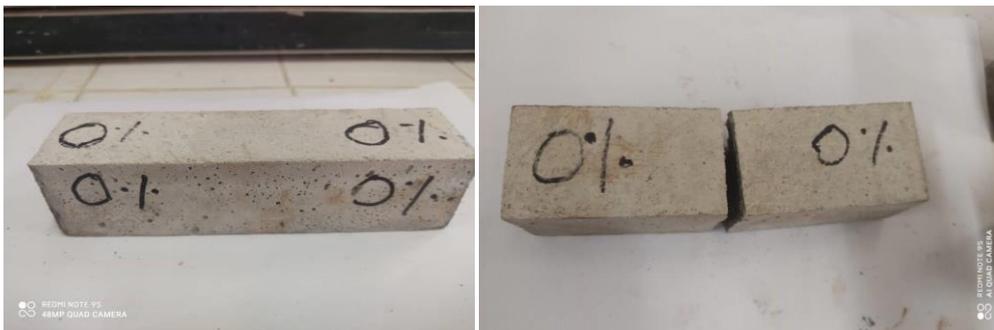


Figure II.30 : Eprouvette de mortier vierge avant et après les tests de flexion.

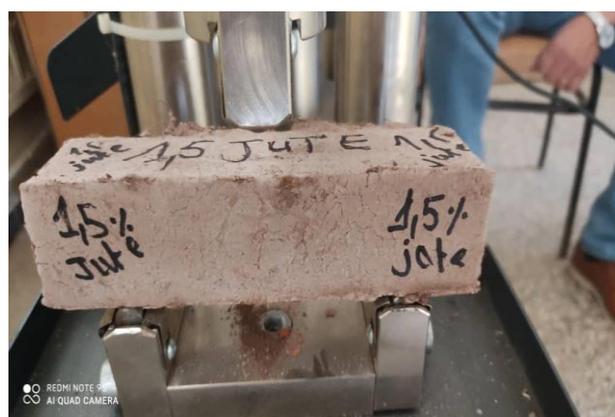


Figure II.31 : Tests de flexion sur la brique.



Figure II.31 : Brique renforcée avec des fibres métalliques avant et après les tests de flexion.

II.5.2 Résistance à la compression

II.5.2.1 Résistance à la compression (norme NF P 18-406)

La résistance mécanique en compression d'un béton ou d'un mortier correspond à la charge de rupture (charge maximale enregistrée) au cours de l'essai d'écrasement sous une contrainte normale axiale. La mise en charge doit se faire d'une manière continue jusqu'à la rupture de l'éprouvette. La résistance mécanique en compression est une caractéristique essentielle du matériau béton ou mortier, c'est le paramètre fondamental de notre étude. Notre objectif dans cette étude est de déterminer les résistances à la compression des différents mortiers à 28 jours.

Les essais de compression sont effectués sur des éprouvettes cubiques ($4 \times 4 \times 4$) cm³ les morceaux restant du teste flexion, en utilisant une presse de capacité maximale de 200 KN. La résistance en compression a été évaluée suivant la norme NF P 18-406. Les essais ont été réalisés avec une vitesse de chargement de 2400 N/s.

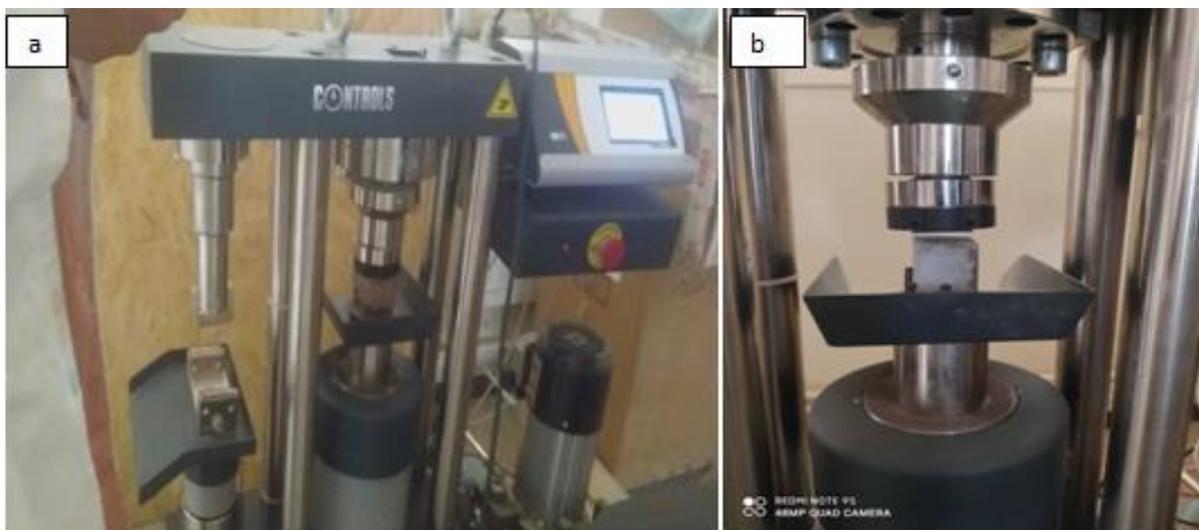


Figure II.33 : (a): Presse CONTROLS ; (b): Eprouvette soumis aux tests de compression.



Figure II.34 : Eprouvette de mortier vierge avant et après les tests de compression.



Figure II.35 : Brique vierge avant et après les tests de compression.

Référence bibliographique

[1]: <https://www.gica.dz/montage-et-maintenance-industriels-smif-sme/>.

[2]: <https://www.standard-sand.com/sables-cen-en-196-1/>.

[3]: https://www.asterre.org/wp-content/uploads/2020/12/GBP_BRIQUE_20-web.pdf.

[4] :**O.A. Ahmed**(2019) Effet du sable sur la durabilité du béton de terre stabilisé. Mémoire fin d'étude. Université el bachir el ibrahimi Bordj Bou Arréridj. Algérie.

[5] : **F.Belaid.** (2019). Etude de l'influence des ajouts des noyaux de dattes broyées (NDB) sur les caractéristiques physico-mécaniques et thermiques d'une brique en terre crue compriemer (BTC). Université de Bejaia. Algérie.

[6] : **B. ilham** (2016) Influence de l'ajout de la poudre de marbre sur le comportement mécanique d'un mortier. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou. Algérie.

[7] : <https://calnesis.com/atg-analyse-thermogravimetrique/>

[8]: **O. Malika**(2016). Effet du taux et de la taille des fibres lignocellulosiques sur les propriétés diélectriques des composites (pvc/diss). Université mouloud mammeri de Tizi-Ouzou. Tizi-Ouzou Algérie.

[9] : **P. Jonathan** (2017). Formulation et caractérisation d'un composite cimentaire biofibré pour des procédés de construction préfabriquée (Thèse de doctorat). L'Université de Caen Normandie. Normandie.

[10] :<http://scibs.dz/wp-content/uploads/2020/04/FICHE-TECHNIQUE-FINALE-BETON.pdf>.

Chapitre III

Résultats et discussions

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1 Analyse par IRTF

III.1.1 Fibres de jute

La figure III.1 présente le spectre IRTF de la fibre de jute.

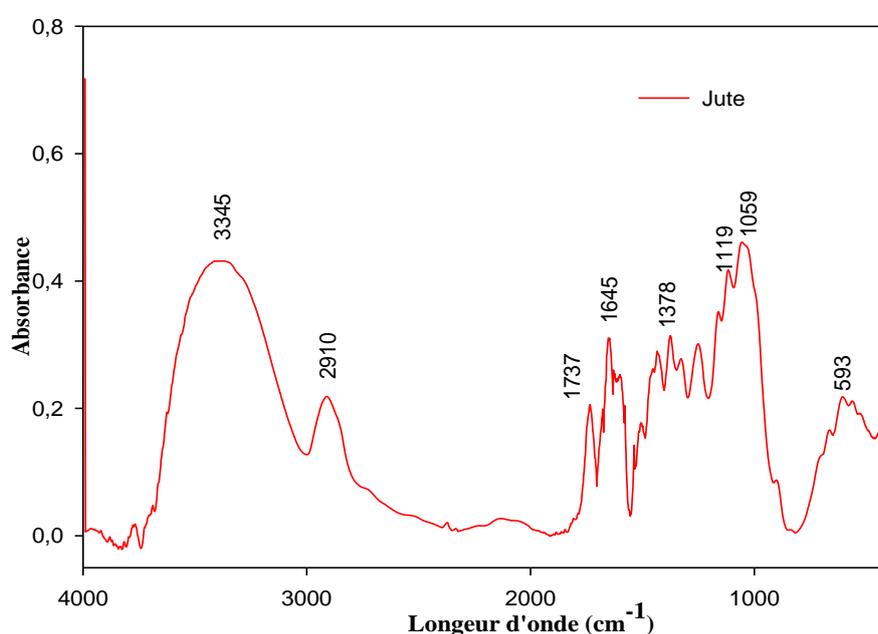


Figure III.1 : Spectre IRTF de la fibre jute.

D'après la figure III.1, le spectre IRTF de la fibre de jute présente plusieurs pics caractéristiques notamment :

- ✓ On remarque des pics larges dans la région 3345cm⁻¹ correspond aux vibrations d'élongation des groupements hydroxyle contenus dans la cellulose de la fibre.
- ✓ Un pic situé à 2910 cm⁻¹ attribué aux vibrations d'élongation des CH aliphatiques contenus dans les composés organiques de la fibre (polysaccharides et aux graisses) ;
- ✓ Un pic situé à 1737 cm⁻¹ correspond aux vibrations d'élongation des groupements C=O présents dans l'hémicellulose et la pectine.
- ✓ Un pic situé à 1645cm⁻¹ correspond à l'eau absorbée ;

- ✓ Une très large bande avec des pics à 1460, 1377 et 1306 cm^{-1} correspondants aux vibrations de déformation du CH_3 , à l'élongation du groupement C-O et à la vibration de la liaison C-O-H, respectivement.
- ✓ Succession de pics au alentour de 1378 cm^{-1} correspondants aux vibrations de déformation du CH_3 , à l'élongation du groupement C-O et à la vibration de la liaison C-O-H, respectivement.
- ✓ Une série de pics entre 1100 et 550 cm^{-1} caractéristiques des vibrations d'élongations des liaisons C-C et C-H et la bande cristalline C-O-C.

III.1.2 Fibres de polypropylène

La figure III.2 montre le spectre IRTF de la fibre de polypropylène.

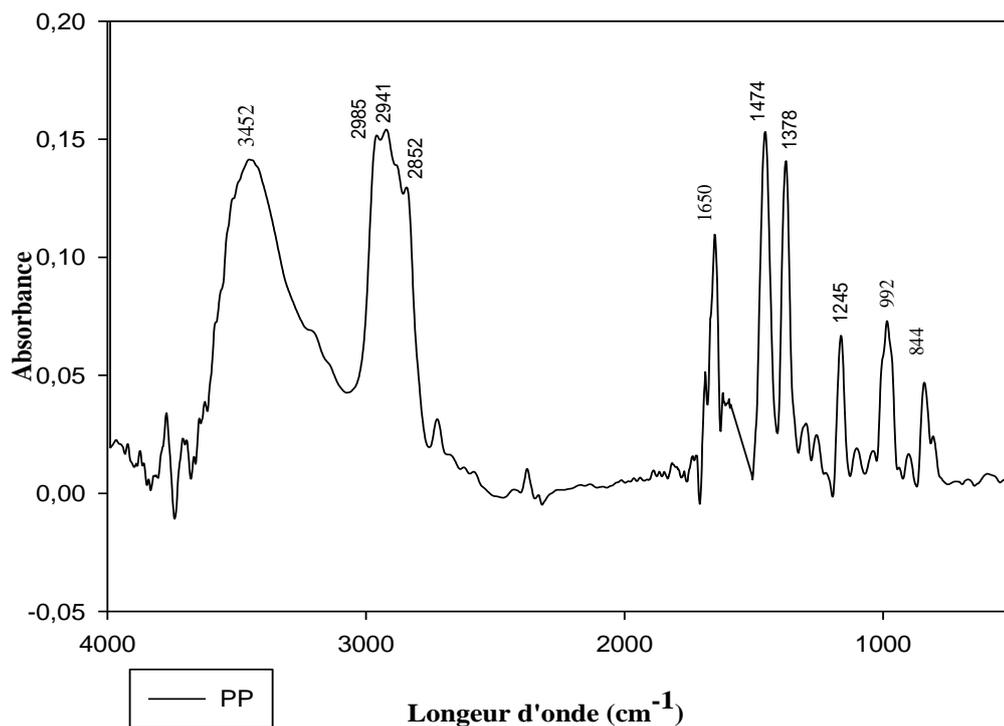


Figure III.2 : Spectre IRTF de la fibre polypropylène.

La figure III.2 montre les spectres IR-TF des fibres PP. Le spectre IRTF du PP révèle la présence de plusieurs bandes d'absorption, on cite notamment :

- Une bande large avec un pic centré à $3600-3000\text{ cm}^{-1}$ attribuée à la vibration d'élongation asymétrique du groupement CH_3 ,
- Une large bande avec des pics à 1474 , 1378 et 1245 cm^{-1} correspondants aux vibrations de déformation du CH_3 , à l'élongation du groupement C-O et à la vibration de la liaison C-O-H, respectivement.

III.2 Analyses thermogravimétriques ATG

III.2.1 ATG et DTG de la fibre de jute.

On observe à partir des thermogrammes représentés ci-dessous, une légère perte de masse pour une température d'environ 100°C . Celle-ci correspond à l'évaporation de l'eau absorbée par les fibres de jute.

Un palier de 260 à 401°C : correspond à la dégradation et à la décomposition des hémicelluloses et des pectines.

La troisième phase décrivant un pic à 495°C et correspondant à la décomposition de la lignine [1].

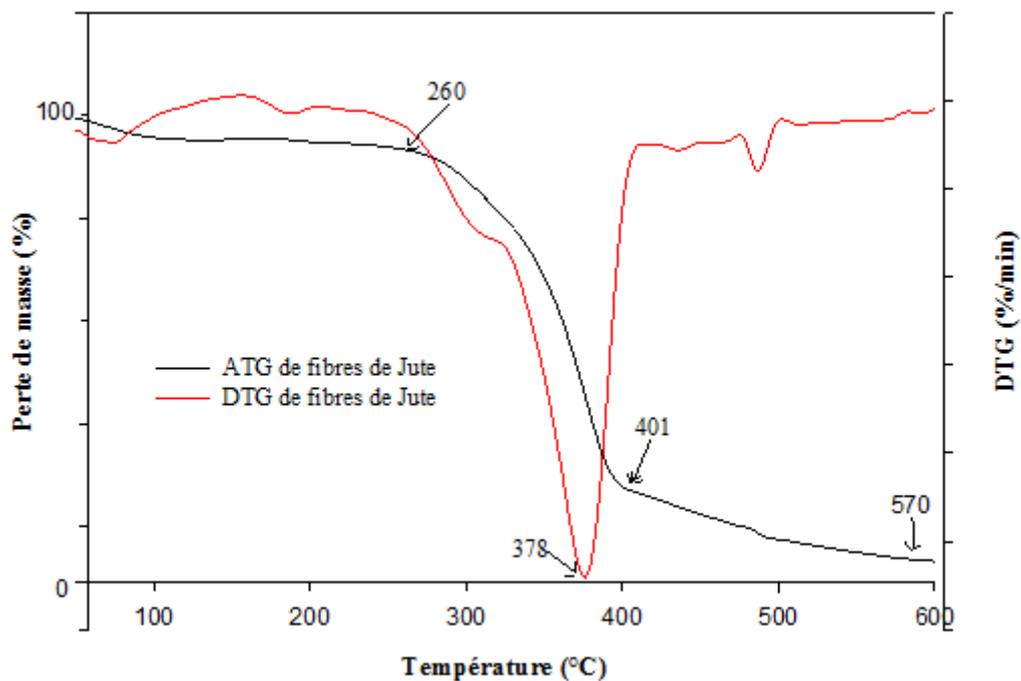


Figure III.3 : Thermogrammes ATG-DTG des fibres de jute.

III.2.2 ATG de la fibre de polypropylène.

La figure III.4 présente les thermogrammes ATG-DTG des fibres PP. Selon le thermogramme ATG présenté en Figure II.4, le processus de dégradation de la fibre de polypropylène débute vers 400 °C et se déroule en une seule étape. Comme prévu, le polypropylène est plus stable thermiquement que certains matériaux polymères (PLA, PHBV, etc.).

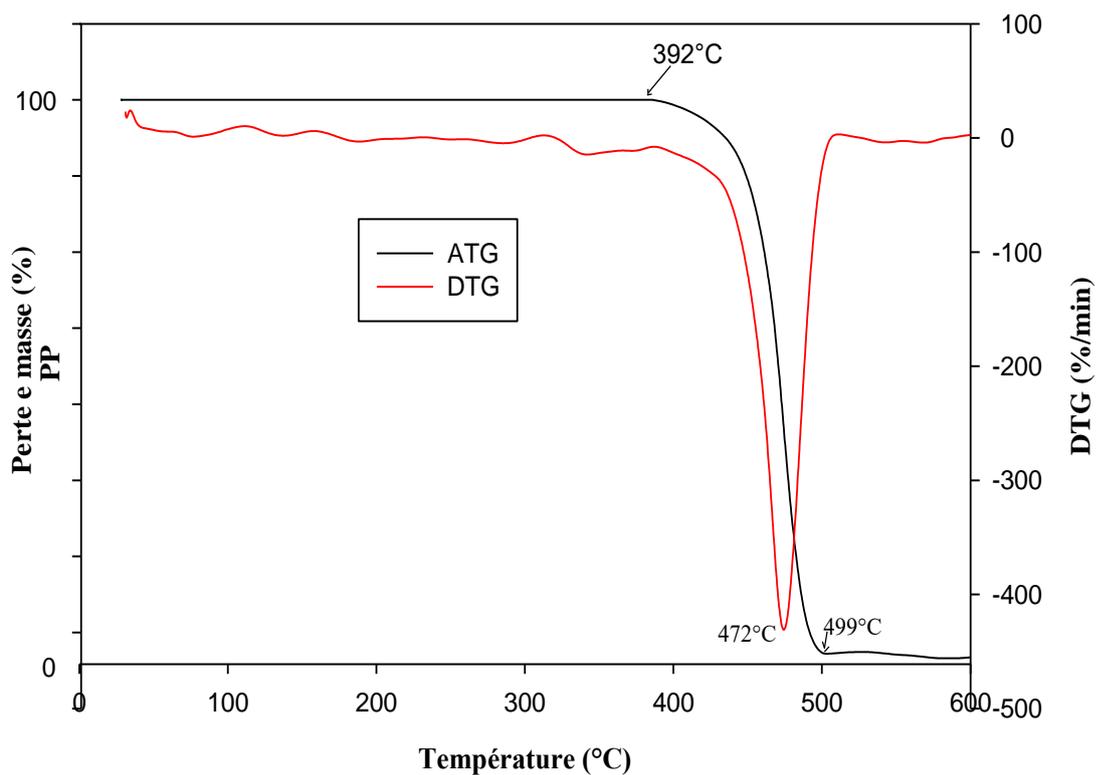


Figure III.4: Thermogrammes ATG-DTG des fibres de polypropylène.

III.3 Etude de la porosité dans les composites à matrice cimentaire

III.3.1 Porosité de la matrice cimentaire renforcé de fibres métal

La figure III.5 présente les valeurs expérimentales de la porosité accessible à l'eau des composite à matrice cimentaire renforcés avec des fibres métalliques

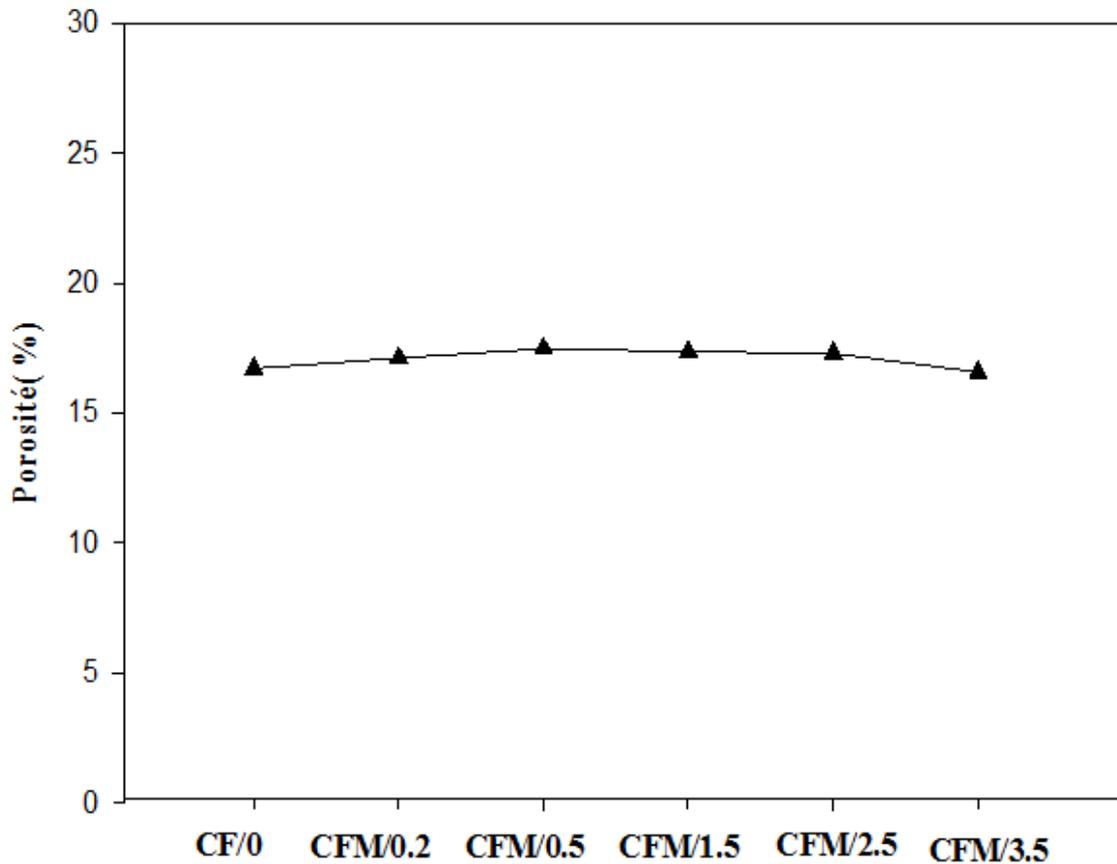


Figure III.5: Evolution de la porosité des composites à matrice cimentaire renforcés de fibres métalliques.

D'après la Figure III.5, les résultats montrent que le mortier vierge affiche une porosité égale à 16.72 %. L'addition de 0,2 % en masse de fibre de métal apporte une porosité de 17.12 %, d'où une augmentation supplémentaire de la porosité entre un mortier sans fibre et un mortier à 0.2 % masse de fibre de métal. Ensuite, la porosité des mortiers à dosage de 0.5, 1.5%, et 2.5, 3.5 % en masse de fibre de polypropylène est supérieure à celle du mortier sans fibres et se stabilise avec des taux de charges plus élevés.

Cette stabilisation de la porosité des composite à matrice cimentaire avec le taux de charge en fibres est liée à la nature de la fibre métallique utilisée, tel que cette fibre a créé un bon contact à l'interface fibre/matrice qui peuvent servirai a des bonnes propriétés mécaniques.

III.3.2 Porosité de la matrice cimentaire renforcée de fibres polypropylène

La figure III.6 présente les résultats de mesure de la porosité des composites à matrice cimentaire renforcés avec des fibres de polypropylène.

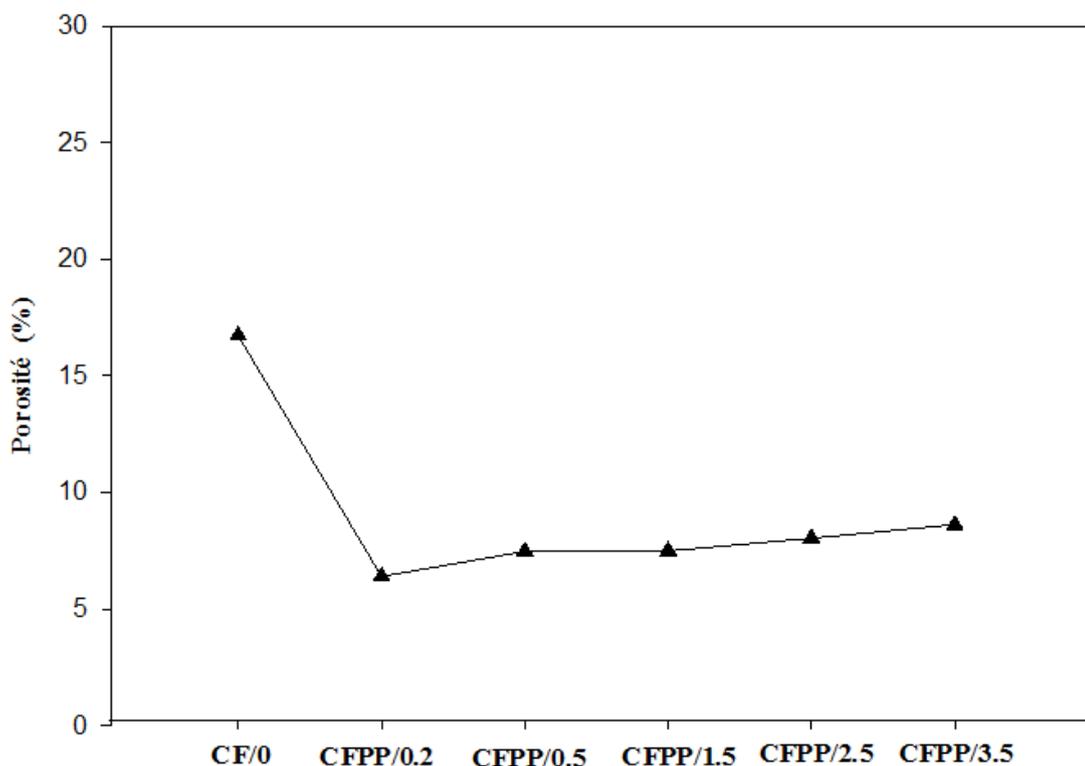


Figure III.6: Evolution de la porosité des composites à matrice cimentaire renforcés avec des fibres de polypropylène.

D'après la Figure III.6, nous pouvons constater que la porosité d'un mortier vierge est d'environ 16.72 %. Alors que celle d'un composite renforcé avec 0.2% en masse de fibres polypropylène à une porosité de 6.39 %. Par ailleurs, la porosité des composite à dosage de 0.5, 1.5, et 2.5 et 3.5 % en masse de fibres de polypropylène est stable.

De plus, la porosité des matériaux composites à base de ciment/fibres de PP est inférieure à celle du ciment vierge. Ce résultat explique que les caractéristiques des fibres de polypropylène aident à éliminer le porche d'air dans la matrice cimentaire. Et aussi ce résultat peut être dû à la nature et le type de la fibre de polypropylène et à sa dispersion dans la matrice cimentaire.

III.3.3 Porosité de la matrice cimentaire renforcé de fibres jute

La figure III.7 présente les valeurs expérimentales de mesure de la porosité des composites à matrice cimentaire renforcés avec des fibres de jute.

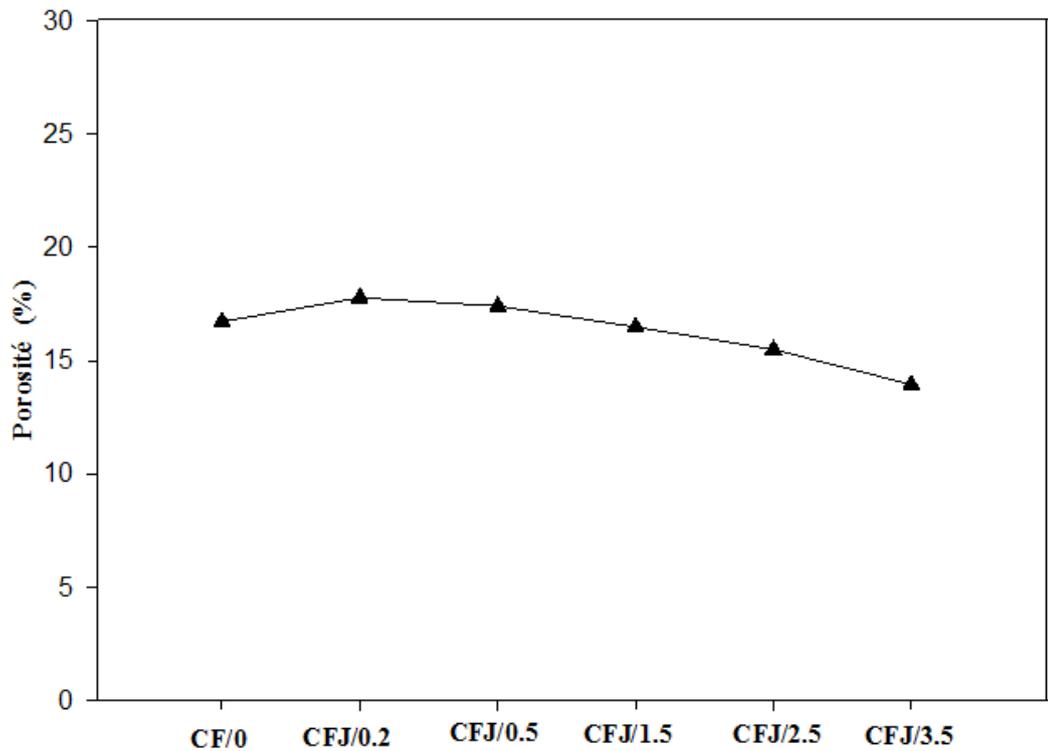


Figure III.7: Evolution de la porosité des composites à matrice cimentaire renforcés des fibres de jute.

D'après la Figure III.7, les résultats montrent un accroissement important de la porosité lors de l'incorporation des fibres jute. Le mortier vierge affiche une porosité égale à 16.72 %. L'addition de 0,2 % en masse de fibres de jute à engendrer une augmentation de la porosité des matériaux composites. D'autres auteurs ont également rapporté une augmentation de la porosité des composites cimentaires lors de l'utilisation de fibres végétales [2, 3].

Par contre, à partir de 0.5% de taux de fibres de jute, on observe une diminution de porosité des composites par rapport à la matrice vierge.

III.4 Etude de la masse volumique sèche dans les composites à matrice cimentaire

III.4.1 Masse volumique sèche de la matrice cimentaire renforcé de fibres métalliques

La figure ci-dessous présente les masses volumiques sèches des composites à matrice cimentaire renforcés de fibres métalliques

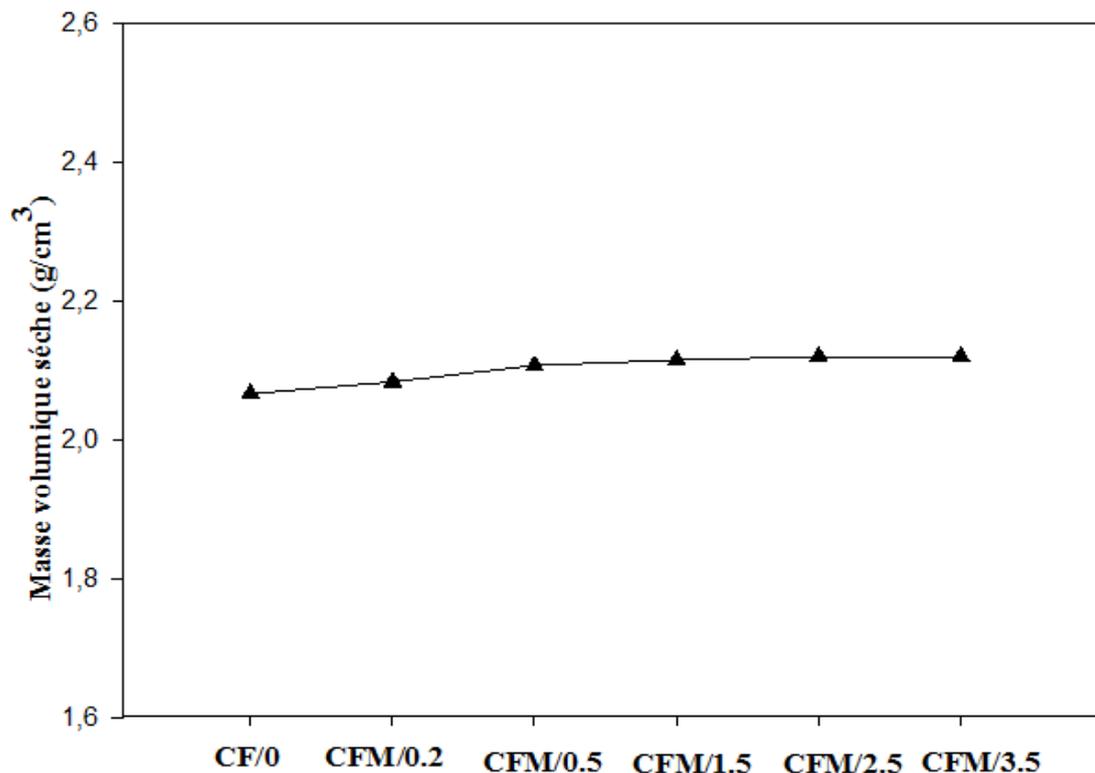


Figure III.8: Evolution de la masse volumique sèche des composites à matrice cimentaire renforcés de fibres métalliques.

D'après la Figure III.8, nous pouvons constater que la masse volumique sèche d'un mortier vierge est d'environ 2.06g/cm³.

Alors que le composite renforcé de 0.2 % en masse de fibres en métal présente une masse volumique sèche de 2.12 g/cm³. Les masses volumiques sèches à dosage 0.2, 0.5 ,1.5 ,2.5 et 3.5 % en masse de fibre de métal sont supérieures par rapport à la masse volumique sèche du mortier vierge.

D'après la littérature scientifique [4], l'évolution de la masse volumique sèche est liée au type et la nature de la fibre. Tel que la masse volumique sèche relative à la porosité pour différentes formulations testées .Généralement, la masse volumique sèche diminue l'orque la porosité accessible à l'eau augmente. Cette tendance est observée pour tous les matériaux composites avec une faible dispersion de charge. Cette dispersion est la conséquence probable d'une évolution non linéaire de la masse volumique en fonction du taux de fibres

III.4.2 Masse volumique sèche de la matrice cimentaire renforcé de polypropylène

La figure III.9 présente les masses volumiques sèches des composites à matrice cimentaire renforcés avec des fibres de polypropylène.

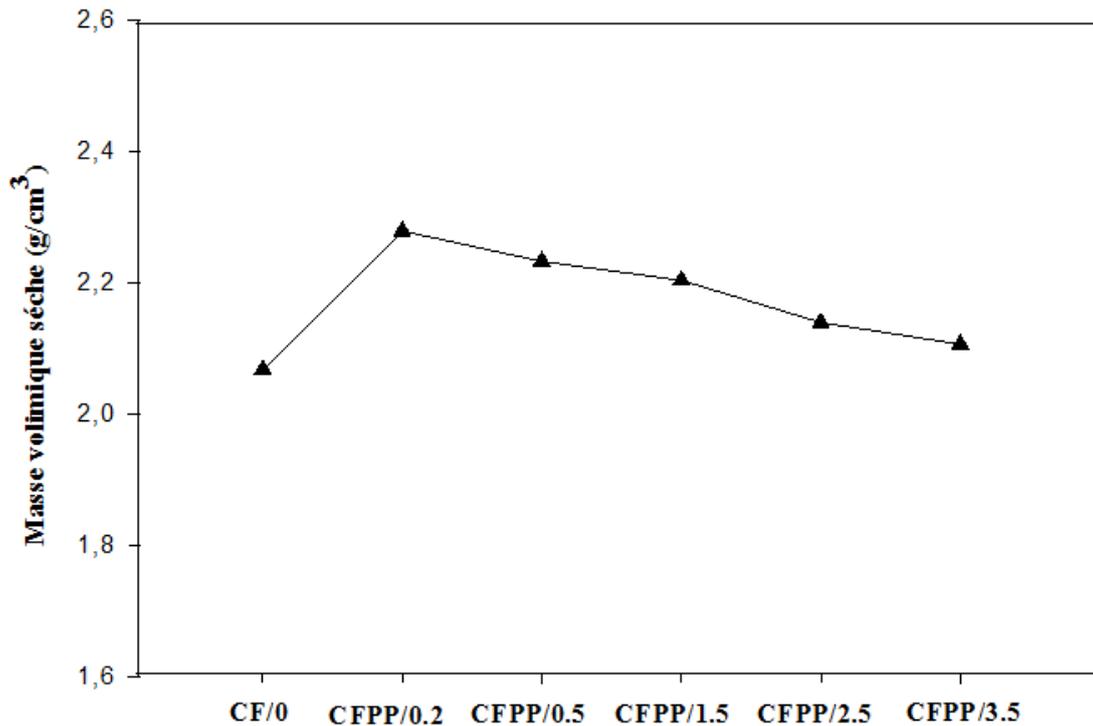


Figure III.9 : Evolution de la masse volumique sèche des composites à matrice cimentaire renforcés de fibres polypropylène.

D'après la figure III.9, on remarque que l'addition 0,2 % en masse de fibres PP engendre une augmentation de la masse volumique des composites par rapport à la matrice vierge. Ensuite, avec l'augmentation de la teneur en fibres de PP, la masse volumique des composites diminue, et se stabilise à partir de 1.5% en masse de charges

Le dosage optimal des fibres de polypropylène dans les mortiers est obtenu pour le pourcentage 0.2% en masse de fibres, qui donne une masse volumique sèche plus élevée. Au-delà de ce seuil, la masse volumique sèche à diminuer légèrement jusqu'à stabilisation.

Il faut noter que durant la mise en œuvre des composites, les fibres de polypropylène conservent leurs formes et leur répartition homogène dans le mortier quel que soit le dosage.

III.4.3 Masse volumique sèche de la matrice cimentaire renforcé de jute

La figure III.10 présente les masses volumiques sèches des composites à matrice cimentaire renforcés des fibres de jute.

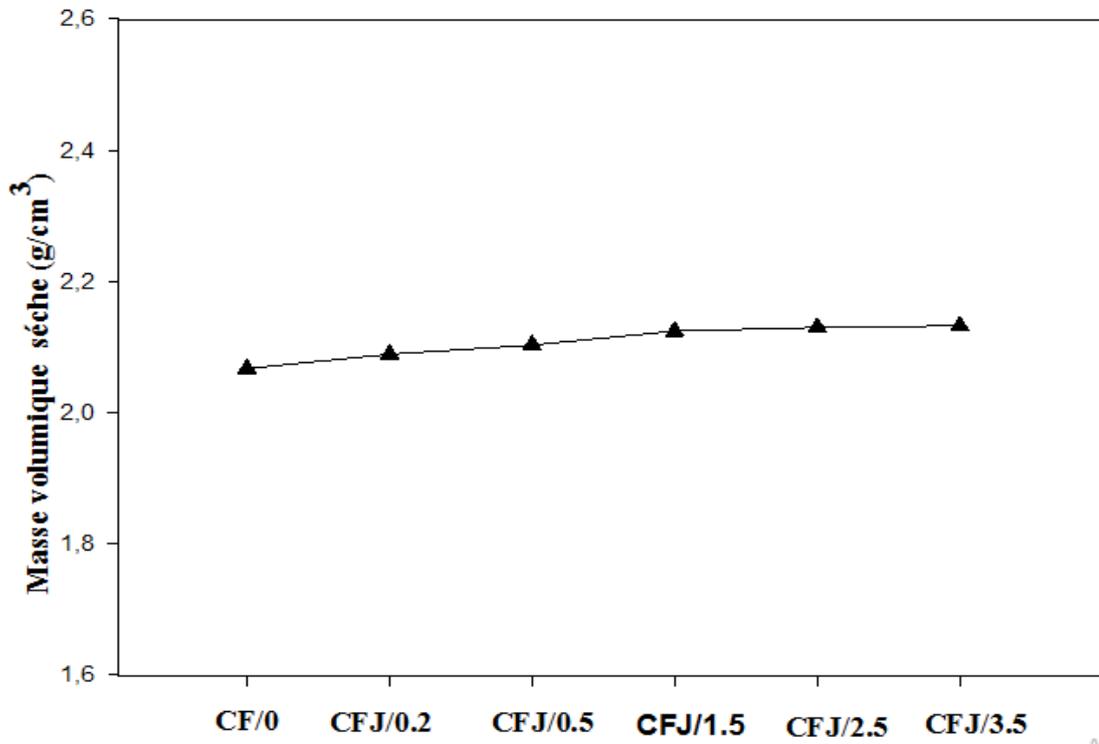


Figure III.10 : Evolution de la masse volumique sèche des composites à matrice cimentaire renforcés de fibres de jute.

D'après la figure III.10, nous pouvons constater que la masse volumique sèche du mortier de référence est d'environ 2.07 g/cm³.

Pour les composites à base de mortier renforcé de 0.2 % en masse de jute présente une masse volumique de 2.08 g/cm³. On observe d'après les résultats obtenus, une légère augmentation de la masse volumique des composites avec l'augmentation de la teneur en fibres de jute et cette augmentation est proportionnelle au taux de charge.

III.5 Test thermique dans la matrice cimentaire

III.5.1 Conductivité thermique de la matrice cimentaire renforcé de métal

La figure III.11 présente la variation de conductivité thermique des composites renforcés avec des fibres métalliques.

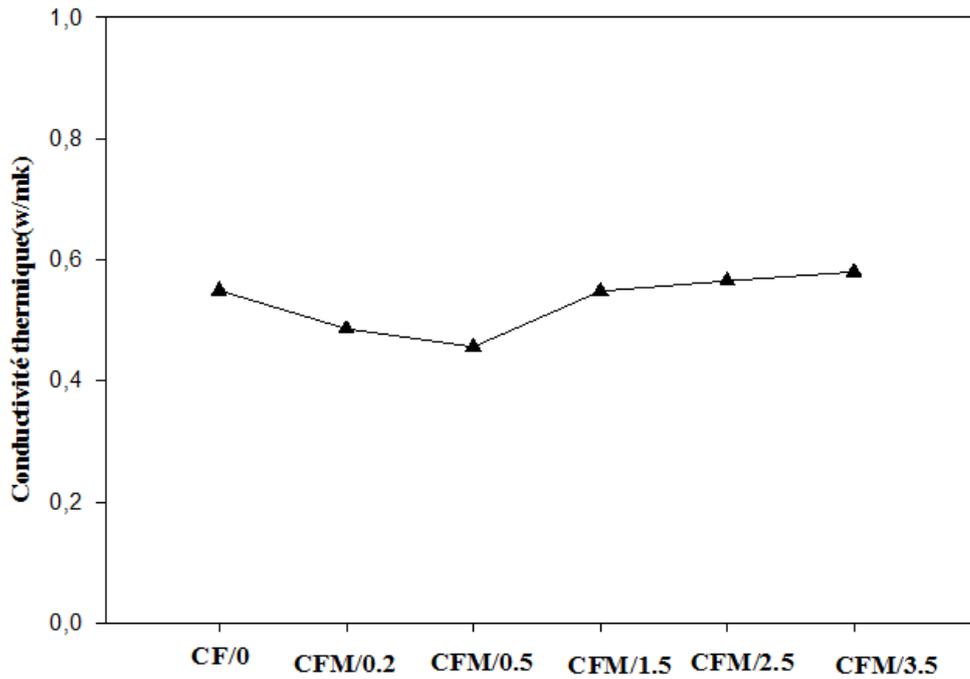


Figure III.11 : Conductivité thermique de composite à matrice cimentaire renforcé de fibres métalliques

D'après La Figure III.11, nous pouvons constater que la conductivité thermique d'une matrice cimentaire vierge est d'environ 0,549 w/m k. L'addition de la fibre de métal de 0,2 à 0,5% en masse de fibres engendre une diminution de la conductivité thermique des matériaux par rapport à la matrice. Par ailleurs, pour des taux de charge en métal qui dépasse 0.5% en masse de fibres métalliques, la conductivité thermique augmente. Ce résultat peut être expliqué aux caractéristiques des fibres. Les fibres métalliques sont des matériaux conducteurs de chaleur et qui présentent un grand coefficient de conductivité thermique comparativement aux autres charges.

III.5.2 Conductivité thermique de la matrice cimentaire renforcé de polypropylène

La figure III.12 présente la conductivité thermique des composites renforcés avec des fibres de jute.

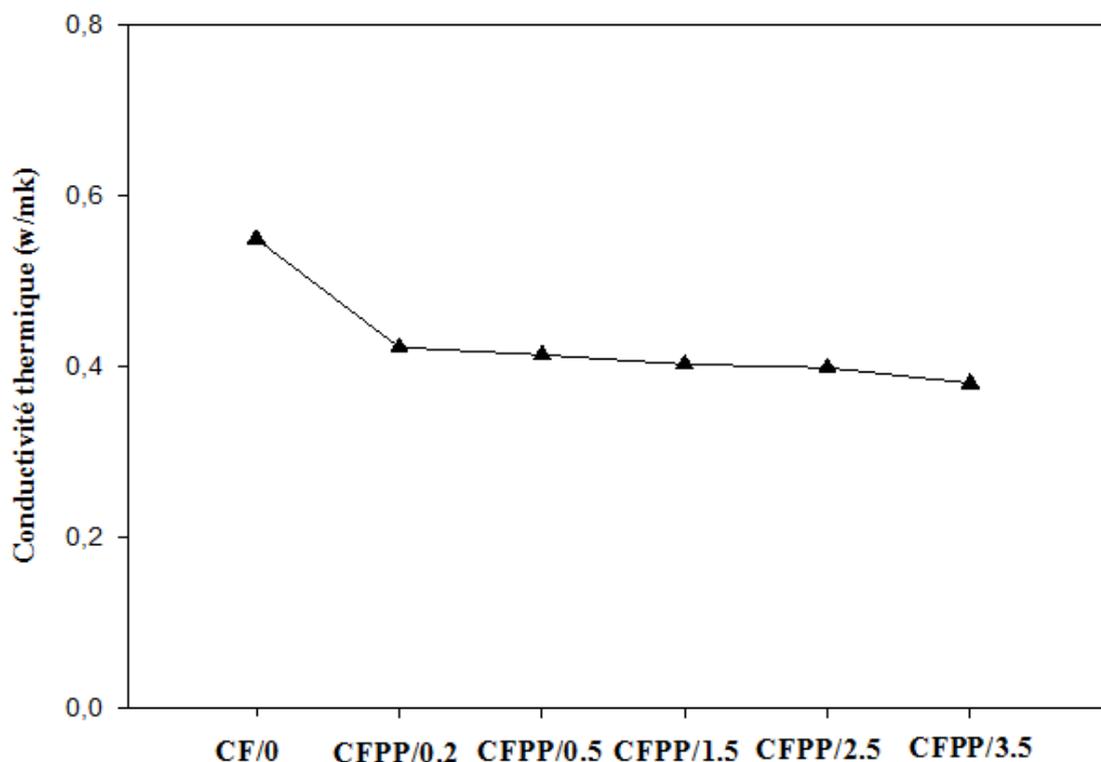


Figure III. 12 : Conductivité thermique de composite à matrice cimentaire renforcé de fibres de polypropylène.

D’après la figure III.12, l’addition des fibres de Polypropylène dans une matrice cimentaire conduit à une diminution de la conductivité thermique des matériaux composites par rapport au matériau non chargé. De plus, la diminution de la conductivité thermique est proportionnelle au taux de fibres en PP. Comme attendu, les fibres en polypropylène sont des matériaux isolants de chaleur qui présentent un très faible coefficient de conduction thermique, et l’incorporation de ces fibres dans une matrice cimentaire induit à une diminution de la conductivité thermique de ces matériaux. Ces résultats montre que les composites à matrice ciment et fibres PP sont des matériaux isolants par rapport à la chaleur.

III.5.3 Conductivité thermique de la matrice cimentaire renforcé de jute

La figure III.13 montre la conductivité thermique des composites à matrice cimentaire renforcés de fibres de jute.

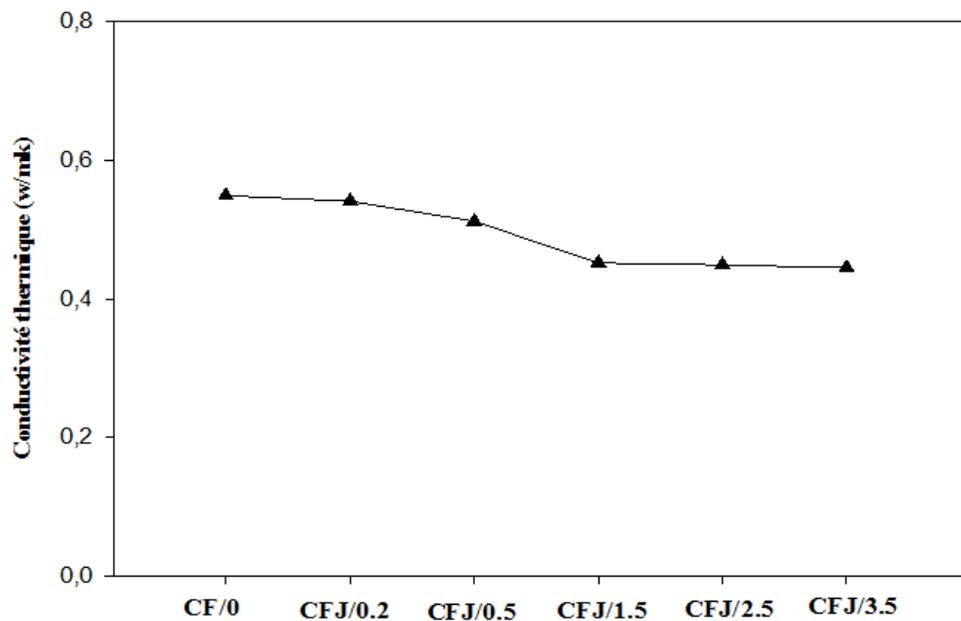


Figure III.13 : Conductivité thermique de composite à matrice cimentaire renforcé de fibres de jute.

D'après la figure III.13, nous pouvons remarquer que la conductivité thermique d'une matrice cimentaire de ciment vierge est d'environ 0,549 w/ m k. D'après les résultats obtenus, on remarque les mêmes observations que celle observées dans le cas des composites renforcés avec de fibres PP. L'addition des fibres de jute dans une matrice cimentaire engendre une diminution de la conductivité thermique des matériaux, ce résultat est attendu aussi vu le caractère isolant des fibres végétale par rapport à la conductivité thermique.

III.6 Conductivité thermique à matrice argile

III.6.1 Conductivité thermique à matrice argile renforcé de fibres de polypropylène

La figure III.14 montre la conductivité thermique des composites à matrice argile renforcés de fibres de PP

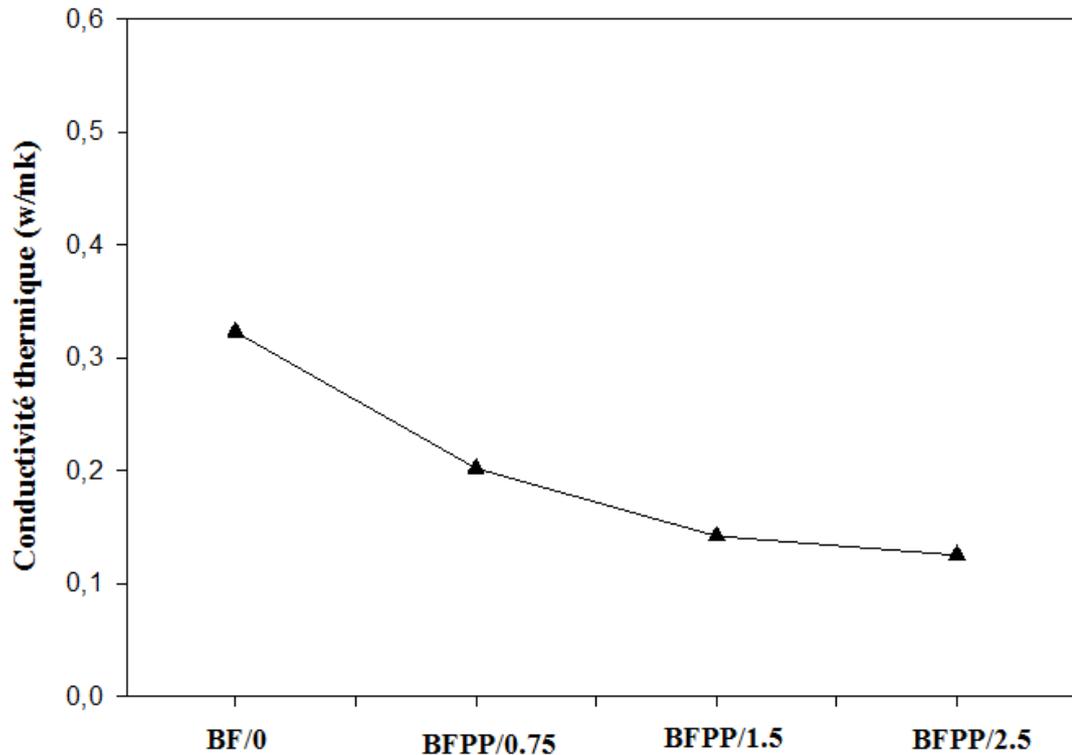


Figure III.14 : Conductivité thermique de composite à matrice argile renforcé de fibres PP.

D'après les résultats obtenus, nous pouvons constater que la conductivité thermique d'une matrice argileuse de référence est d'environ 0,323 w/ m k .On remarque que l'ajout des fibres de PP dans une matrice argileuse engendre une diminution de la conductivité thermique. La diminution de la conductivité est beaucoup plus importante avec des taux de charge plus élevé. Les matériaux composites à base d'argile et fibres PP sont des matériaux isolants par rapport à la chaleur.

III.6.2 Conductivité thermique de la brique renforcé de fibres de jute

La figure III.15 montre la conductivité thermique des composites à matrice argile renforcés de fibres de jute.

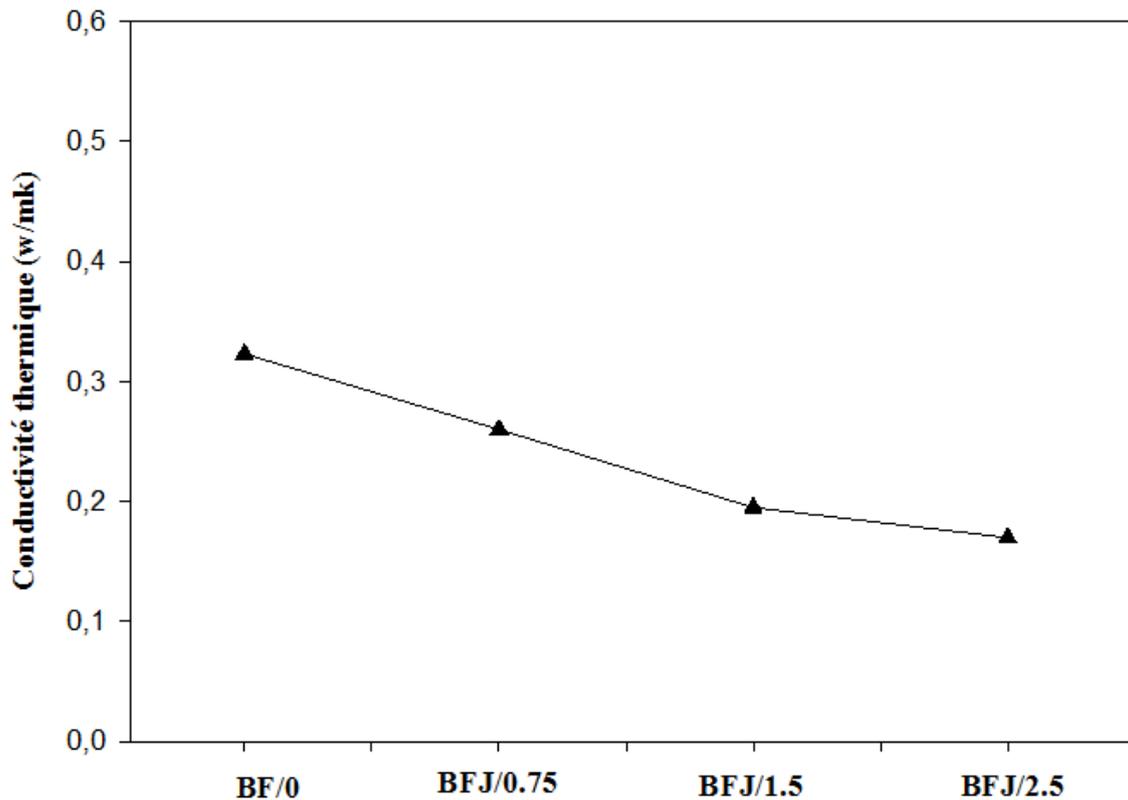


Figure III.15 : Conductivité thermique de composite à matrice argile renforcé en fibres jute.

D'après la figure III.15 montre les résultats obtenus, nous pouvons constater que la conductivité thermique d'une matrice argileuse référence est d'environ 0,323 w/ m k.

D'après les résultats de la figure III.15, on peut voir que l'ajout des fibres de jute dans une matrice argileuse génère une diminution de la conductivité thermique. La diminution de la conductivité est importante avec l'augmentation des taux de charge. Les matériaux composites à base d'argile et fibres jute sont des matériaux isolants par rapport à la chaleur comparativement à la matrice vierge. Mêmes observations sont rapportées par Khedari et al. [5] et Millogo et al. [6]. Les auteurs ont rapporté que la conductivité thermique des composites à matrice argile diminue en présence des fibres végétales comme renfort.

III.7 Tests mécaniques.

III.7.1 Résistance à la flexion

Les résultats de la résistance à la flexion de matrice cimentaire renforcée de fibres métalliques sont présentés dans la figure ci-dessous (Figure III.16).

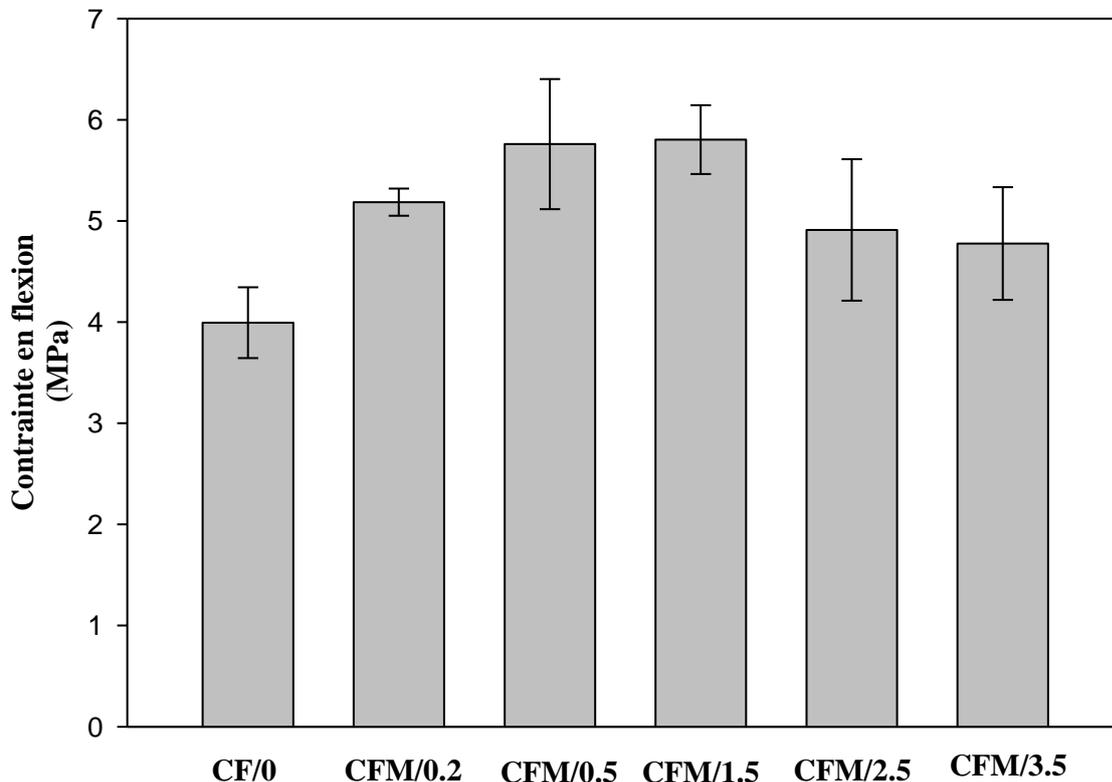


Figure III. 16: Résistance à la flexion de composite à matrice cimentaire renforcé de fibres métalliques.

D'après la Figure III.16, la résistance à la flexion dans les composites à matrice cimentaire renforcée avec des fibres de métal est élevée dans les différents dosages étudiés par rapport à la matrice non chargée ; cela signifie que les fibres de métal améliorent d'avantage les propriétés mécaniques de la matrice cimentaire. On remarque aussi que la résistance atteint sa valeur maximum avec un dosage de 1.5% en masse de fibres métalliques (augmentation de 45% de la contrainte). L'amélioration des propriétés mécaniques en flexion avec l'ajout des fibres de métal, est due à la présence d'une fibre dure qui confère une grande rigidité à la matrice cimentaire et pourrait être liée aussi à une meilleure dispersion des fibres métalliques et bon adhésion inter faciale entre fibres-matrice.

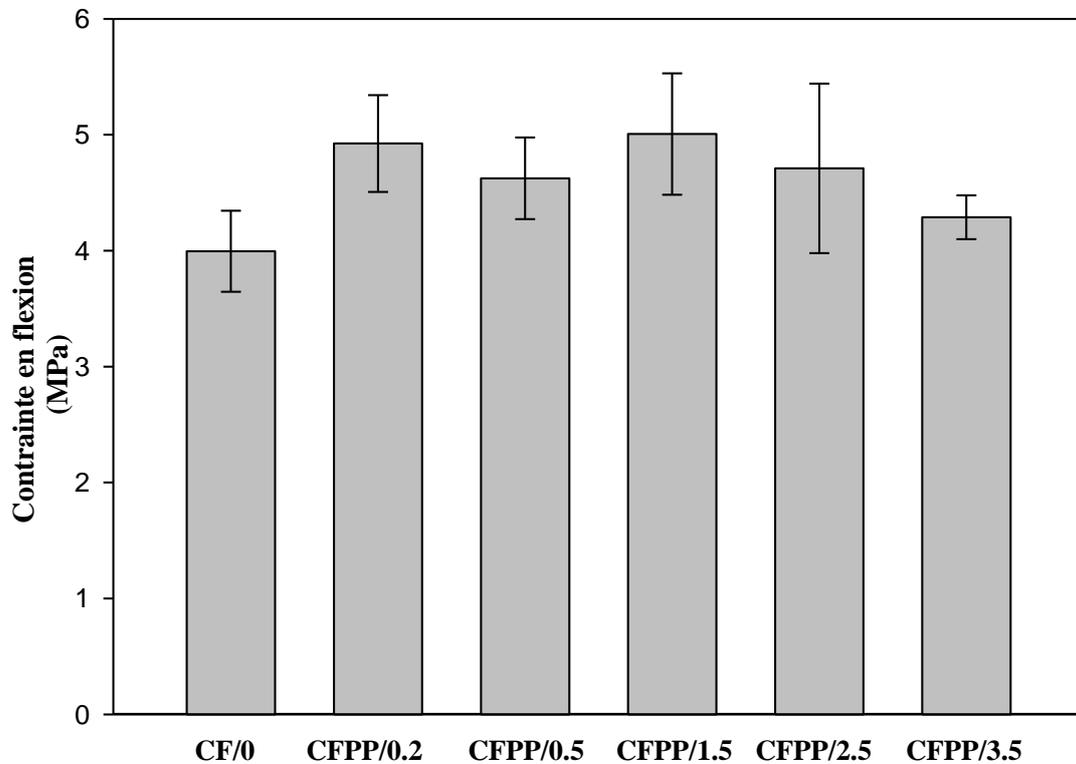


Figure III.17: Evolution de la résistance à la flexion de composite à matrice cimentaire renforcé de fibres de polypropylène.

En figure III.17, on observe que la valeur de la résistance à la flexion de la matrice cimentaire augmente avec l'ajout des fibres de PP ou jute.

Le mortier renforcé de fibres de PP et jute montrent des résistances plus élevées par rapport à la matrice vierge, du fait des très hautes propriétés mécaniques des fibres de PP et jute. Cela fait penser que les variations de résistance à la flexion observées sur ce mortier en flexion seraient dues à la distribution des fibres plutôt qu'à un problème d'hydratation de la matrice cimentaire.

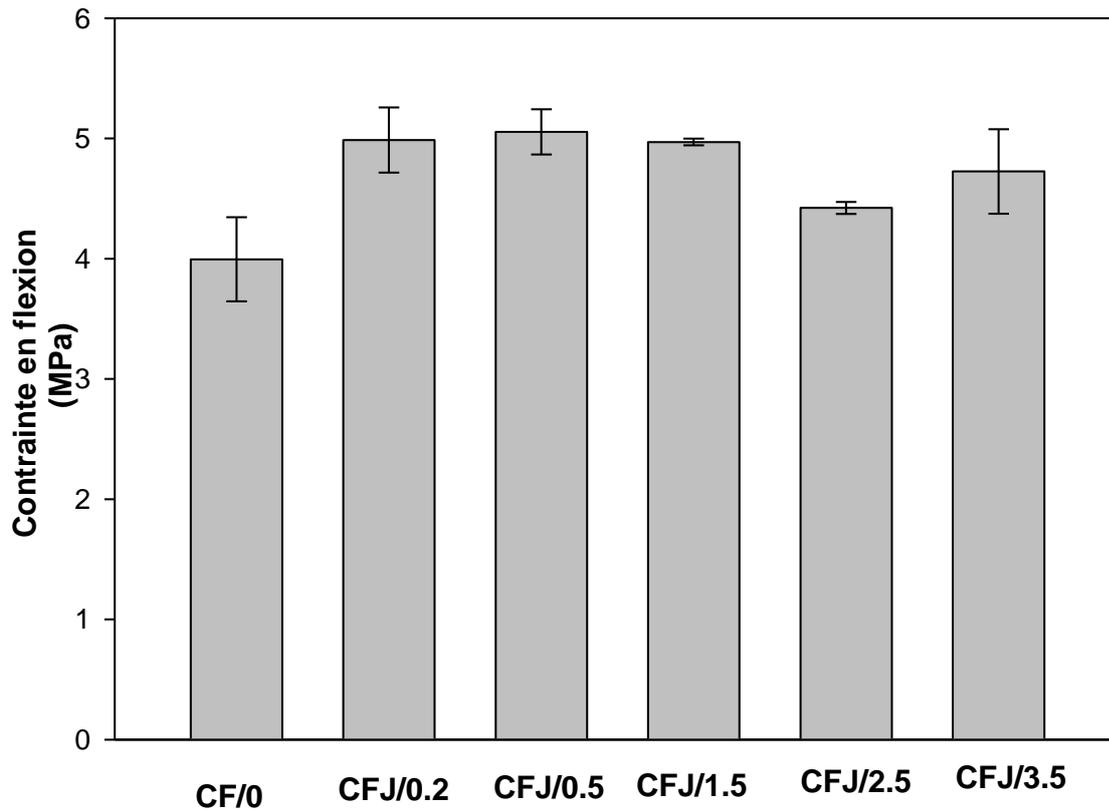


Figure III.18: Evolution de la résistance à la flexion de composite à matrice cimentaire renforcé de fibres de jute.

III.7.1.1 Influence de la nature des fibres et différents taux charge sur les performances mécaniques des mortiers (matrice cimentaire)

La comparaisant des différents résultats de la résistance à la flexion de la matrice cimentaire renforcée de différents types de fibres et différents taux de charge de fibre sont présentés dans l'histogramme suivant :

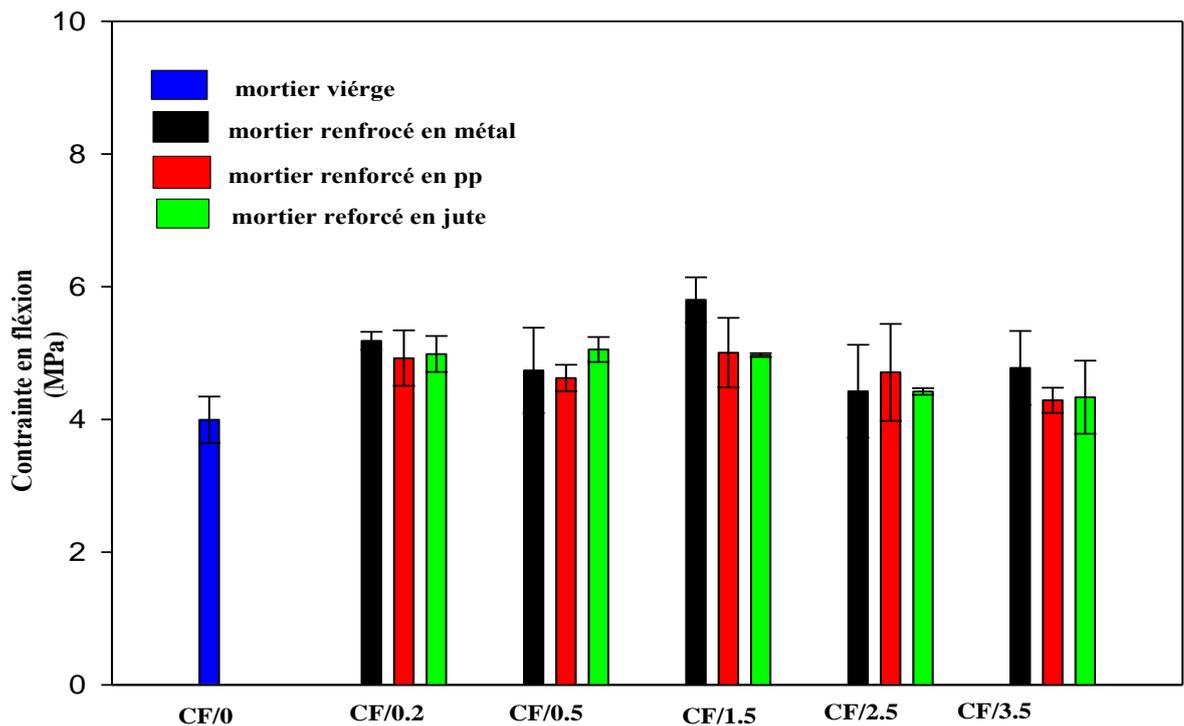


Figure III.19: Evolution de la contrainte en flexion de composite à matrice cimentaire renforcé de différents types de fibres et aux différents taux de charge.

D'après la figure III.19, la résistance à la flexion de la matrice cimentaire renforcé donne de différents résultats de résistance à la flexion des mortiers qui sont égaux en résistance et ceux qui ont une augmentation de résistance par rapport au mortier sans fibres (CF/0), cela traduit l'influence des différentes fibres dans la matrice cimentaire.

Les mortiers renforcés à des taux de 0.2% en masse de fibres, ont une légère différence dont le mortier renforcé en métal CFM/0.2, qui a pris une bonne supériorité de résistance à la contrainte en flexion de (5%) par rapport à d'autre mortier renforcés CFPP/0.2 et CFJ/0.2.

Les mortiers renforcés à des taux de 0.5% de fibres, ont une différence de résistance en flexion dont le mortier renforcé avec des fibres de jute CFJ/0.5 pris une bonne augmentation de résistance à la contrainte en flexion de (9%) par rapport à d'autre mortier renforcés CFM/0.5 et CFPP/0.5.

Les mortiers renforcés à des taux de 1.5% en masse de fibres ont une différence importante de résistance dont le mortier renforcé en métal CFM/1.5 a pris une augmentation

de résistance à la contrainte en flexion de (24%) par rapport au mortier CFJ/1.5 et (14%) au mortier CFPP/1.5.

Les mortiers renforcés à des taux de 2.5% et 3.5% en masse de fibres ont une légère différence de résistance dont le mortier renforcé en CFPP/2.5 et CFM/3.5 respectivement ont pris une augmentation de résistance à la contrainte en flexion par rapport au mortier sans fibre.

D'après les résultats de comparaison de teste de la contrainte en flexion de la matrice cimentaire renforcé de différents taux et de différents types de fibres on constate que le mortier renforcé avec des fibres de métal donne la résistance la plus importante en flexion avec un pourcentage de fibres de 1.5% en masse.

III.7.2 Résistance à la compression

III.7.2.1 Résistance en compression sur la matrice cimentaire renforcé des fibres métallique

Les résultats de la résistance à la compression de composites cimentaire renforcés de fibres métalliques sont présentés dans la figure ci-dessous.

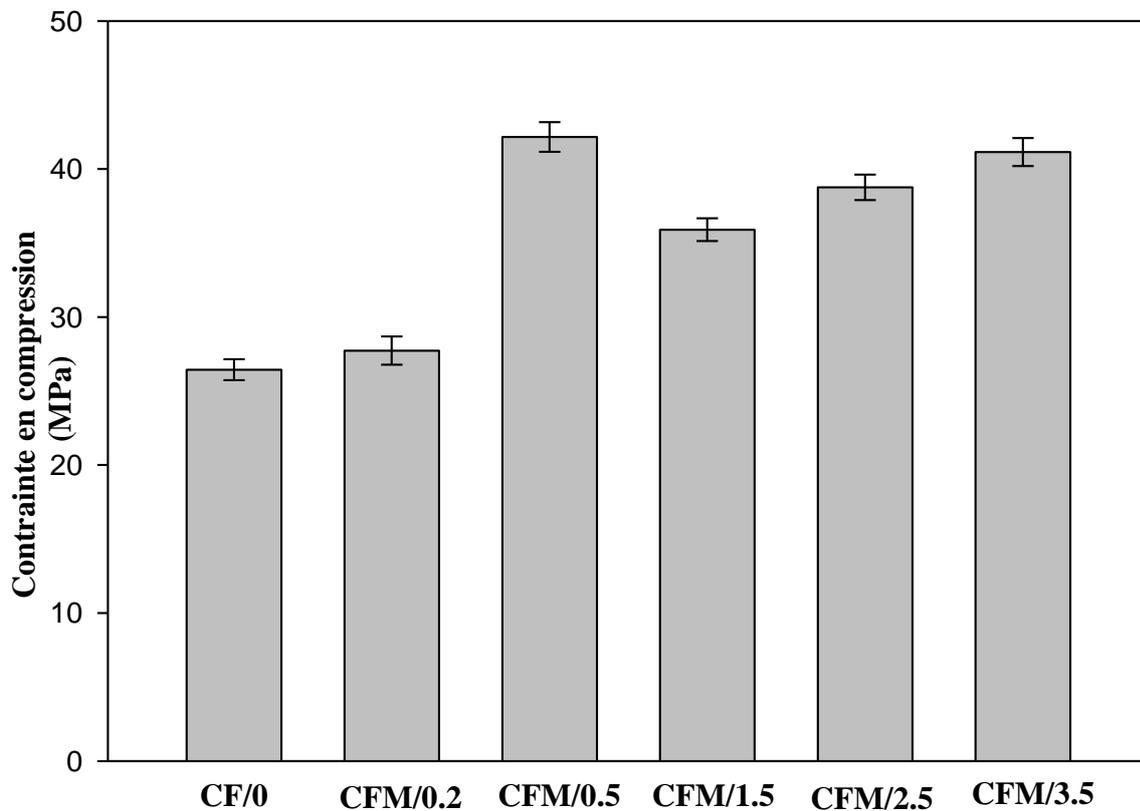


Figure III.20: Evolution de la résistance à la compression de composite à matrice cimentaire renforcé de fibres métalliques

D'après la figure III.20, on remarque que la contrainte en compression pour les différents mortiers renforcés avec des fibres de métal présentent de meilleure résistance à la compression.

- ✓ Dans le mortier à 0.2% en masse de fibre en métal, le matériau présente une augmentation de 4% par rapport au mortier vierge.
- ✓ Une augmentation de la résistance à la compression dans le composite CFM/1.5 ; CFM/2.5 et CFM/3.5 en allant de 35 à 55% d'augmentation par rapport à la matrice vierge.

L'amélioration de la résistance à la compression dans le mortier renforcés en fibres de métal et liée à la correspondance entre la masse volumique des mortiers, la porosité, la dispersion des fibres dans le composite et enfin la compatibilité des fibres métallique avec les composants de mortier.

Ce résultat est en accord avec les résultats de la porosité et la masse volumique sèche de mortiers renforcés de métal (une porosité faible et masse volumique sèche augmente équivalant une résistance en compression élevées).

III.7.2.2 Résistance à la compression sur la matrice cimentaire renforcé des fibres polypropylène

Les résultats de la résistance à la compression de composites cimentaire renforcés de fibres PP sont présentés dans la figure ci-dessous.

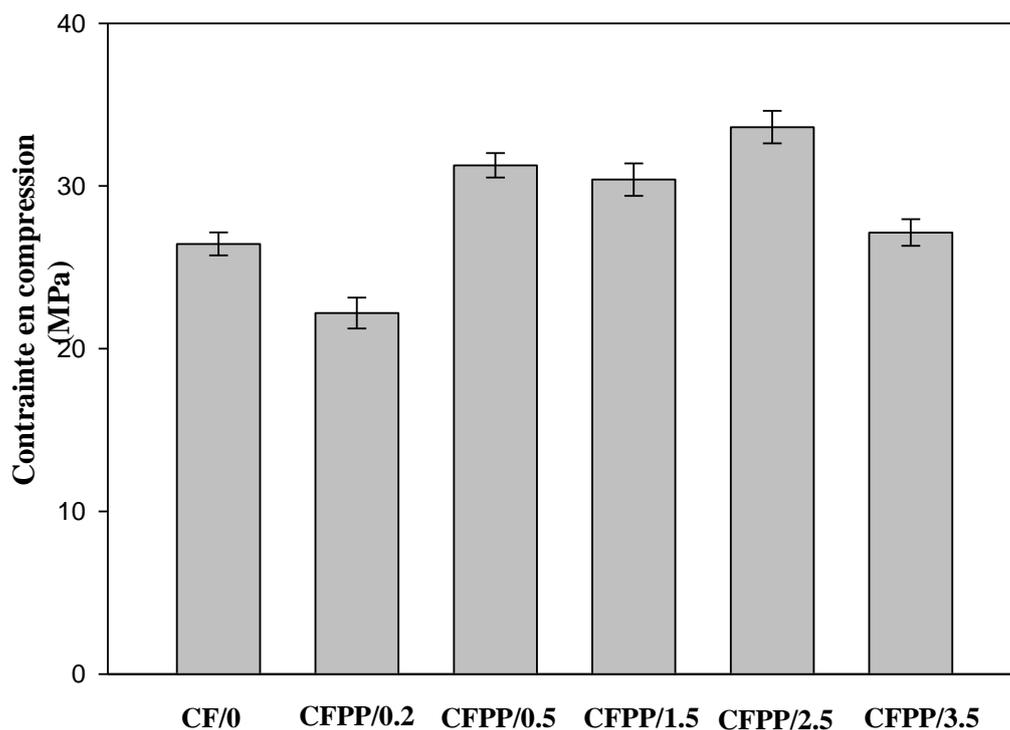


Figure III.21 : Evolution de la résistance à la compression de composite à matrice cimentaire renforcé de fibres de polypropylène.

D'après la figure III.21. On remarque que la contrainte en compression pour les différents mortiers fibrée de PP sa donne une bonne augmentation de 25 % dans la matrice CFPP/0.5 comparé au mortier sans ajouts CF/0. De plus on note aussi :

- ✓ Une diminution de 16% de résistance dans le mortier CFPP/0.2
- ✓ Une augmentation très importante de la résistance de (25% ; 14% ; 27%) respectivement dans la matrice CFPP/0.5 ; CFPP/1.5 et CFPP/2.5. ce qui explique que la

fibres crée un bon contact à l'interface fibre-matrice qui peuvent améliorer la propriété mécanique de la matrice cimentaire.

Ces résultats sont en accord avec ceux de la porosité et de masse volumique sèche. Lors que la résistance en compression des mortiers renforcés de la fibre de PP élevée équivaut à une porosité faible et masse volumique sèche augmente.

III.7.2.3 Résistance en compression de la matrice cimentaire renforcée avec des fibres jute

Les résultats de la résistance à la compression de composites cimentaire renforcés de fibres de jute sont présentés dans la figure ci-dessous.

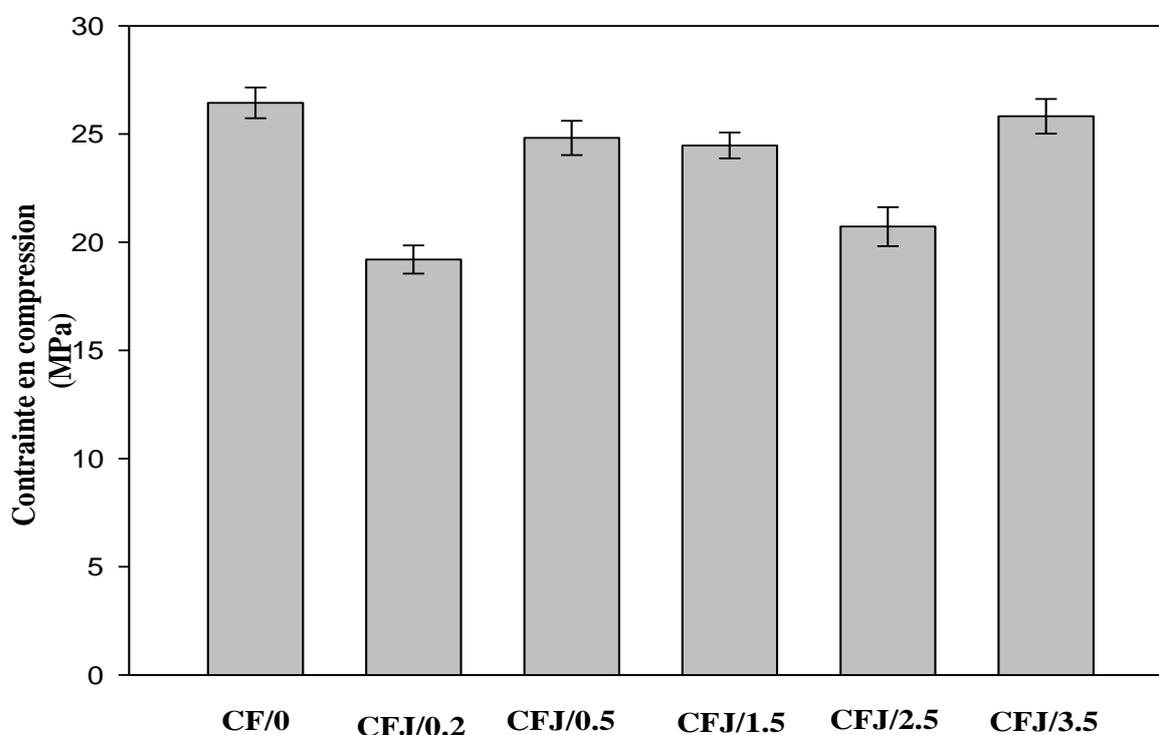


Figure III.22 : Evolution de la résistance à la compression de composites à matrice cimentaire renforcées de fibres de jute.

D'après la figure III.23, on remarque une diminution de la contrainte en compression dans le cas des composites chargés avec 0.2 et 2.5 % en masse de fibres de jute par rapport à la matrice de référence CF/0, ce qui explique que la fibre de jute a créé des défauts supplémentaires à l'interface fibre-matrice qui peuvent servir d'amorce à l'endommagement. Par contre, la contrainte en compression dans le cas des composites préparés avec les taux de 0.5, 1.5 et 3.5 %

en masse de fibres de jute est proche de celle de la matrice vierge. Par conséquent, les fibres de jute n'apportent pas d'amélioration appréciable en compression.

III.7.2.4 Influence de la nature des fibres et différents taux charge sur les performances mécaniques en compression des composites à matrice cimentaire

Les résultats de la contrainte à la compression sont regroupés dans la figure ci-dessous :

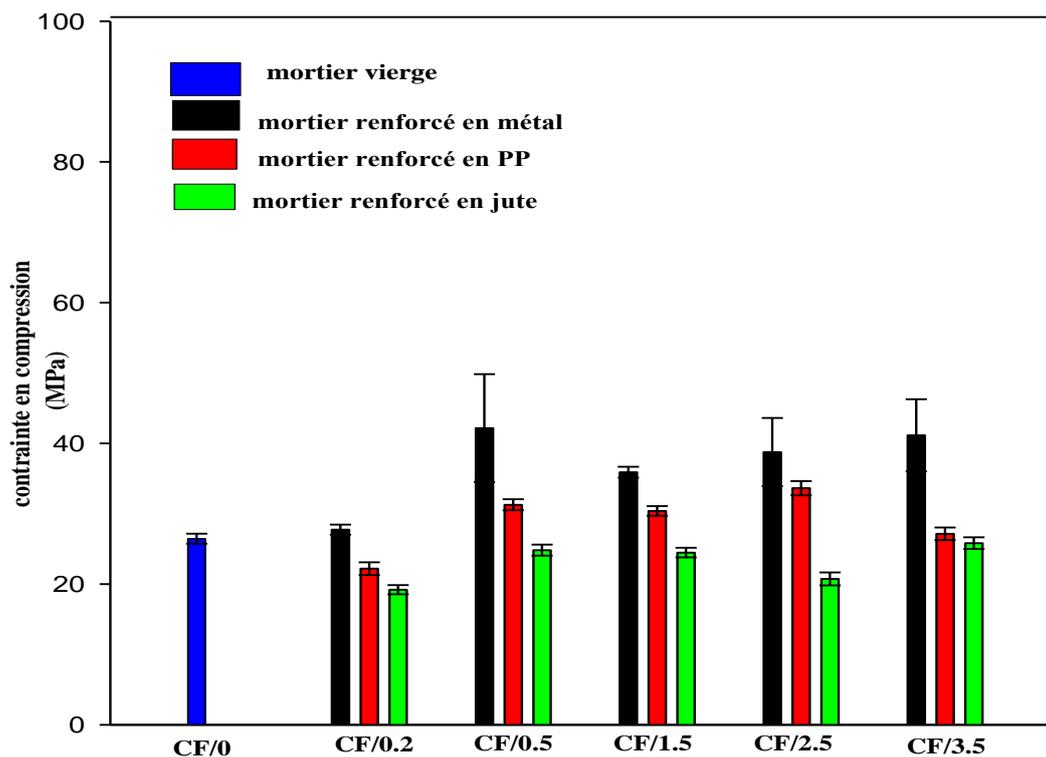


Figure III.23 Evolution de la contrainte en compression de composite à matrice cimentaire renforcé de différents types de fibres et aux différents taux de charge.

D'après la figure III.23, la résistance à la compression des composites renforcés de fibres métalliques est supérieure à celle du mortier sans fibres et mortiers renforcés avec des fibres de polypropylène et jute ; les mortiers renforcés avec la fibre de jute sont les moins résistants dans le cas des taux de charge étudiés.

Les meilleures performances mécaniques (résistance à la compression) sont obtenues dans les mortiers renforcés avec les fibres métalliques, car la performance des fibres métalliques et leur comportement dans la matrice cimentaire apporte des résultats positifs sur la résistance en compression et les plus faibles résistances sont obtenues dans les mortiers renforcés avec les fibres de jute.

Une chute de résistance était prévisible pour les mortiers renforcés de fibres de jute car le jute réduit la surface de résistance d'une section. Il consiste à fabriquer un mortier plein de poches d'air qui n'ont aucune résistance. La chute de la résistance à la compression du mortier s'explique par la diminution de sa masse volumique due au changement de la structure interne du mortier

III.8 Teste mécanique composite d'argile (brique crue)

III.8.1 Résistance à la flexion

III.8.1.1 Résistance en flexion sur la matrice argile renforcé des fibres métalliques

Les résultats de la résistance à la flexion des composites à matrice argile renforcés de fibres métalliques sont présentés dans la figure ci-dessous.

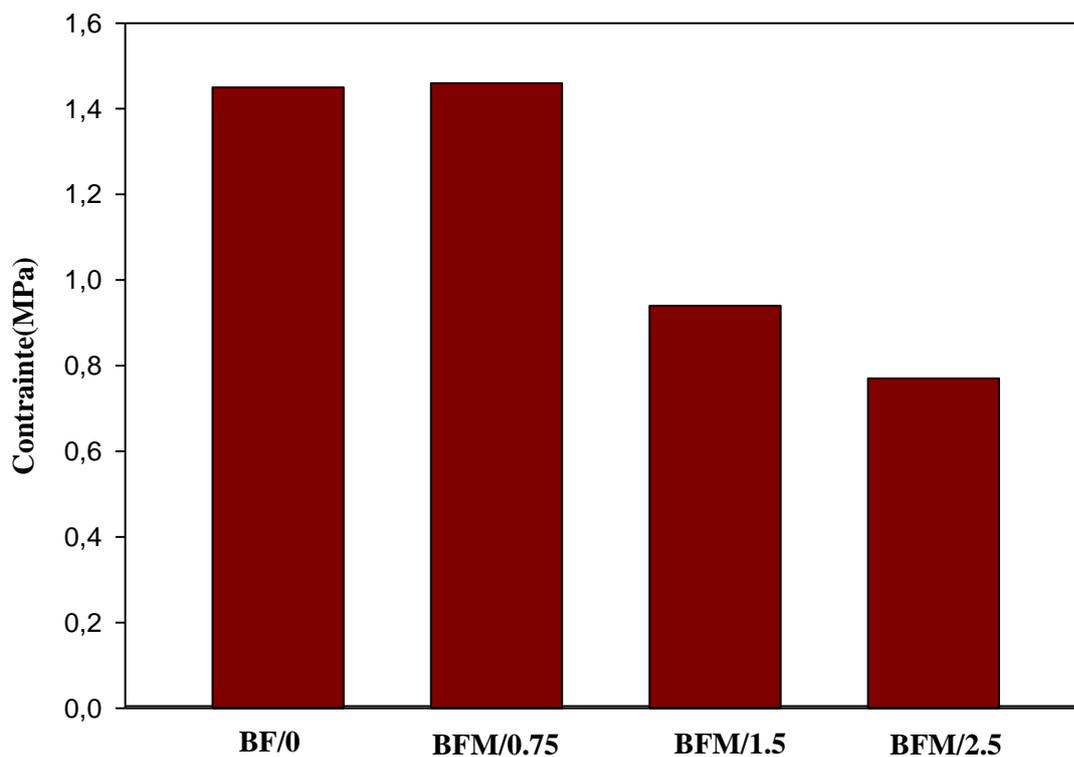


Figure III.24 : Evolution de la résistance à la flexion de composites à matrice argile renforcés de fibres métalliques.

D'après la figure III.25, nous pouvons constater que la flexion de la matrice de référence est d'environ 1.45 MPa. Alors que celle d'un composite renforcé de 0.75 % en masse de fibres de métal à une résistance en flexion de 1,46 MPa, d'où une stabilisation delà

flexion des briques entre une résistance en flexion de brique sans fibres et une résistance en flexion d'une brique renforcé de 0.75 % de fibre de métal. Alors que celle d'un brique renforcé avec 1.5 % en masse de métal à une résistance en flexion de 0.94 MPa, d'où une diminution de la résistance en flexion de 36 % entre une brique sans fibres et une brique à 1.5 % en masse de fibres métalliques . Avec l'évolution de taux charge de fibres métallique de 3.5 % en masse, on observe une continuité de diminution de résistance en flexion jusqu'à une valeur de 0.77 MPa.

On peut dire que les fibres de métal n'apportent pas d'amélioration appréciable en flexion et que les fibres métalliques n'ont pas d'influence significative sur l'évolution de la résistance en flexion d'une brique.

III.8.1.2 Résistance en flexion de la brique crue renforcée avec des fibres polypropylène

Les résultats de la résistance à la flexion des composites à matrice argile renforcés de fibres PP sont présentés dans la figure ci-dessous

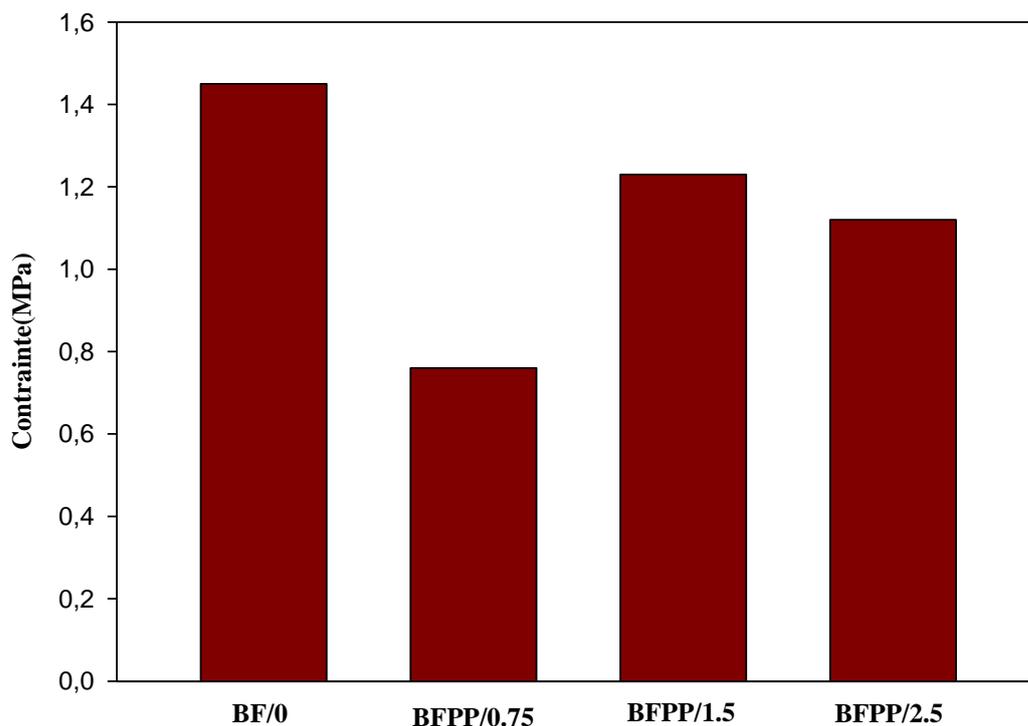


Figure III.25 : Evolution de la résistance à la flexion de composites à matrice argile renforcés de fibres PP.

La figure III.25 montre l'influence des taux de charge des fibres polypropylène sur la résistance à la flexion des composites à matrice argile, nous pouvons constater que la flexion d'un brique de référence est d'environ 1.45 MPa. L'ajout de 0.75 % en masse de fibres de PP

à engendrer une diminution remarquable de la contrainte. La chute de la résistance à la flexion de la brique crue s'explique par augmentation de taux charge des fibres polypropylène qui lié au changement de la structure interne du la brique crue. Par contre une certaine stabilité de la contrainte est obtenue avec les autres taux de charge (1.5 et 2.5%)

III.8.1.3 Résistance en flexion de la brique crue renforcée avec des fibres de jute

Les résultats de la résistance à la flexion des composites à matrice argile renforcés de fibres jute sont présentés dans la figure ci-dessous

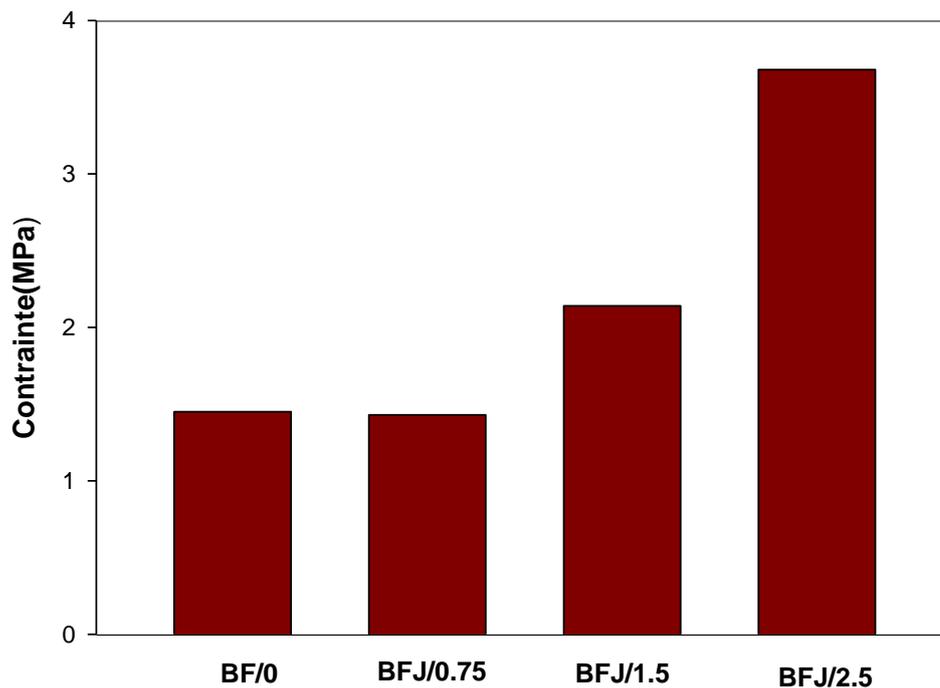


Figure III.26: Evolution de la résistance à la flexion de composites à matrice argile renforcés de fibres de jute.

D'après les résultats obtenus, on remarque que l'ajout des fibres de jute entraîne une nette augmentation des propriétés mécaniques en flexion des composites à matrice argile.

L'amélioration de la contrainte avec l'incorporation de la fibre de jute, peut être due à la présence d'une phase rigide qui confère une grande rigidité à la matrice et pourrait être liée aussi à une meilleure dispersion des faisceaux de fibres de jute sur la matrice argile. Cette augmentation aussi peut être due à l'amélioration de l'adhésion inter faciale entre les fibres et la matrice, générée par une excellente adhésion fibre-matrice.

Figure III.27 : Histogramme représente l'influence de la nature et taux charge des fibres sur la résistance à la flexion de la brique crue.

La figure III.27 montre que les performances des briques fibrés sont dépendantes du dosage, de la nature et le type des fibres utilisées, On constate, d'après les résultats obtenus, pour une teneur de 0.75 % de fibres, la résistance à flexion augmente avec l'augmentation du dosage de fibre de jute de 1.43 MPa et fibre métallique de 1.46 MPa, pour fibre PP c'est la plus faible résistance 0.76 MPa. Avec augmentation dosage des fibres en 1.5 % en remarque continuation d'augmentation de la résistance de la fibre de jute et diminution de la fibre de métal en parallèle une augmentation légère de résistance de fibre de PP.

Les meilleures performances sont toujours obtenues avec les mélanges renforcés de fibres de jute.

On remarque que la teneur de 2.5% représente l'optimum concernant les mélanges renforcés de fibres de jute de 3.68 MPa et, d'où une diminution de la résistance en flexion des fibres de métal et PP, par contre à ce seuil de 2.5%, les mélanges renforcés de jute, continuent à s'améliorer à des taux plus élevés. Le seuil de 2.5 % représente l'optimum, où on obtient les meilleures performances.

D'après ces essais de résistances mécaniques à la flexion, Nous pouvons conclure que les fibres de jute apportent des améliorations pour la composite brique crue par rapport aux fibres commerciales polypropylène et des fibres métalliques.

III.8.2 Résistance à la compression

III.8.2.1 Résistance en compression sur la brique crue renforcée des fibres métalliques

Les résultats de la résistance à la compression de composites à matrice argile renforcés de fibres de métal sont présentés dans la figure ci-dessous

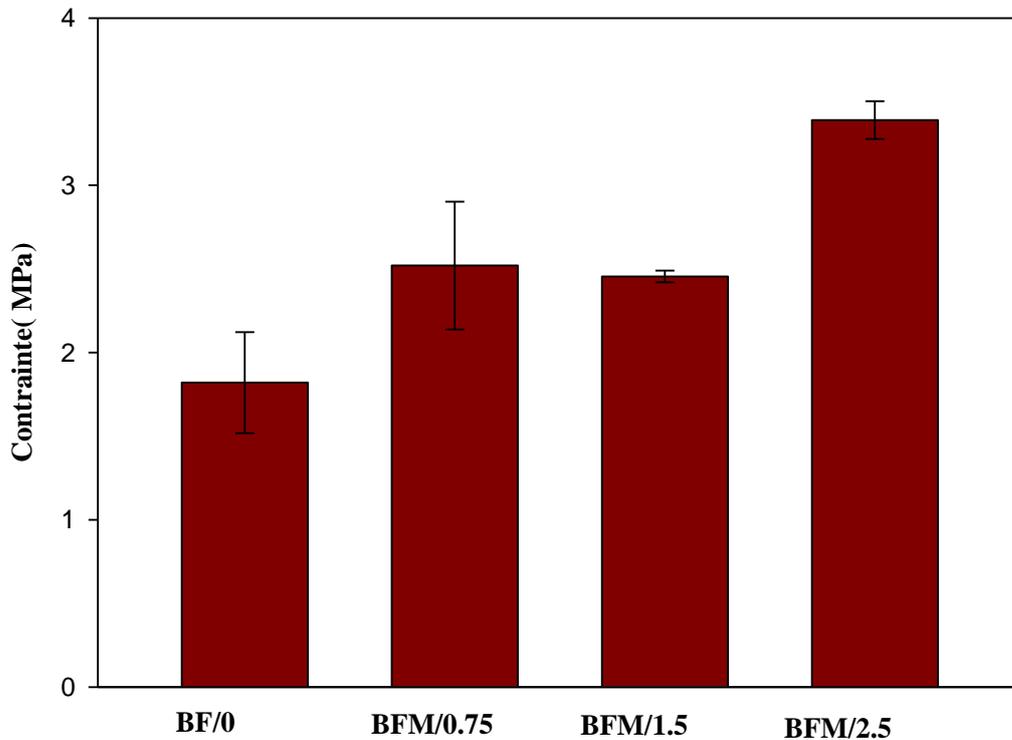


Figure III.28: Evolution de la résistance en compression de composites à matrice argile renforcés de fibres métalliques.

D'après la figure III.28, on observe que pour le brique renforcés avec un dosage de 0,75 % en fibres métal, il y a une augmentation jusqu'à 38 % par rapport la résistance en compression de la matrice vierge. La valeur de la contrainte en compression des composites augmente avec l'augmentation du taux de charges. Une valeur maximale de contrainte obtenue avec un taux de charge de 3.5% de fibres de métal.

III.8.2.2 Résistance en compression de la brique crue renforcée avec des fibres de polypropylène

Les résultats de la résistance à la compression de composites à matrice argile renforcés de fibres de PP sont présentés dans la figure ci-dessous

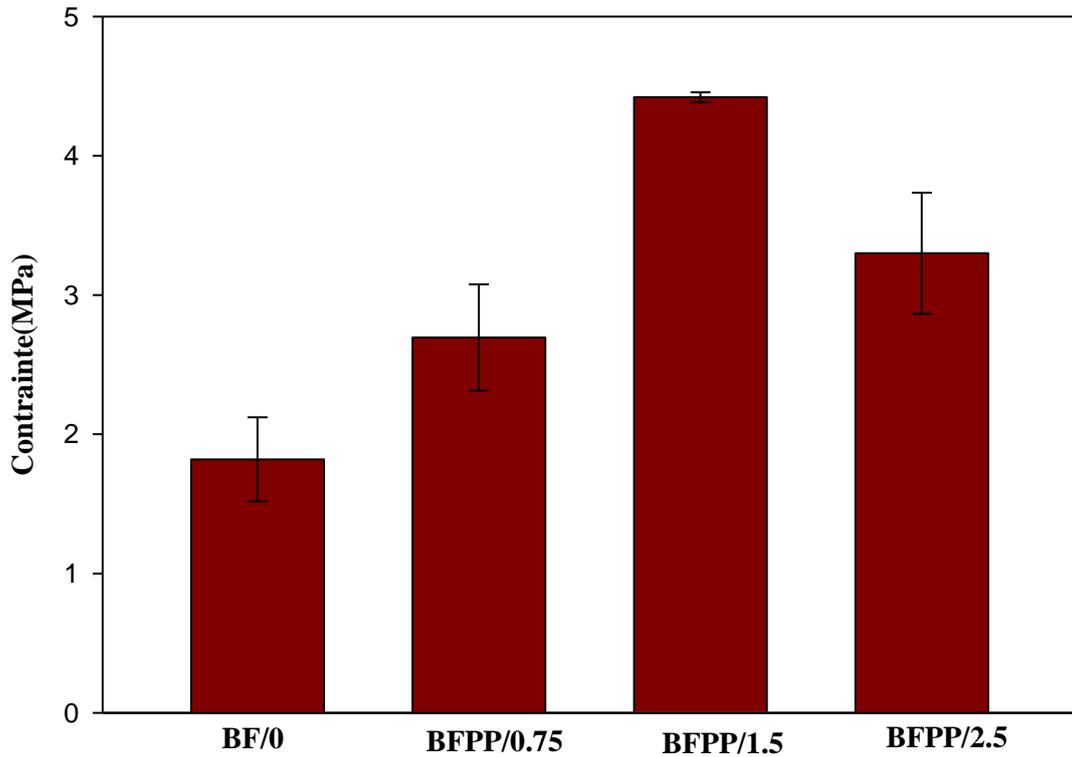


Figure III.29: Evolution de la résistance en compression de composites à matrice argile renforcés de fibres PP.

D'après la figure III.29, on observe une augmentation de la résistance avec l'augmentation du taux de fibres PP. Les éprouvettes contenant les fibres PP résistent mieux à la compression que les éprouvettes sans fibres. L'ajout des fibres de PP dans les briques a eu pour effet d'augmenter la résistance à la compression avec l'augmentation de leurs taux pour atteindre la valeur maximale de 4.93 MPa (le taux d'augmentation est de 77%) pour le taux de fibre 3.5% en masse. Cela veut dire que les fibres PP sont compatibles pour une matrice à base d'argile.

III.8.2.3 Résistance en compression de la brique crue renforcée avec des fibres de jute

Les résultats de la résistance à la compression de composites à matrice argile renforcés de fibres de jute sont présentés dans la figure ci-dessous

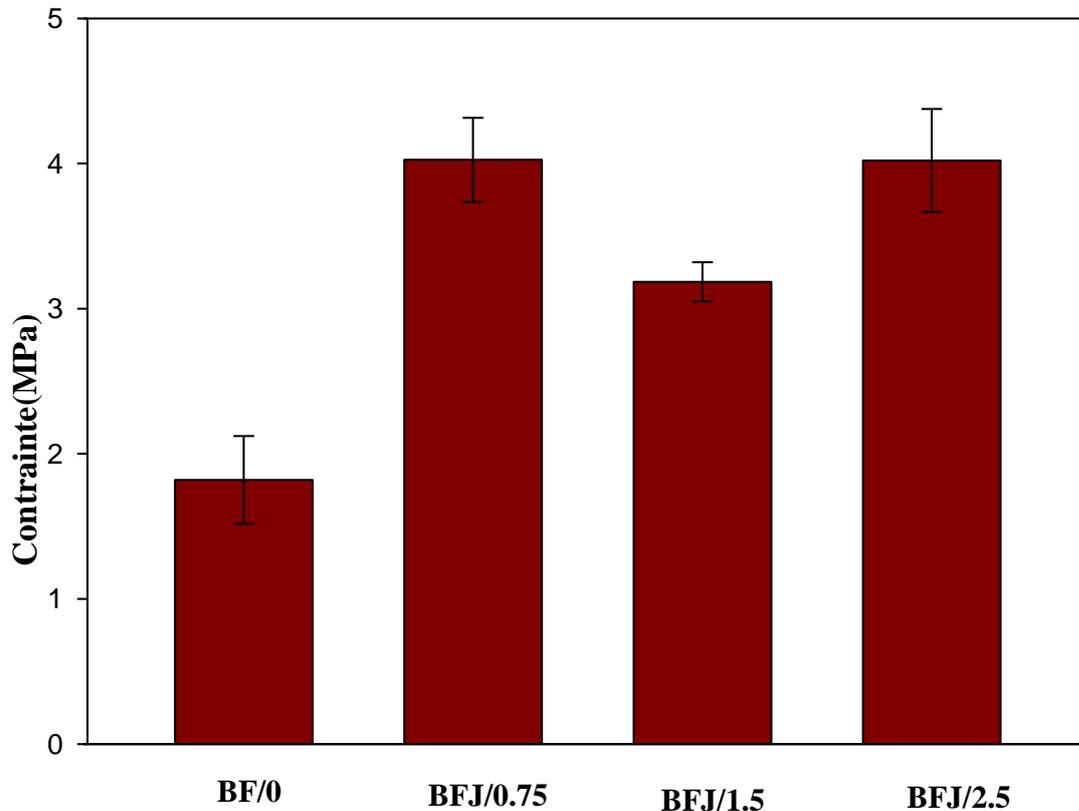


Figure III.30: Evolution de la résistance en compression de composites à matrice argile renforcés de jute.

La figure III.30 montre les résultats de la résistance à la compression des composites à matrice argile renforcés de fibres de jute

À travers ces résultats de brique crue vierge (0% de fibre) on observe une augmentation de la résistance avec l'augmentation des fibres. Les éprouvettes contenant les fibres résistent mieux à la compression que les éprouvettes sans renfort.

On remarque que l'ajout des fibres de jute apporte des améliorations à la brique de terre crue dans la résistance à la compression. La résistance est importante dans les matrices BFJ/0.75 et BFJ/2.5 et la composite BFJ/1.5 ; cela s'explique que la fibre de jute est très compatible au composant de l'argile.

III.8.2.4 Influence de la nature des fibres et différents taux charge sur les performances mécaniques de la composite brique crue

D'après la figure III.32 montre que les performances des briques fibrés sont dépendantes du dosage, de la nature et le type des fibres utilisées, On constate, d'après les résultats quelques meilleurs performances sont obtenues toujours avec les mélanges renforcés de fibres de jute les plus faibles résistances mécaniques en compression restent toujours obtenues avec les mélanges renforcés des fibres métallique. La résistance à la compression augmente avec l'augmentation de dosage de fibre jute, elle est supérieure par rapport au mortier témoin. Le mortier à dosage de 2.5% de fibre jute et plus résistant à compression.

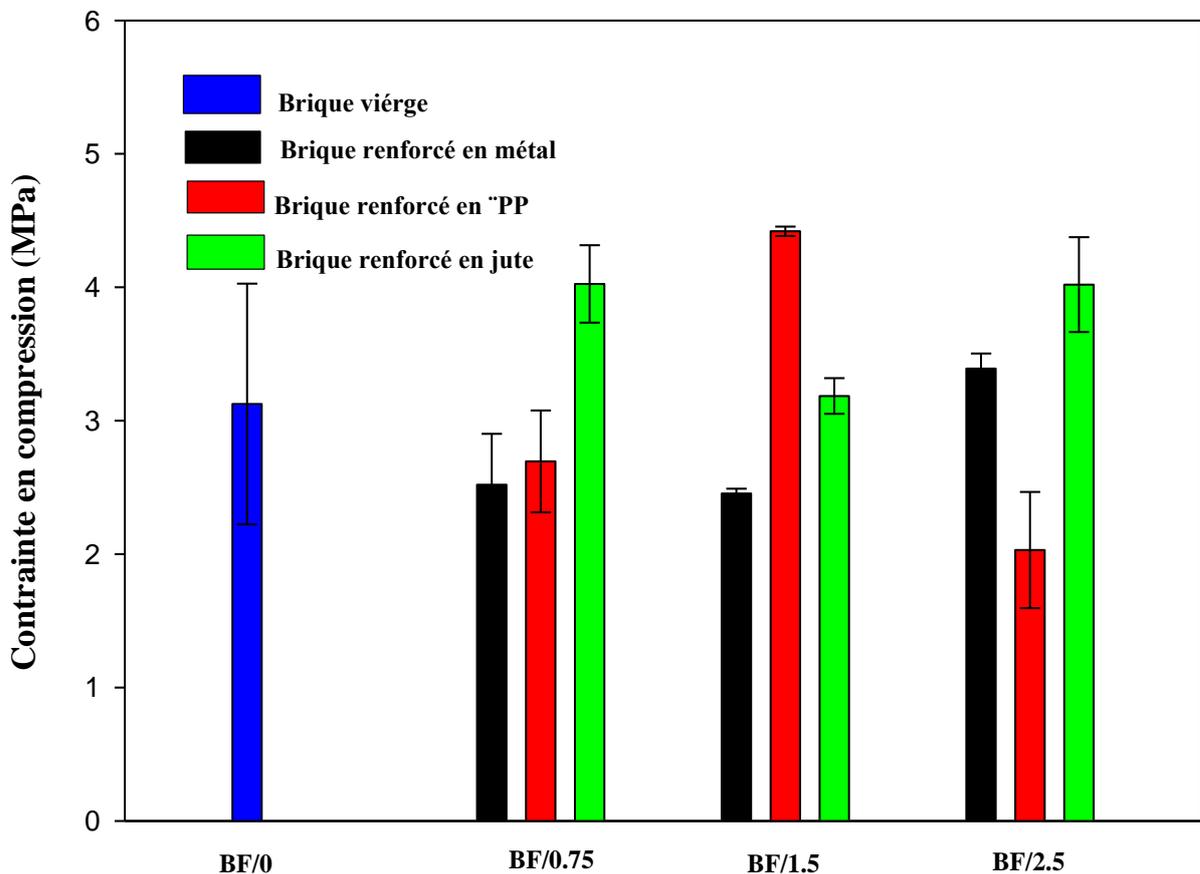


Figure III.31 : Histogramme représente l'influence de la nature et taux charge des fibres sur la résistance à la compression.

Référence bibliographique

- [1] : **M. Khelifa** (2017). Formulation et caractérisation d'éco-bétons renforcés aux fibres d'alfa pour des bâtiments verts et durables Université Paris Seine – Université de Cergy-Pontoise / Université Ferhat Abbas Sétif
- [2]: **Madsen, B., A. Thygesen, et H. Lilholt.** (2009). Plant fibre composites – porosity and stiffness. *Composites Science and Technology* 69, 1057-1069.
- [3]: **Savastano, H., P. G. Warden, et R. S. P. Coutts.** (2005). Microstructure and mechanical properties of waste fibre –cement composites. *Cement and Concrete Composites* 27, 583-592.
- [4]: **P. Jonathan** (2017). Formulation et caractérisation d'un composite cimentaire bio fibré pour des procédés de construction préfabriquée (Thèse de doctorat). L'Université de Caen Normandie. Normandie.
- [5]: **Khedari J, Watsanasathaporn P, Hirunlabh J.** Development of fibre-based soilcementblock with low thermal conductivity. *CemConcr Compos*; 27(1):111–116, 2005.
- [6]: **Millogo Y, Morel J-C, Aubert JE, Ghavami K.** Experimental analysis of pressed adobeblocks reinforced with Hibiscus cannabinus fibers. *Constr Build Mater*; 52:71–78, 2014.

Conclusion

Conclusion

Ce travail avait pour but d'étudier l'effet de l'ajout de trois types de fibres (fibres métalliques, fibres de jute et fibres de PP) sur les propriétés des matériaux composites à matrice cimentaire et argile destinés pour des applications dans le domaine de génie civil et construction. Dans cette étude, des matériaux composites ont été élaborés à différents taux de charges de fibres.

Les résultats des différentes analyses effectuées ont révélé que :

- ✓ L'augmentation des taux de fibres rend les composites moins denses et plus poreux ce qui a conduit à la réduction de la densité des briques et par la même occasion à l'augmentation de la porosité de ces dernières.
- ✓ L'augmentation de la porosité des composites après incorporation des fibres conduit à la réduction de la conductivité thermique de celle-ci et l'amélioration de leur pouvoir d'isolation.
- ✓ L'homogénéité et la compatibilité du composite ciment-fibres et argile-fibres, la bonne adhérence des fibres à la matrice cimentaire et argileuse et la diminution de fissures ensuite une bonne résistance mécanique (compression, flexion).
- ✓ Les fibres métalliques, polypropylène et jute apportent de bons résultats à la résistance en flexion dans la matrice cimentaire.
- ✓ Les fibres métalliques et polypropylène apportent de bons résultats à la résistance à la compression dans la matrice cimentaire.
- ✓ Seules les fibres de jute qui apportent des améliorations appréciables dans la résistance en flexion dans la matrice d'argile.
- ✓ Les trois types de fibres engendrent des améliorations importantes dans la résistance en compression dans la matrice d'argile.

À la lumière de ces résultats, on peut recommander l'utilisation des composites à base de fibres PP et fibres de jute pour l'isolation thermique et la réduction de la consommation d'énergie (chauffage/climatisation) des bâtiments grâce au fort pouvoir isolant de ce type de matériaux, et aussi l'utilisation des composites à matrice cimentaire à matrice PP et métalliques dans le domaine de la maçonnerie à cause de leur important pouvoir résistance mécanique.