REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie civil

Spécialité : matériaux en génie civil

Etude de l'effet du confinement sur le comportement d'un béton en compression

Présenté par
Abderrahmane Rabah

Proposé et Dirigé par
M. Bouksani Omar

Promotion 2019

ملخص

يعد استخدام المواد المركبة ضروريًا لتسهيل وتسريع مهمة إصلاح الهياكل الخرسانية. في هذه الرسالة ، نحن مهتمون بحصر عينات الخرسانة وتحطيمها بعد مرورها عند درجة حرارة 200 درجة مئوية.

يتكون التعزيز من وضع عدة شرائط من الأقمشة المصنوعة من الألياف الزجاجية.

في هذا العمل ، يتم اختبار تأثير الضغط أحادي المحور فقط. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الترتيب العقلاني للعصابات يجعل من الممكن تحسين سلوك الهياكل الخراسانية .

الكلمات المفتاحية: ضغط ، تعزيزات ، ألياف زجاجية ، تمزق.

Résume

L'utilisation des matériaux composite est nécessaire pour faciliter et accélérer la tache de la réparation des structures en béton. Dans ce mémoire, on s'intéresse à confiner des éprouvettes en béton et dégradée après passage à une température de 200°C. Le renfort consiste a placer plusieurs bande de tissus à base de fibre de verre. Dans ce travail on teste seulement ;'effet de compression uniaxial. Les résultats obtenus montrent que la disposition rationnelle des bandes permet d'améliorer le comportement des structures en béton.

Mots-Clés : Compression, renforcements, fibre de verre, Rupture.

Abstract

The use of composite materials is necessary to facilitate and accelerate the task of repairing concrete structures. In this thesis, we are interested in confining concrete specimens and degraded after passing at a temperature of 200 ° C.
the reinforcement consists of placing several strips of fiberglass-based fabrics.
In this work, only the uniaxial compression effect is tested. The results obtained show that the rational arrangement of the bands makes it possible to improve the behavior of the concrete structures.

Keywords:, Compression, Reinforcements, Fiberglass, Rupture.



Remerciements

Je voudrais d'abord remercier dieu, avant toute autre personne, de m'avoir donné courage, santé, volonté, et surtout force afin de pouvoir réaliser ce modeste travail dans des meilleures conditions.

J'adresse mes sincères remerciements à notre promoteur, Monsieur O BOUKASANI pour son orientation et ces précieux conseils pendant la durée de travail sur ce projet

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté à me rencontrer et répondre à mes questions durant mes recherches.

Je remercie très spécialement l'équipe de BET et laboratoire Abderrahmane Rabah pour leur amitié, leur soutien inconditionnel et leur encouragement.

Je tenais à remercier vivement toutes personnes ayant contribué à la réalisation de ce précieux travail.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,
L'amour, le respect, la reconnaissance...
Aussi, c'est tout simplement que

Je dédie cette thèse à ...

- *qui ont tout sacrifié pour ma réussite qui ont tellement souhaité que j'atteigne mon but, ma mère et mon père.*
- *A ma chère femme qui a sut m'accorder le temps et surtout la patience*
- *A mes chers fils aicha ,ahmed et amdjad*
- *A mes frères, et mes sœurs pour leur encouragement*
- *Tous les membres de ma famille*
- *A mes Ami(e)s que j'aime tant, pour leur sincère amitié et confiance, et à qui je dois ma reconnaissance et mon attachement.*
- *Tout ceux qui ont contribué à ma formation durant mon cursus, et ceux qui m'ont encouragée et m'ont aidée à surmonter positivement.*

ABDERRHMANE RABAH

Liste Des Figures

Chapitre I : Synthèse bibliographique

N° de Figure	Titre
Figure 1.1	Différents constituants d'un matériau composite
Figure 1.2	Le mat de la fibre
Figure 1.3	La forme roving de la fibre
Figure 1.4	Organigramme de différentes familles de renfort
Figure 1.5	Organigramme illustrant les différentes familles de matrice
Figure 1.6	Renforcement des dalles et poutres par des matériaux composites
Figure 1.7	Renforcement des poutres par des matériaux composites
Figure 1.8	Procédure de la mise en œuvre des plaques composites
Figure 1.9	Courbes contraintes déformations d'un béton confiné et non confiné
Figure 1.10	Evolution des dommages pour des colonnes confinées et non confinées durant le processus de chargement
Figure 1.11	Effet de l'élancement sur les colonnes confinées avec les fibres de carbone

N° de Figure	Titre
Figure 2.1	essai a l'aide d'une tamiseuse électrique
Figure 2.2	essai masse volumique absolue
Figure 2.3	Essai masse volumique apparente
Figure 2.4	Eprouvettes placés dans une étuve soumise à une température de 200°C
Figure 2.5	Arrosage Brusque Des Eprouvettes Apres Leurs Sortie De L'étuve
Figure 2.6	fissurations après arrosage Brusque Des Eprouvettes
Figure 2.7	Tissu en fibre de verre.
Figure 2.8	Résine époxyde.
Figure 2.9	vu générale pour l'emplacement des tissus sur les éprouvettes
Figure 2.10	Mise en place et l'intégration de tissu de fibres de verre et de résine époxy.
Figure 2.11	Eprouvette de référence non renforcé EpT.
Figure 2.12	Eprouvette renforcé sur toute la surface Ep1S.
Figure 2.13	Eprouvette renforcé avec deux bandes horizontalement.
Figure 2.14	Eprouvette renforcé avec trois bandes horizontalement
Figure 2.15	Eprouvette renforcé avec la fibre spiralement.
Figure 2.16	Eprouvette renforcé par deux bande verticale et quatre bande horizontalement Ep5HV.
Figure 2.17	Eprouvette renforcé par trois bandes horizontales et quatre bandes Verticalement.
Figure 2.18	Eprouvette renforcé sur toute la surface et par quatre bandes intérieurement verticales

N° de Figure	Titre
Figure 3.1	résultats d'essai de compression sur l'éprouvette
Figure 3.2	le mode de rupture d'éprouvette témoin Ep1T.
Figure 3.3	Diagramme de compression-déplacement surfacique EpS.
Figure 3.4	Diagramme de compression-déplacement horizontalement (Ep2H
Figure 3.5	Diagramme de compression-déplacement angulaire Ep3H .
Figure 3.6	Diagramme de compression-déplacement angulaire Ep4 spirale.
Figure 3.7	Diagramme de compression-déplacement angulaire Ep5HV.
Figure 3.8	Diagramme de compression-déplacement angulaire Ep6HV**.**
Figure 3.9	Diagramme de compression-déplacement angulaire Ep7SV.

Liste Des tableau

N° de tableau	Titre
tableau1.1	propriétés mécaniques de plusieurs **composite**
Tableau 1.2	Les différents types de verre
Tableau 2.1	composition chimique du ciment.
Tableau 2.2	Composition minéralogique du ciment.
Tableau 2.3	Equivalent de sable
Tableau 2.4	Module de finesse (MF) du sable**.**
Tableau 2.5	Les caractéristiques du sable
Tableau 2.6	Le module de finesse (MF) des granulats 0/3
Tableau 2.7	Le module de finesse (MF) des granulats 8/15
Tableau 2.8:	Le module de finesse (MF) du granulats 15/25
Tableau 2.9	Caractéristiques fibre de verre.
Tableau 2.10	Résine d'imprégnation
Tableau 3.1	Caractéristiques physiques des éprouvettes en béton.

sommaire

Introduction générale ……**1**

Chapitre I Synthèse bibliographique

I.1 Introduction …….3
I.2 2 Le Béton :……3
1.3 Les matériaux composites …… …..…3
1.3.1 Définition :…… 3
1.3.2 Constituants (Renforts et Matrices)…….3
1.3.3 Domaine d'utilisation en génie civil ……6
1.3.4Caractéristiques mécanique ……...7
1.3.5 Mode de fonctionnement des matériaux composite……..8
1.3.6 Causes de renforcement des structures ……..8
1.3.7 Mode d'application des composites sur le béton ……..8
1.4. Les fibres de verre……....9
1.5 L'époxy ……..9
1.6 Comportement du béton confiné …….9
1.7 Paramètres influençant sur le confinement par des composites.....11
1.8 Conclusion……..…11

Chapitre 02 (Matériaux et essais)

2.1 . Introduction ……..13

2.2: matériaux utilisés ……13

2.3: Matériaux de renforcement et application sur les éprouvettes de béton 23

2.4 .Les matériaux de renforcement ……..24

2.5 présentation de l'essai……32

2.6 Conclusion…….33

Chapitre 3 (Résultats et interprétations)

3.1. Introduction :…….35

3.1: résultat expérimentales sur les matériaux …….35

3.2 : résultat expérimentales sur l'éprouvette ……. ….. …….36

3.3 : Conclusion ……...41

Conclusion générale

Conclusion générale…….43

Recommandations……43

Symboles et abréviations

Symboles et abréviations

f_{cj}	La résistance à la compression du béton à j jours.
f_{c28}	La résistance à la compression du béton à 28 jours.
f_{tj}	La résistance caractéristique du béton à la traction a j jours.
f_{cc}	Résistance à la compression du béton confiné.
f_{c0}	Résistance à la compression du béton non confiné.
f_l	Pression de confinement latérale.
t_{frp}	Épaisseur du FRP.
f_{frp}	Résistance à la traction du FRP.
E_{frp}	Module d'élasticité du FRP.
L	Largeur de la bande en FRP.
S	Surface du cylindre
D	Diamètre du cylindre en béton.
h	Hauteur du cylindre
ε_{cc}	Déformation axiale maximale du béton confiné.
ε_{c0}	Déformation axiale maximale du béton non confiné.
P	Pression de confinement active.
E_1, E_2	Modules d'élasticité du tissu de verre.
υ_1, υ_2	Coefficients de Poisson du tissu de verre.
G_{12}	Module de cisaillement du tissu de verre.
υ_{frp}	Coefficient de Poisson du FRP.
E	Module de Young instantané du béton .
ψ	Angle de dilatation du béton sous compression axiale.
a_f	Rapport entre contrainte bi-axiale/uni-axiale du béton.

a_c	Paramètre pilotant la courbe de compression de béton avant le pic
b_c	Paramètre pilotant la courbe de compression après le pic.
a_t	Paramètre pilotant la courbe de traction avant le pic
b_t	Paramètre pilotant la courbe de traction après le pic
d_t	Variables d'endommagement de traction.
d_c	Variables d'endommagement en compression.
f_c	Force de compression du béton.
ρ_f	Fraction volumique des bandes composites.
A_f	Section du composite.
$\tau_{\max}$	Contrainte de cisaillement dans la bande en FRP, due à la contrainte de traction.
$\frac{f_l}{f_{c0}}$	Rapport de confinement.
$\frac{f_{cc}}{f}$	*Rapport de résistance.*

FRP	Polymère Renforcé de Fibres.
GFRP	Glass Fiber reinforced polymer (polymère renforcé de fibres de verre).
PRFV	Polymère Renforcé de Fibres de verre.
PRFC	Polymère Renforcé de Fibres de carbone
PRFA	Polymère Renforcé de Fibres d'Aramide
EPT	éprouvette témoin
EP1S	éprouvette n°01 surfacique
EP2H2	éprouvette n°02 deux bande horizontal
EP3H3	éprouvette n°03 trois bande horizontal
EP4S	éprouvette n°04 surfacique
EP5H2V4	éprouvette n°05 deux bande horizontal et quatre verticaux
EP6H3V4	éprouvette n°06 trois bande horizontal et quatre verticaux
EP7SV4	éprouvette n°07 surfacique et quatre verticaux

Introduction générale

Dans la majorité des pays de monde, de nombreuses structures en béton doivent être renforcées pour résister à différentes sollicitations. Pour cela, des solutions sont susceptibles de répondre à ce besoin. Parmi, ces technique, c'est l'emploi des matériaux composite qui consiste à disposer des bandes de tissus a base de fibre de carbone, fibre de verre et fibre d'aramide).

L'objectif fondamental de notre travail dans un premier temps est de renforcer des éprouvettes en béton endommagés après une mise sous une température de 200°C ; par matériau composite à base de fibre de verre, selon plusieurs diapositives.

Notre travail a été organisé en trois chapitres :

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique.

Chapitre 02 : Matériaux et essais.

Chapitre 03: Résultats et interprétations.

.

Chapitre 01 :
Synthèse bibliographique

1.1 Introduction :

Ce chapitre décrit les matériaux composites, leur utilisation dans le domaine de génie civil, leur avantage et inconvénients. Aussi, il présente les types de confinement et leurs mode d'application.

1.2 Le Béton

Le béton est un matériau de construction qui est caractérisé par sa bonne résistance à la compression et sa faible résistance à la traction. Il se compose de granulats (sables, graviers, cailloux) collés entre eux par un liant hydraulique.

1.3 Les matériaux composites

1.3.1 Définition :

Un matériau composite est un matériau qui associe deux ou plusieurs matériaux pour obtenir une combinaison de propriété à partir de ces matériaux.

Ces matériaux disposent d'atouts important par rapport aux matériaux traditionnels, ils apportent de nombreux avantages fonctionnels :

1.3.2 Constituants (Renforts et Matrices)

Le composite est constitué de matrice (phase continue) et de renfort (phase discontinue) :

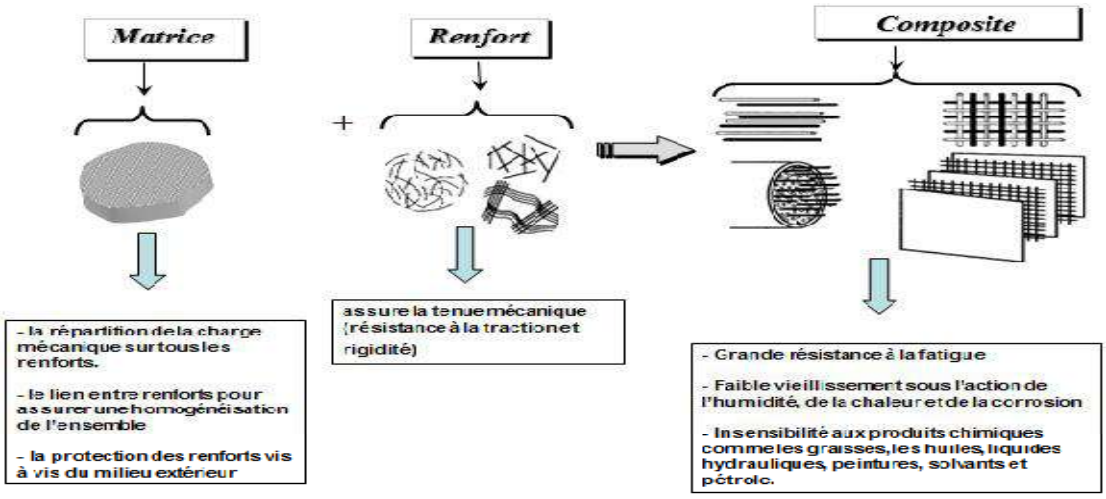


Figure 1.1. Différents constituants d'un matériau composite **[2].**

1.3.2.1 Les renforts

Les renforts contribuent à améliorer la résistance mécanique à la traction et la rigidité des matériaux composites. Parmi les fibres les plus connues en génie civil, on peut citer : le carbone, le verre et l'aramide.

Les renforts fibres se présentent sous formes différentes :

-Sous forme de roving : c'est un assemblage de fils de bases parallèles groupés sans torsion.

-Sous forme de tissu : ce tissu est formé par l'entrecroisement perpendiculaire des roving.

-Sous forme de mat : c'est un matelas de fils coupés ou continus à ensimage plastique aggloméré par un liant à solubilité rapide ou lente dans la résine [2].



Figure 1.2. Le mat de la fibre [2].



Figure 1.3. La forme roving de la fibre**[2].**

- **Fibre de Carbone**

Les fibre de carbone peuvent être : fibres« à haut module» HM , les fibres « à haute résistance» HR. Ces fibres sont caractérisées par un haut module d'élasticité (200 à 800 GPA), un allongement ultime de 0,3 à 2,5%, une bonne conductibilité électrique, une résistance à la fatigues et une bonne tenue à l'humidité, par contre ces fibres présentent un mauvais comportement au choc et à l'abrasion des stratifiés renforcés par des fibres de carbone et une adhésion difficile avec les résines **[2].**

- **Fibre de Verre**

Les fibre de verre ont un module d'élasticité qui varie de 70 à 85 GPA et leur allongement ultime varie de 2à5%**[2].** Ces fibres sont appréciées pour leurs propriétés d'inertie chimique, de résistance aux chocs et d'isolation et elles sont moins cher que les fibres de carbone et d'aramide.

- **Fibre d'Aramide**

Les fibres d'aramide sont caractérisées par des propriétés mécaniques élevées. Ces fibres sont caractérisées par des modules d'élasticité qui varient de 20 à 200 GPa et un allongement ultime de 1,5 à 5%**[2].** Ces fibres d'aramide sont sensibles à températures élevées à l'humidité et aussi aux radiations.

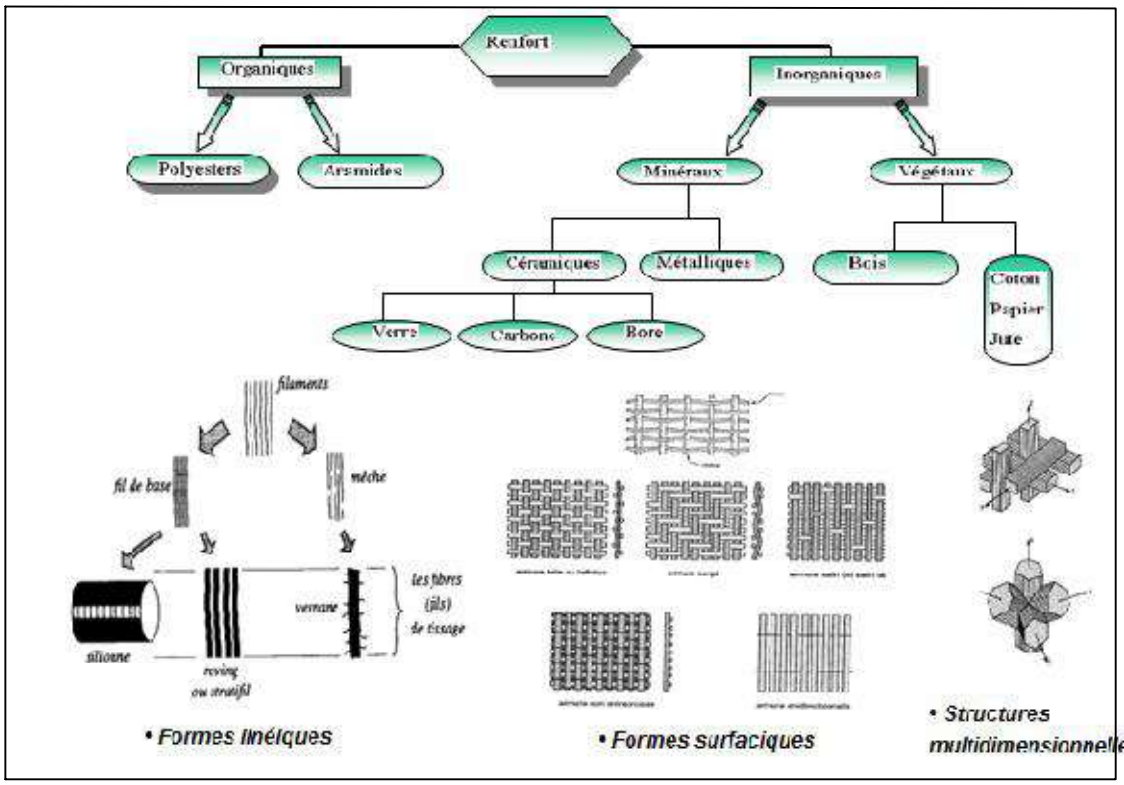


Figure 1.4. Organigramme de différentes familles de renfort **[2]**

1.3.2.2 Les matrices

Les matrices ont pour rôle de transférer les contraintes apportées sur le matériau aux fibres, de les protéger contre les agressions extérieures et donnent la forme du matériau. Elles doivent être en outre assez déformable et présenter une certaine compatibilité avec le renfort.

Ainsi, pour pouvoir apporter aux matériaux composites des propriétés mécaniques élevées, les résines doivent posséder des masses volumiques faibles **[2].**

- **Matrices thermodurcissables** : Les résines thermodurcissables ont des propriétés mécaniques élevées. Elles sont en solution sous forme de polymère non réticulé en suspension dans des solvants. Parmi ces résines, il ya : Les résines polyesters

insaturées, les résines de condensation (phénoliques, aminoplastes, furaniques) et les résines époxys **[2].**

- **Matrices thermoplastiques :** Les résines thermoplastiques ont des propriétés mécaniques faibles. Ces résines sont dures et solides qui nécessitent une transformation à très haute température.

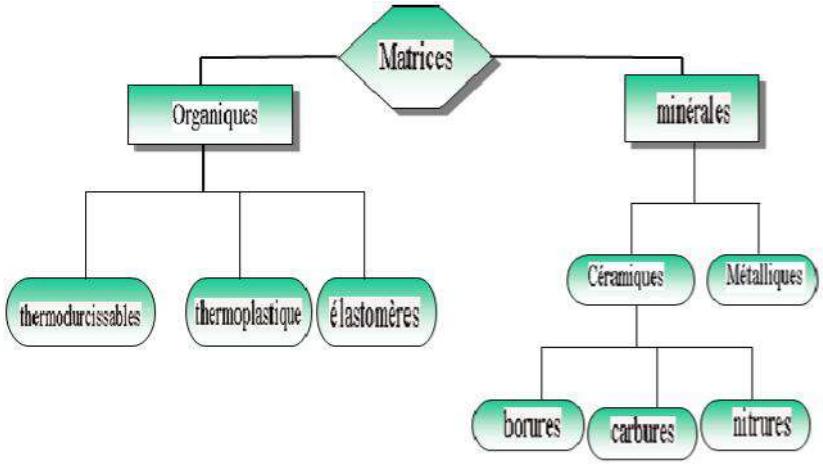


Figure 1.5. Organigramme illustrant les différentes familles de matrice. **[2]**

1.3.3 Domaine d'utilisation en génie civil

L'utilisation des matériaux composites dans les industries de la construction et du génie civil présente de nombreuses opportunités. D'une manière générale, les matériaux composites utilisés pour la protection, la réparation et le renforcement d'ouvrages tels que poutre, poteau, plancher ou murs **[2].**



Figure 1.6. Renforcement des dalles et poutres par des matériaux composites. **[2]**



Figure 1.7. Renforcement des poutres par des matériaux composites **[2]**

1.3.4Caractéristiques mécanique

Les propriétés mécaniques des matériaux composites dépendent des fibres contenues dans le composite (type, quantité et direction), de la matrice utilisée, et du rapport volume-fibre. Elles sont aussi affectées par le volume ou la dimension du composite lui-même. **[2]**

Le tableau suivant résume les propriétés mécaniques de plusieurs **composite**

composites Unidirectionnel	Contenu en Fibres (%par poids)	Densité (kg /m3)	Module d'élasticité longitudinale (GPa)	Résistance à la traction (MPa)
Fibres de verre / polyester (GFRP laminé)	50-80	1600-2000	20-55	400-1800
Carbone / époxy (CFRP laminé)	65-75	1600-1900	120-250	1200-2250
Aramide / époxy(FRP laminé)	60-70	1050-1250	40-125	1000-1800

tableau**1.1** .propriétés mécaniques de plusieurs **composite**

1.3.5 Mode de fonctionnement des matériaux composites

Dans les matériaux composites, les fibres reprennent principalement des efforts dans leur direction. La résistance et le module d'Young des fibres sont plus importants par rapport à ceux de la matrice. Le comportement mécanique des matériaux composites est piloté par les propriétés mécaniques des fibres et la quantité de fibres.

$$E_C = E_f V_f + E_m V_m$$

$$R_C = R_f V_f + R_m V_m$$

Où E_C est le module d'Young du matériau composite dans la direction des fibres,E_f le module d'Young des fibres, E_m le module d'Young de la matrice, V_f la fraction volumique de fibres,V_m la fraction volumique de la matrice, $R_C\, R_f\, R_m$ et *sont la* résistance en traction du matériau composite, des fibres et de la matrice respectivement**[2].**

1.3.6 Causes de renforcement des structures

Parmi les causes les plus fréquentes qui conduisant à renforcer les structures : est l'accroissement des charges qui sollicitent la structure, la rénovations des structures anciennes, les changements de la forme de la structure.

1.3.7 Mode d'application des composites sur le béton

Il existe deux procédés différents pour mettre en place un composite sur des surfaces du béton :

- ✓ Application de la résine sur la surface du béton suivi de jonction d'un tissu sec qui est appliqué directement sur la résine, finalisé par l'application d'une couche de fermeture**[2].**
- ✓
- ✓ Pré-imprégnation du tissu, puis son dépôt avant polymérisation sur la surface de béton**[2].**

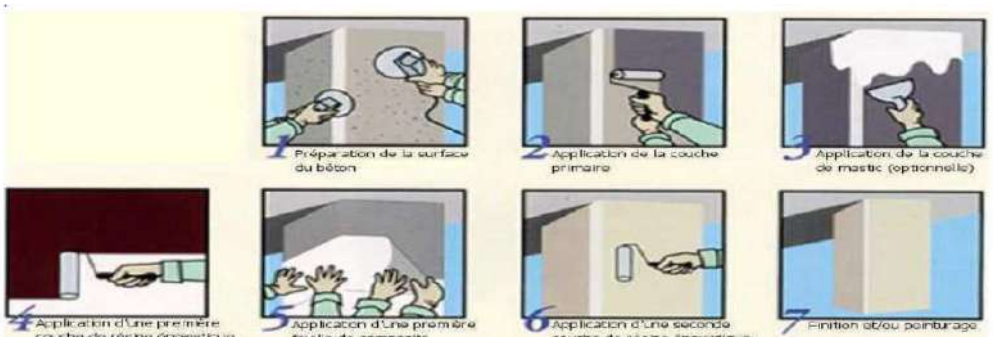


Figure 1.8. Procédure de la mise en œuvre des plaques composites [2]

1.4 Les fibres de verre

Les fibres de verre sont ensemble de filament de verre. Les fibres de verre, constituent avec les verres creux, les verres plats et les verres cellulaires, les principales familles de verre.

Tableau 1.2 Les différents types de verre

TYPE	INDICATIONS GENERALES
E-CR	Pour usage en milieu acide
AR	Résistant en milieu basique
S, R	Haute résistance mécanique
C	Haute résistance chimique
A	Haute teneur en alcali
D	Hautes propriétés diélectriques
E	A usage général ; bonnes propriétés électriques

1.5 L'époxy

L'époxy est un composé comprenant un atome d'oxygène relié à deux atomes de carbone e en formant un pont. Parmi, Les propriétés de la résine époxy sont : La solidité, l'élasticité, l'adhésivité, l'isolation électrique et de bonne résistance aux produits chimiques

Ces Avantages sont : une excellente adhérence sur le support (notamment le béton), excellente résistance mécanique et chimique, relativement facile à mettre en œuvre et peu sensibles aux conditions d'application (humidité) , bon aspect de surface (tendu et brillant)
Néanmoins, ces Inconvénients : sont qu'il est peu adaptés à la pose à basse température et par forte humidité, très rigides et il est sensibles aux UV.

1.6 Comportement du béton confiné

Le confinement du béton se réalise à l'aide des matériaux composites. L'amélioration des résistances des bétons confinés résulte des performances mécaniques de ces matériaux. Les composites modifie le comportement axial et radial du béton confiné par l'amélioration des

modules d'élasticité et des rigidités variés qui résultent d'un emprisonnement à l'intérieur des bandes composites béton, ce qui confèrent une énergie de rupture très importante [2].

Généralement, le confinement augmente deux caractéristiques du béton: la résistance en compression et la déformation correspondant à la contrainte ultime de compression [2]

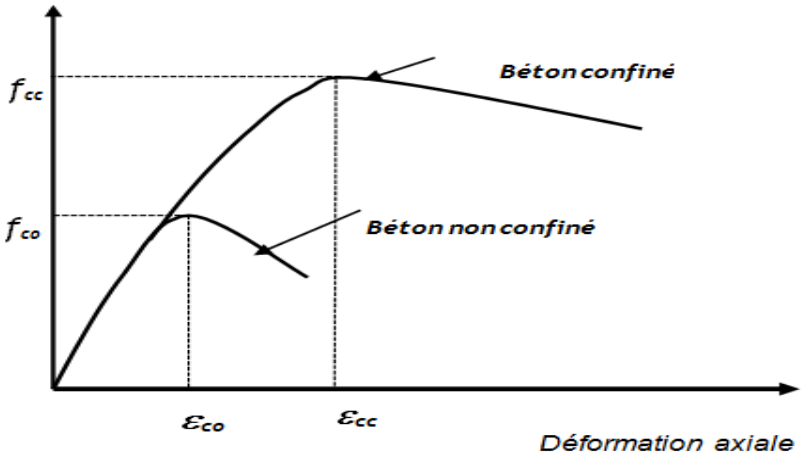


Figure 1.9. Courbes contraintes déformations d'un béton confiné et non confiné[2]

1.6.1 Mode de rupture du béton confiné

Après rupture, le béton fissuré reste retenu à l'intérieur du confinement, jusqu'à la rupture totale des bandes composites.

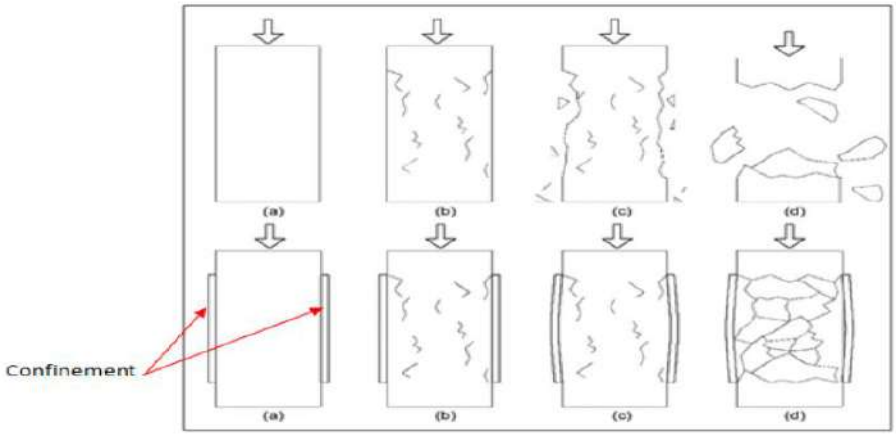


Figure 1.10. Evolution des dommages pour des colonnes confinées et non confinées durant le processus de chargement **[2].**

1.7 Paramètres influençant sur le confinement par des composites

Plusieurs recherches ont été effectuées afin de déterminer les différents paramètres influençant sur le confinement tel que les paramètres géométriques: l'espacement, épaisseur et largeur des bandes;



Figure 1.11 Effet de l'élancement sur les colonnes confinées avec les fibres de carbone**[2]**

1.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le comportement du béton confiné ainsi que son mode de rupture. L'ajout de fibres augmente la résistance à la traction des bétons. Le comportement des composites de fibres

est beaucoup influencé par le type de fibres et leur nature

Chapitre 02 :
Matériaux et essais

2.1 Introduction

Dans ce chapitre on présente les matériaux de construction utilisés pour la fabrication des bétons renforcé par fibre de verre avec leurs caractéristiques et les essais effectués au laboratoire. Ce chapitre est divisé en trois partis principaux :

- Les matériaux utilise et le mode de construction des éprouvettes.
- Les matériaux de renforcement et leurs applications sur les éprouvettes
- Essai de compression.

2.2: matériaux utilisés

Le béton est un matériau de construction, qui contient du ciment; de l'eau; du sable; les agrégats ; des adjuvants et éventuellement des additions. Dans notre étude on a utilisé des matériaux locaux fréquemment utilisés.

a. **Les liants (Ciment)**

Le ciment utilisé dans notre étude est un CEM II/A 42,5provient de la cimenterie de CHLEF, il présente des performances mécaniques et des caractéristiques physico-chimiques conforment à la norme NA 442 **,**et à la norme NF P 15-301**.**

La composition chimique et minéralogique de ciment est représentée sur les tableaux ci-dessous :

- **Masse volumique absolue (g/cm^3) = 3.1**

- **La composition chimique du ciment :**

Tableau 2.1 : composition chimique du ciment.

Teneurs(%)	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	CaO libre	Gypse	Phase d'ajout
Valeurs	57	18	11	8	1	5	12

- **Composition minéralogique du ciment :**

- **Tableau 2.2:** Composition minéralogique du ciment.

Les essais	Valeurs Mesurées	Norme NA 442
Surface spécifique du Blaine Cm^2/g	**3080**	**-**
Consistance %	**24.15**	**-**
Début de Prise (h, mn)	**02 :34**	**≥60 mm**
Compression 02 Jours (MPa)	**15.15**	**≥12.5**
Compression 28 Jours (MPa)	**46.43**	**≥42.5**
Flexion 02 Jours (MPa)	**2.97**	**-**
Flexion 28 Jours (MPa)	**6.26**	**-**
Expansion à chaud sur pate (mm)	**2.12**	**≤10 mm**

b. **Les sables**

Nous avons utilisé un seul type de sable : Sable **SIDI BAZID-DJELFA.** Pour déterminer les caractéristiques de ce sables on a fait les essais suivants :

Équivalant de sable :

Il est utilisé pour caractériser la propreté d'un sable. Il indique la teneur en éléments fins d'origine essentiellement argileuse. Le procédé de l'essai consiste à mettre la propreté du sable en évidence, l'essai a été effectué selon la norme NA 456.

Tableau 2.3 Equivalent de sable

	1er essai	**2eme essai**
Hauteur de la colonne H1	**13.2**	**13.0**
Hauteur du sable H2 a vue	**10.2**	**9.8**
Hauteur du sable H2 au piston	**9.4**	**9.2**
Hauteur équivalente sable (a vue)	**77.27 %**	**75.0 %**
Hauteur équivalente sable (au piston)	**71.21 %**	**70.76 %**
Moyenne visuelle	**76.13 %**	
Moyenne Au piston	**70.98 %**	

<u>Observation</u> :

Equivalent de sable est **Admissible > 65%,** selon **le tableau 2.4**

❖ **Granulométrie :**

Selon la norme **(EN 933-1 en EN 933-2)** est l'opération consistant à classer et étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, on fonction de leur caractéristique (poids, taille,….).

Module de finesse :

Le module de finesse (MF) d'un granulat est égal au 1/100 de la somme des refus cumulés (exprimée en pourcentage) des fraction granulaires obtenues sur les tamis de modules : 23 - 26 - 29 - 32 - 35 - 38 - 41 - 44 - 47 - 50 (respectivement des tamis de la série 0,16 mm - 0,315 mm - 0,63 mm - 1,25 mm - 2,5 mm - 5 mm - 10 mm - 20 mm - 40 mm et 80 mm).□



Figure 2.1: essai a l'aide d'une tamiseuse électrique.

- **Sablière : SIDI BAZID DJELFA** **Poids en g : 1000**
- **Module de finesse : 1.08**

Dimensions		**Poids des refus cumulés**	**Refus cumulés En %**	**Complément à 100 % des refus cumulés**
Passoire	**Tamis**			
40	31.5			
31	25			
25	20			
20	16			
16	12.5			
12.5	10			
10	8			
8	6.3			100
6.3	5	12.6	1.26	98.74
5	4	13.9	1.39	98.61
4	3.15	15.3	1.53	98.47
3.15	2.50	16.7	1.67	98.33
2.50	2.00	17.9	1.79	98.21
2.00	1.60	19.0	1.90	98.10
1.60	1.25	19.8	1.98	98.02
1.25	1.00	20.7	2.07	97.93
1.00	0.800	20.8	2.08	97.92
0.800	0.630	24.5	2.45	97.55
0.630	0.500	33.0	3.30	96.70
0.500	0.400	60.1	6.01	93.99
0.400	0.315	372.8	37.28	62.72
0.315	0.250	414.1	41.41	48.59
0.250	0.200	901.3	90.13	9.87

Tableau 2.4: Module de finesse (MF) du sable**.**

- **Masse volumique :**

Aussi nommable densité volumique de masse est une grandeur physique qui caractérise la masse d'un matériau par unité de volume. Comme il s'agit de mesurer le volume absolu en vrac et apparent du sable et de chaque fraction granulaire pour déterminer le squelette granulaire de béton.



Figure 2.2: essai masse volumique absolue.



Figure 2.3: Essai masse volumique apparente

caractéristique	Sable SIDI BAZID
Le module de finesse	**1.08**
La masse volumique absolue (g/cm3)	2.56
La masse volumique apparente (g/cm3)	1.61

Tableau 2.5 : Les caractéristiques du sable.

c. **Gravier**

Selon la norme **(EN 933-1 en EN 933-2)** est l'opération consistant à classer et étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, on fonction de leur caractéristique (poids, taille,….).

- **Carrière KEF ASSEL**
- **Classes granulaire : 0/3**
- **Module de finesse : 3.51** **Poids en g :** 2000

Dimensions		**Poids des refus cumulés**	**Refus cumulés En %**	**Complément à 100 % des refus cumulés**
Passoire	**Tamis**			
40	31.5			
31	25			
25	20			
20	16			
16	12.5			
12.5	10			
10	8			
8	6.3			
6.3	5	0	0	100
5	4	6.3	0.63	99.37
4	3.15	42.0	4.20	99.58
3.15	2.50	183.5	18.35	81.65
2.50	2.00	300.4	30.04	69.96
2.00	1.60	431.9	43.19	56.81
1.60	1.25	539.8	53.98	46.02
1.25	1.00	606.5	60.65	39.35
1.00	0.800	667.6	66.76	33.24
0.800	0.630	735.5	73.55	26.45
0.630	0.500	774.5	77.45	22.55
0.500	0.400	809.6	80.96	19.04
0.400	0.315	850.3	85.03	14.97
0.315	0.250	881.4	88.14	11.86

Dimensions		Poids des refus cumulés	Refus cumulés En %	Complément à 100 % des refus cumulés
Passoire	**Tamis**			
0.250	0.200	905.0	90.50	9.50
0.200	0.160	930.7	93.07	6.93
0.160	0.125	944.4	94.44	5.56
0.125	0.100	964.2	96.42	3.58
0.100	0.080	971.5	97.15	2.95

Tableau 2.6 : Le module de finesse (MF) des granulats 0/3**.**

- **Carrière :**KEF ASSEL
- **Poids en g :** 2000
- **Classes granulaire : 8/15**

Dimensions		Poids des refus cumulés	Refus cumulés En %	Complément à 100 % des refus cumulés
Passoire	**Tamis**			
40	31.5			
31	25			
25	20			
20	16	570.00	28.5	71.5
16	12.5	1565.1	78.25	21.75
12.5	10	1854.7	92.73	7.27
10	8	1974.5	98.72	1.28
8	6.3	1997.5	99.87	0.13
6.3	5	1999.9	99.94	0.06

Tableau 2.7 : Le module de finesse (MF) des granulats 8/15.

- **Carrière :**KEF ASSEL
- **Poids en g :** 2000
- **Classes granulaire : 15/25.**

Dimensions		**Poids des refus cumulés**	**Refus cumulés En %**	**Complément à 100 % des refus cumulés**
Passoire	**Tamis**			
40	31.5			
31	25	**0**	**0**	**100**
25	20	170.40	8.52	91.48
20	16	1482.60	74.13	25.87
16	12.5	1956.40	97.82	2.18
12.5	10	1996.20	99.81	0.19

Tableau 2.8: Le module de finesse (MF) du granulats 15/25 .

D'Eau

L'eau de gâchage doit être propre et ne doit pas contenir plus de 5 grammes par litre de matières en suspension (vases, limons, etc.)

2.1.3 Compositions du béton :

L'étude de composition à partir de ces éléments a abouti à une granulométrie optimale, obtenue par un mélange de :

Commentaire:

Le pourcentage de l'équivalent de sable admissible (≥ 65 % au piston).

Le coefficient de « Los Angeles » admissible (< 30 %)

Le pourcentage des impuretés admissible (< 2 %)

L'étude de composition à partir de ces éléments a abouti à une granulométrie optimale, obtenue par un mélange de :

- Agrégats 15/25 : **37 %** soit **685.42.** Kg/m3 de béton
- Agrégats 8/15 : **25%** soit **463.00** Kg/m3 de béton
- Agrégats 0/3 : **16%** soit **296.32** Kg/m3 de béton
- Agrégats SIDI BASID-DJELFA 22**%** soit 408.00 Kg/m3 de béton

Avec un dosage de 350 Kg/m^3 de ciment CEM II/A 42,5provient de la cimenterie de CHLEF, et 205 litres d'eau par mètre cube de béton l'essai au laboratoire a révélé un affaissement de 8 Cm et une résistance moyenne de compression de 186.66 Kg /Cm² pour un âge de béton de 07 jours.

Ces éléments sont donnés à titre de recommandations.

2.3: Matériaux de renforcement et application sur les éprouvettes de béton

2.3.1 Préparation Des Eprouvettes



Figure 2.4 Eprouvettes placés dans une étuve soumise à une température de 200°C



Figure 2.5: Arrosage Brusque Des Eprouvettes Apres Leurs Sortie De L'étuve



Figure 2.6:fissurations après arrosage Brusque Des Eprouvettes

2.4 .Les matériaux de renforcement :

2.4.1 Fibres de verre Sika : Dans cette étude on a utilisé pour le renforcement des murets un Tissu de fibres de verre de type SikaWrap®-230 C, unidirectionnel (Orientation de la fibre 0°), composé de fibres de verre (99% du poids par unité de surface).

Les caractéristiques techniques sont résumées dans le tableau suivant **(tableau 10)**

Tableau 2.9 Caractéristiques fibre de verre.

Diamètre	0.005 a 0.020 mm
Longueur	40 a 70 m
Masse volumique	2.6 kg/cm3
Resistance en traction	1500 a 3000 mpa
Module E	80 000 MPA
ALLONGEMENT A LA REPTURE	2 A 3%



Figure 2.7: Tissu en fibre de verre.

2.4.2Résine d'imprégnation pour le système MEDApoxy STR :

MEDApoxy STR E.B GRANITEX est une résine époxyde de collage/d'imprégnation utilisée pour les tissus de renforcement de structures de la gamme GRANITEX cette résine est constitué à deux composants, 100% de matières solides, résistant à l'humidité, à haut module d'élasticité ethaute résistance.

Tableau 2.10 Résine d'imprégnation

Coloris	Densité (ISO758)	1,1 ± 0,05
	Temps de durcissement	20 °C et 65% HR
	Hors poisse	6 h
Hors poisse		une année à l'abri de la chaleur et de l'humidité dans son emballage d'origine fermé hermétiquement.
Adhérence sur béton (NFP18 858) Adhérence sur béton (NFP18 858)		>3 MPa
Viscosité (NF T76-102)		11000 mPaS à 25 ° C Temps de durcissement à 20 °C et 65% HR
Rc (NA 427)		>70 MPa

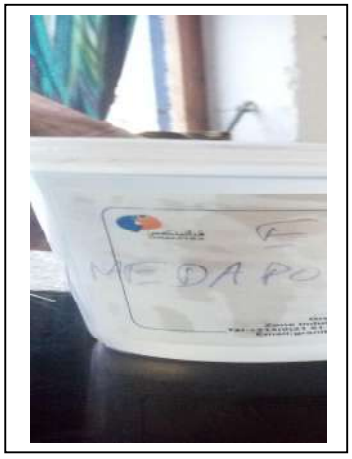


Figure 2.8.Résine époxyde.

2.4.3Mode d'application de la fibre de verre :

- **préparation de la surface :**

Pour obtenir de meilleurs résultats, le support doit être sec, Débarrassé le support de toutes traces de poussière, corps étrangers, Revêtements et matériaux désagrégés ou autres matériaux susceptibles d'empêcher l'adhérence**.**

- **la coupure de tissu :**

Le tissu se coupe manuellement en utilisant un ciseau. Les coupes sont faites conformément à la géométrie de renforcement adopté et les caractéristiques d'orientation des fibres.

- **le mélange des composantes de la résine époxy :**

Premièrement mélanger chacun des composants. Puis mélanger tout l'ensemble, verser le composant B dans le contenant du composant A. Mélanger entièrement pendant 5 minutes au moyen d'une perceuse électrique à pales réglée à faible vitesse (400 - 600 tr/min) jusqu'à ce que le tout soit homogène.

- **les différents dispositifs de la fibre pour les éprouvettes :**

Dispositifs des fibres de verre type MEDpoxy STR ont été adoptés pour renforcé les éprouvette, avec des différents bandes varie selon leur dispositif de 7cm de largeur.



Figure 2.9:vu générale pour l'emplacement des tissus sur les éprouvettes

2.4.4 Imprégnation et application des tissus :

a) **les éprouvettes** :



Figure 2.10: Mise en place et l'intégration de tissu de fibres de verre et de résine époxy.

Eprouvette (EpT)

Représente des éprouvettes de référence non renforcé et s’appelle EpT.



Figure 2.11 Eprouvette de référence non renforcé EpT.

- **Eprouvette (Ep1S) :**

Dans ce dispositif le renforcement est placé sur toute la surface.



Figure 2.12 Eprouvette renforcé sur toute la surface Ep1S.

❖ **Eprouvette (Ep2H2) :**

Dans ce mode de renforcement les deux bandes de tissu de verre sont placées horizontalement de 7cm de largeur.



Figure 2.13 Eprouvette renforcé avec deux bandes horizontalement.

❖ **Eprouvette (Ep3H3):**

Dans ce mode de renforcement les trois bandes de tissu de verre sont placées horizontalement de 7cm de largeur.



Figure 2.14 Eprouvette renforcé avec trois bandes horizontalement.

❖ **Eprouvette (Ep4 spirale) :**

Dans ce mode de renforcement le tissu de verre sont placées spiralement , de 7cm de largeur .



Figure 2.15 Eprouvette renforcé avec la fibre spiralement.

- **Eprouvette (Ep5H2V4):**

Dans ce mode de renforcement les deux bandes de tissu de verre sont placées horizontalement et aussi les quatre bandes de tissu de 7 cm de largeur sont placées verticalement.



Figure 2.16 Eprouvette renforcé par deux bande verticale et quatre bande horizontalement Ep5HV.

- **Eprouvette (Ep6H3V4):**

Dans ce mode de renforcement les trois bandes de tissu de verre sont placées horizontalement et aussi les quatre bandes de tissu de 4 cm de largeur sont placées verticalement.



Figure 2.17 Eprouvette renforcé par trois bandes horizontales et quatre bandes Verticalement.

- **Eprouvette (Ep7SV4):**

Dans ce mode de renforcement le tissu de verre sont placées sur toute la surface et les quatre bandes de tissu de 7 cm de largeur sont placées intérieurement verticale.



figure 2.18 Eprouvette renforcé sur toute la surface et par quatre bandes intérieurement verticales.

2.5 Présentation de l'essai

2.5.1 Essai de compression :

L'essai de compression diagonale est défini par la norme l'ASTM E519-02, les Recommandations RILEM et la norme européenne EC 6. Cet essai a comme objectif d'étudier les comportements globaux en compression des éprouvettes cylindrique soumis aux charges de compression dans la direction de la diagonale des éprouvettes.

2.5.2 Présentation du dispositif d'essai :

Une presse pilotée par ordinateur a été utilisée pour la réalisation des essais, comprenant.

- Un portique de 1.0 m x 0.70 m ;
- Un vérin de 300KN de capacité ;(et autre machine de 100KN)
- Un système hydraulique ;
- Un système d'acquisition des données,
- Sabots (semelles) de transmission des charges ;
- Capteur de déplacement vertical ;
- Capteur de déplacement horizontal ;
- Un logiciel pour le traitement des données.

Les panneaux sont munis sur les extrémités de deux supports métalliques.
La longueur de l'angle vaut un sixième de la hauteur considérer pour pouvoir transmettre les charges décompression selon Gabor et al, 2006.

2.6 Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons présente les différentes techniques utilisées pour la réalisation du programme de notre recherche qui a été élaboré selon les règles de l'art. La confection des murets est réalisée en prenant toutes les précautions. Dans le prochain chapitre, nous allons présentes les résultats obtenus lors des écrasements des éprouvettes puis on va interpréter et comparer nos résultats avec la bibliographie.

Chapitre 03 :
Résultats et interpétations

3.1 Introduction :

Les résultats de tous les tests sont présentés dans ce chapitre et sont discutées. Nous allons dans une première partie définir les différents résultats des essais effectués sur les matériaux de construction et le matériau de renforcement utilisé. Puis nous présentons dans la deuxième partie, les résultats de comportement en des éprouvettes et témoin et renforcés.

3.1: résultat expérimentales sur les matériaux :

- **La fibre de verre :**

a) Caractéristiques géométriques :

les éprouvettes perforés sont confectionnés à partir des caractéristiques géométriques suivant : en béton : 160 x 320 mm3

b) Caractéristiques physiques :

Le tableau V.1 montre que la masse volumique des éprouvettes et de l'ordre de 1800 Kg/m3

N°	***M***asse epr initial (***g***)	***M***asse epr fissuré (***g***)	masse volumique (g/***cm3***)
Epr 01	14985	14779	2,30
Epr 02	14955	14800	2,30
Epr 03	14890	14655	2,28
Epr 04	15020	14835	2,31
Epr 05	14965	14790	2,30
Epr 06	14920	14725	2,29
Epr 07	14880	14695	2,29
Epr 08	14950	14760	2,30

Tableau 3.1 Caractéristiques physiques des éprouvettes en béton.

c) Caractéristiques mécaniques :

La résistance à la compression en fonction de la disposition des éprouvettes est donnée dans le (tableau 3.2).

Direction

27(MPa)

Figure 3.1 : résultats d'essai de compression sur l'éprouvette

3.2 : résultat expérimentales sur l'éprouvette

Les Résultat expérimentaux sur Huit éprouvettes sont construits et testés en compression et ces les résultats de compression sont présentés dans ce qui suit.

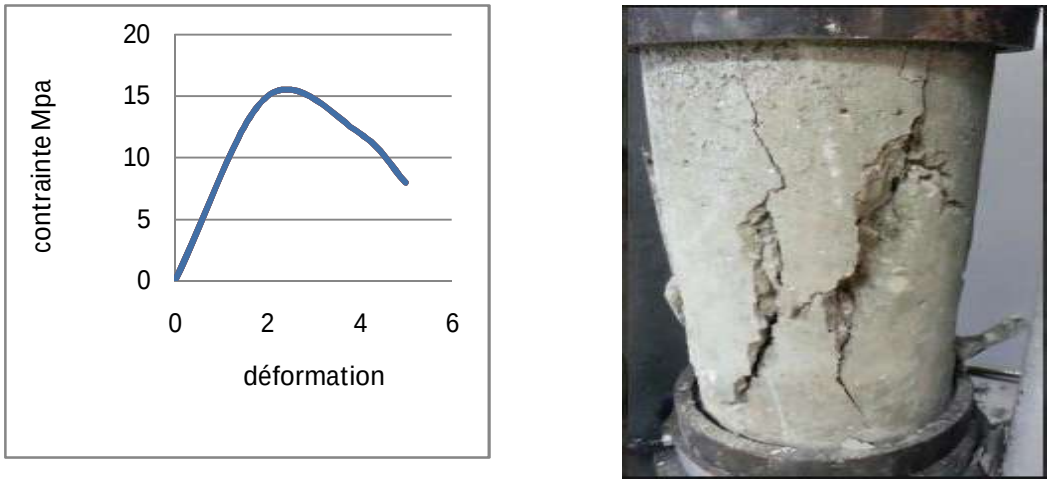


Figure 3.2 : le mode de rupture d'éprouvette témoin Ep1T.

Le calcul de la ductilité est effectué pour éprouvette de référence. Le changement de la valeur du déplacement maximal et élastique est fortement relié au mode de rupture. Le déplacement maximal enregistré dans l'éprouvette EpT est de mm,

La (figure V.4) illustre un comportement fragile des éprouvettes témoins jusque un déplacement de mm.

Aussi, la courbe est caractérisée par quelque saut de déplacement, du au frottement entre les éprouvettes atteignant et le déplacement de mm.

3.2.1 Comportement de l'éprouvette renforcée par fibre de verre

Les éprouvettes renforcées par les composites FC reflètent une augmentation différente de la valeur de la résistance à la compression selon l'orientation des fibres de renforcement et leur pourcentage.

- **Eprouvette renforcé *sur toute la surface EpS* :**

L'éprouvette **EpS** reprend une force maximale de 411 KN soit une valeur de 22 MPa pour la résistance à la compression. Le déplacement élastique enregistré est égale à 5 mm (Figure V.4).

Le mode de rupture s'est produit par une fissuration longitudinale qui traverse des éprouvettes.

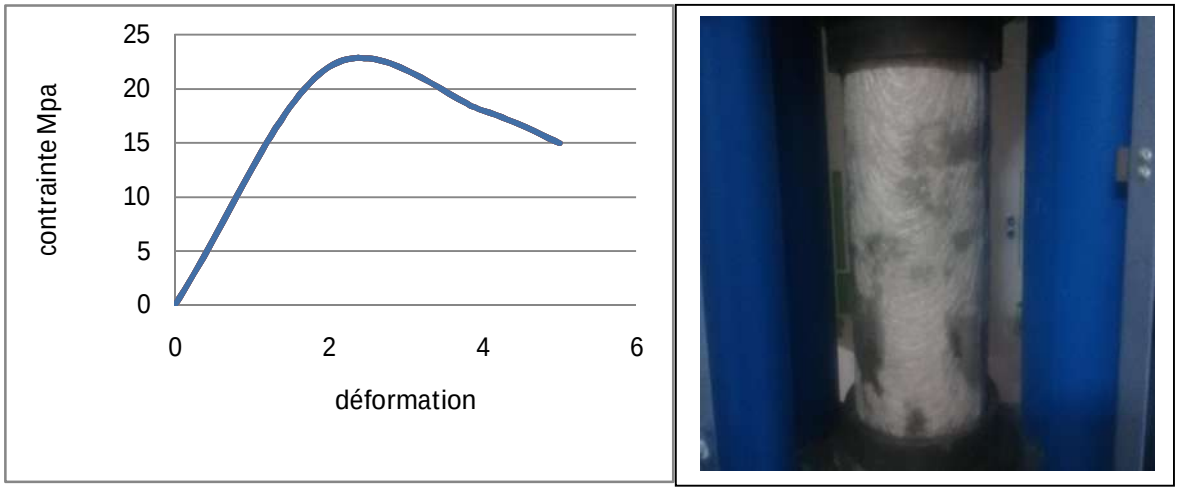


Figure 3.3 Diagramme de compression-déplacement surfacique EpS.

- **Eprouvette renforcé Par deux bandes horizontalement(Ep2H):**

L'éprouvette **Ep2H** reprend une force maximale de 220.484 KN soit une valeur de 24 MPa pour la résistance à la compression. Le déplacement élastique enregistré est égale à 6 mm. (Figure V.5).

Le mode de rupture s'est produit par une fissuration longitudinale qui traverse des éprouvettes.

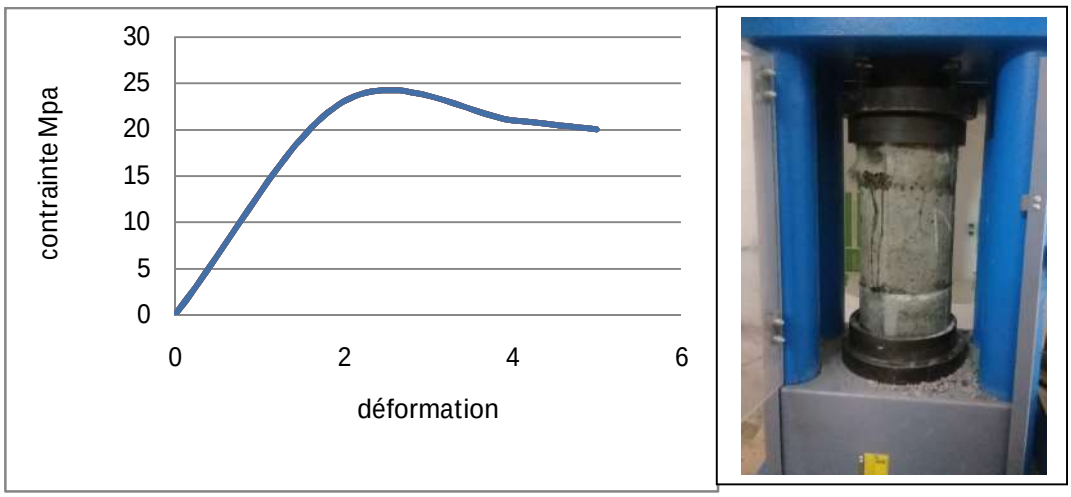


Figure 3.4 Diagramme de compression-déplacement horizontalement (Ep2H).

❖ **Eprouvette renforcé par trois bandes horizontalement (Ep3H):**

L'éprouvette (Ep3H) reprend une force maximale de 258.868 KN soit une valeur de 25 MPa pour la résistance à la compression. Le déplacement élastique enregistré est égale à 7 mm. (Figure 3.5)

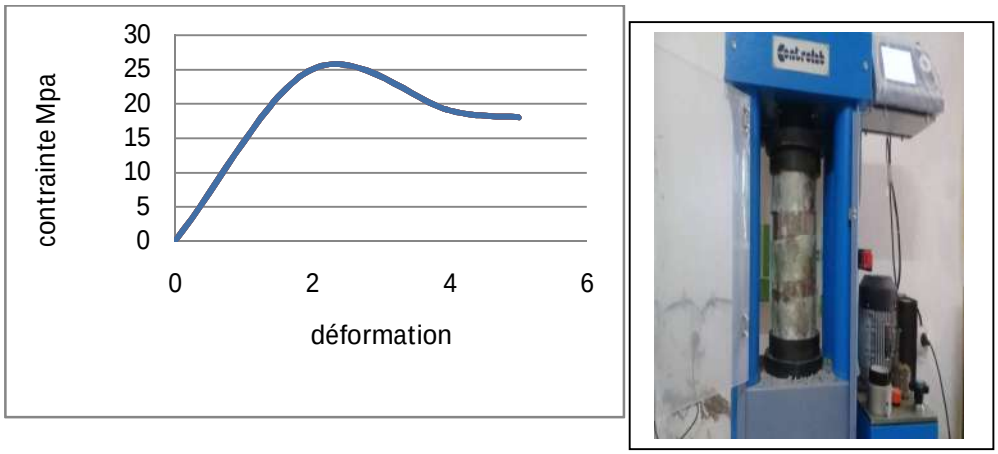


Figure 3.5 Diagramme de compression-déplacement angulaire Ep3H .

❖ **Eprouvette renforcéspiralement (Ep4 spirale)**

L'éprouvette (Ep3H) reprend une force maximale de 258.868 KN soit une valeur de 25 MPa pour la résistance à la compression. Le déplacement élastique enregistré est égale à 6 mm (Figure V.5)

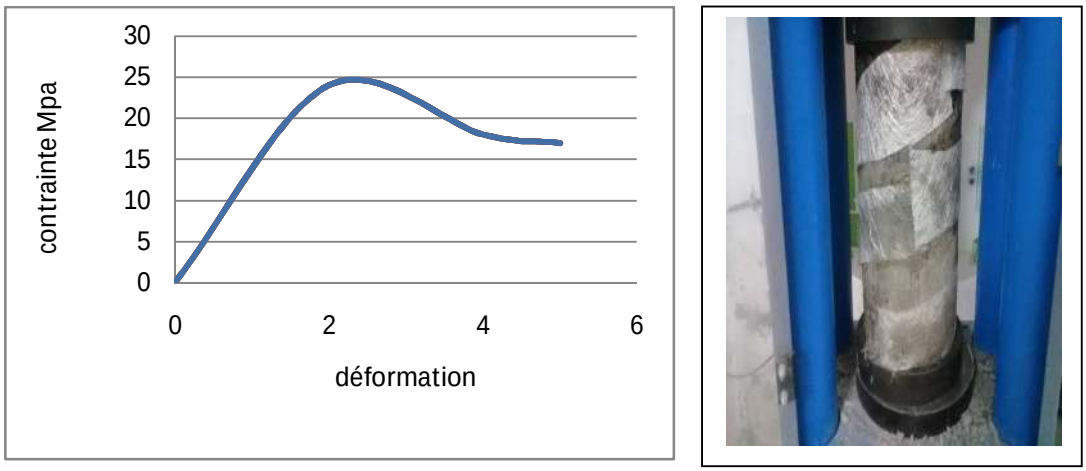


Figure 3.6 Diagramme de compression-déplacement angulaire Ep4 spirale.

❖ **Eprouvette renforcé par deux bandes horizontale et quatre verticale (Ep5HV):**

L'éprouvette (Ep5HV):reprend une force maximale de 258.868 KN soit une valeur de 23 MPa pour la résistance à la compression. Le déplacement élastique enregistré est égale à 6.5 mm (Figure V.5*)*

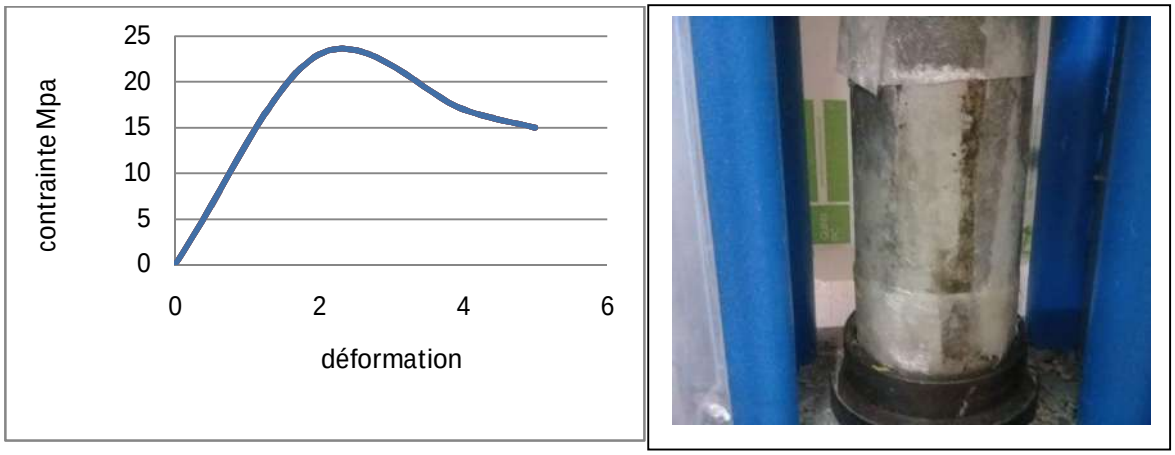


Figure 3.7 Diagramme de compression-déplacement angulaire Ep5HV.

❖ **Eprouvette renforcé par trois bandes horizontale et quatre verticales(Ep6HV):**

L'éprouvette (Ep5HV):reprend une force maximale de 258.868 KN soit une valeur de 25 MPa pour la résistance à la compression. Le déplacement élastique enregistré est égale à 6.8 mm (Figure V.5*)*

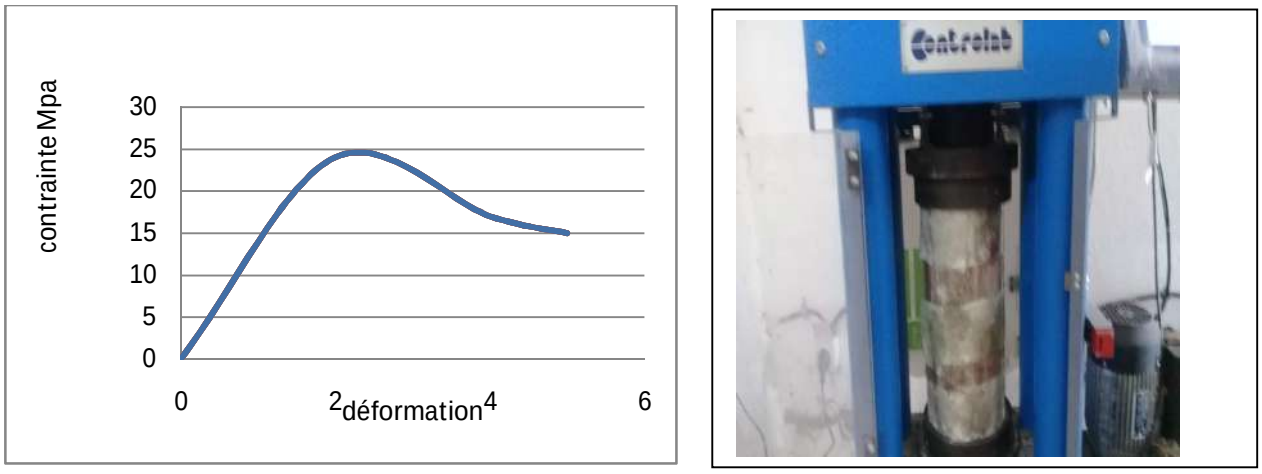


Figure 3.8 Diagramme de compression-déplacement angulaire Ep6HV**.**

❖ **Eprouvette renforcé sur toute la surface et quatre bandes verticale (Ep7SV)**

L'éprouvette (Ep7SV)reprend une force maximale de 258.868 KN soit une valeur de 27 MPa pour la résistance à la compression. Le déplacement élastique enregistré est égale à 7 mm (Figure V.9*)*

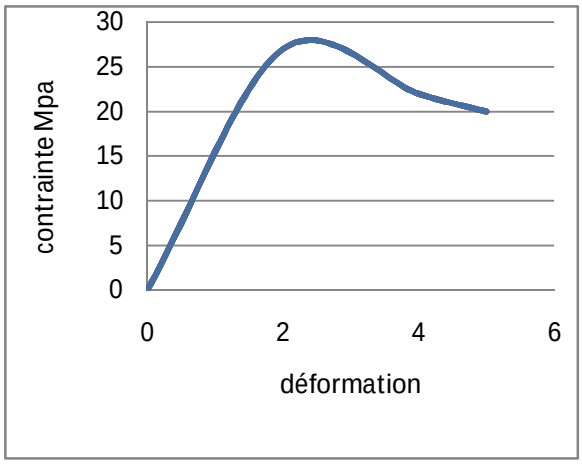




Figure 3.9 Diagramme de compression-déplacement angulaire Ep7SV.

3.3 Conclusion :

Le renforcement par fibres de verre sert à augmenter la résistance de compression par rapport aux éprouvette témoins.

Aussi On conclure, que la disposition longitudinale amélioré le comportement à la compression, avec un taux de renforcement le plus économique.

Le déplacement ultime varié de 12 à 39 mm et le déplacement élastique de 9.5 à 17mm.

Le renforcement diagonale amélioré le comportement à la compression des éprouvettes, avec un taux de renforcement le plus économique.

Conslusions générales et Recommandations

Conclusions générales

Le renforcement par confinement par matériaux composites des éprouvettes de béton endommagées par des températures de 200°C est l'objectif de cette étude. Les différents résultats obtenus sur l'effet de la disposition des bandes de tissus à base de fibre de verre ont permis de formuler les conclusions suivantes :

Le renforcement par fibres de verre sert à augmenter la résistance de compression par rapport aux éprouvette non endommagées..

Aussi on conclure que :

- La disposition longitudinale amélioré le comportement à la compression, avec un taux de renforcement le plus économique.
- Le déplacement ultime varié de 12 à 39 mm et le déplacement élastique de 9.5 à 17mm.
- Le renforcement diagonale amélioré le comportement à la compression des éprouvettes, avec un taux de renforcement le plus économique.

Recommandations

Nous recommandons ce qui suit :

- Prendre en compte l'élancement géométrique des éléments Longueur / Diamètre
- Tenir compte de la résistance à la compression du béton non confiné
- Utiliser d'autres formes géométriques des éléments confinés.

reference bibiliographique

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

[1] Joseph Aspdin «building construction

[2] Joseph Aspdin «béton –und monierbeau

[3] Jean-Pierre Adam ; « La Construction romaine. Matériaux et techniques ». Sixième édition. Grands manuels picards, 2011.

[4] E. Freyssinet, « Progrès pratiques des méthodes de traitement mécanique des bétons », Deuxième Congrès de l'Association internationale des ponts et charpentes, octobre1936.

[5] Olivier Gagliardini, « Cours de Béton Armé IUP GCI3 option OS», IUP Génie Civil et Infrastructures, UJF-Grenoble, Année 2004/05.

[6] Moussaoui Boualem, « apport du confinement du béton sur le comportement des éléments de structure au flambement », Mémoire de Magister, Université MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou, p66, juin 2011

[7] Oubraham C, « simulation du comportement instantané et différé d'une zone fléchie en béton armé » ; Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012.

[8] Sargin. M « stress-strain relationships for concrete and the analysis on the Structural concrete section», Solid Mechanics Division, University of Waterloo, Canada, 1971.

[9] Mazars J. «Application de la mécanique de l'endommagement au comportement non-linéaire et à la rupture du béton de structure», Thèse de docteur d'état Université Pierre et Marie Curie (paris VI), France, 1984.

[10]Berthelot, J.M., Matériaux composites, comportement mécanique et analyse des structures. Livre, éditions : Lavoisier, 2005.

[11] Chatain, M Matériaux composites, **«** présentation générale», AM 5000, Technique de l'Ingénieur, traité plastiques et composites, Vol.AM 6, 2001.

[12] Madouni Lylia ; « simulation numérique des éléments en bétons confinés par des grilles métalliques» Mémoire de Master ; p 26 Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2011.

[12 Raphaëlle Sadone ; « Comportement de poteaux en béton armé renforcés par matériaux composites, soumis à des sollicitations de type sismique, et analyse d'éléments de dimensionnement », thèse de Doctorat, 12 décembre 2011.

[13] Charewicz A. et Daniel I.M. « Damage Mechanisms and accumulation in graphite epoxy laminates ». Composite Materials fatigue and fracture», ASTM STP 907, pp. 274-297, 1986.

[14] Abdelmadjid Si Salem ; « Développement d'une poutre en béton-composite : analyse expérimentale et modélisation » Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou, 2016.

[15] Khmissi ,larbi et libel **«** étude de comportement des panneaux renforcé par fibre de carbone

[16] Mayes JS, Hansen AC. **«** Composite laminate failure analysis using multi continuum theory», Comp SciTechnol, 64, pp 379–394, 2004.

[17] Carolin, A. « Carbone fiber reinforced polymers for strengthening of structural elements». Doctorate Thesis, Lulea University of technology, 178p, 2003.

[18] Jiang T, Teng JG. Analysis-oriented stress–strain models for FRP-confined concrete. Engineering Structures ; 2968–86, 2007.

[19] K. Saidani « Analyse des composites sandwichs et qualification de leur intégrité vis-à- vis de la ruine » Thèse de Doctorat, L'université de Tizi Ouzou, 2013.

[20] Ait Taleb Souad «Simulation numérique d'un cylindre en béton confiné hélicoïdalement par des bande en FRP ». Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, juillet 2012.

[21] Mufti; A.A; Erki; M.A. and Jaeger; L.G. «Advanced Composite Materials with Application to Bridges », Canadian society for civil engineering, 297 p, 1991.

[22] Rafic Younes « Matériaux Composites » polycopie de cours Master Mécanique, Lebanese University · Faculty of Engineering , 2010.

[23] Houhou, N. « Durabilité des interfaces collées béton/renforts composites: développement d'une méthodologie d'étude basée sur un dispositif de fluage innovant conçu pour être couplé à un vieillissement hygrothermique». Thèse de Doctorat, Structures et Matériaux‟ de l'Université Paris-Est, 2012.

[24] Foo, S., Naumoski, N. ET Saatciolou, M. «Aléas sismiques, codes du bâtiment et opinions d'atténuation des risques pour les immeubles canadiens», Bureau de la Protection des Infrastructures Essentielles et de la Protection Civil, Ministère des Travaux Publics et Service Gouvernementaux, N° du Catalogue : D 82-73/2002F-IN ; 2001.

[25] Sheikh, S.A. et Uzumeri, S.M. «Strength and ductility of tied concrete columns», Journal of Structural Division, ASCE, Vol. 106, No. 5, pp. 1079-1102, 1980.

[26] Richart, F.E., Brandtzaeg, A. Et Brown, R.L. «A Study of the Failure of Concrete under Combined Compressive Stresses», University of Illinois, Engineering Experimental Station, Urbana, Bulletin no 185, 104 p.1928.

[27] Young Q., Qin Q, Zheng D. «analytical and numerical investigation of interfacial stress of FRP-concrete hybrid structure». Composite structure, 57221-226, 2002.

[28] Chafika Ali Ahmed, «Optimisation des paramètres de réhabilitation, par les matériaux composites, des structures endommagées : Techniques – expérimentation et modélisation», Thèse de Doctorat, Université MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou, 2016.

[29] Mazzucco G., Salomoni V.A , Majorana C.E, Pellegrino C, Ceccato C. «Numerical investigation of concrete columns with external FRP jackets subjected to axial loads». Construction and Building Materials 111 590–599. 2016.

[30] Considere A. « Experimental researches on reinforced concrete». Translated and Arragged by Leon S. Moisseiff, New York, McGraw. 1903.

[31] Moussa makhlouf. « etude de renforcement du comportement en cisaillementd'un mur en maconnerie 2016 .