

# CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES COMPOSITES À BASE DE FIBRES DE DISS DANS DIFFÉRENTES MATRICES

**Salah FERTIKH<sup>1</sup>, Mouloud MERZOUD<sup>1</sup>, Meriem BOUNADJA<sup>1</sup>, Amira GHANIA<sup>1</sup>,  
Amar BENAZZOUK<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Laboratoire de Génie Civil, Université Badji Mokhtar Annaba, BP 12, Annaba 23000 Algérie

<sup>2</sup> Laboratoire des Technologies Innovantes, Université de Picardie Jules Verne, IUT d'Amiens département de Génie Civil, Avenue des Facultés, 80025 Amiens Cedex 01, France

## 1. INTRODUCTION

Les fibres végétales sont de plus en plus utilisées comme renfort dans les matériaux de constructions. Elles constituent en effet une ressource renouvelable, naturellement biodégradable, et disposant de nombreuses qualités mécaniques et hydriques. Les plus utilisées sont les fibres libériennes, comme le kénaf, le jute, la ramie, et surtout le chanvre et le lin, qui peuvent dans certains cas se substituer à la fibre de verre. La fibre diss présente aussi des caractéristiques mécaniques très importantes, elle a une résistance à la traction de l'ordre de 100 MPa, un module d'élasticité de l'ordre de 6000 MPa et une structure épineuse, qui offre une forte adhésion des fibres à la pâte de ciment. L'utilisation du diss dans des composites à matrice cimentaire a été initiée pour la première fois par (Merzoud et Habita 2008), ils ont trouvé que ces composites présentent des résistances en traction par flexion qui varient entre 0.11 pour les composites de diss non bouilli à 3.67 MPa pour les composites à fibres préalablement mouillées, et des résistances à la compression qui varient entre 0.21 pour les composites à base de fibres de diss naturelles à 5.06 MPa

pour les composites à base de fibres prémouillées, en plus d'un comportement ductile, puisque les composites ne rompent qu'après quatre à cinq chargements en flexion. Plusieurs traitements ont été aussi utilisés (Merzoud et al, 2008) pour améliorer les caractéristiques mécaniques des composites, puisque les composites cimentaires à base fibres de diss naturel ont présenté des résistances mécaniques très faibles, à cause des composants hydrosolubles renfermés dans la plante, et en particulier les sucres évalués à 62.24% pour le diss non bouilli et quasiment nuls pour le diss bouilli.

L'introduction des fibres végétales dans des matrices a été l'objet de plusieurs recherches, (Pacheco-Torgal F et Jalali S, 2011) ont attiré l'attention des chercheurs sur le choix du bon traitement des fibres pour améliorer la compatibilité entre les fibres et la matrice à court et long terme.

Les fibres végétales sont généralement utilisées comme renfort dans des matrices cimentaires, les fibres utilisées sont généralement courtes. (Silva F.L et al, 2010) ont étudié le comportement mécanique de composites à longues feuilles de sisal à matrices cimentaires ordinaires ou améliorées par le remplacement de 50% de ciment par de l'ar-

gile calcinée. Ils ont trouvé que les composites à matrices améliorées ont donné des résistances ultimes à la traction et des déformations plus importantes que les composites à matrices cimentaires, aussi bien en traction directe qu'en flexion.

Des composites renforcés de polymères naturels fabriqués à partir d'algues brunes (alginate) ou de fibres de laine de mouton à matrices argileuses ont fait l'objet d'étude effectuée par (Galán-Marín C et al, 2010). Ils ont trouvé que ces fibres peuvent être utilisées pour renforcer les sols argileux, et la résistance à la compression peut atteindre 4.44 MPa.

Aamar Daya H (2004) a utilisé des poussières issues du teillage des fibres de lin comme agrégat dans un composite à matrice cimentaire. Ses travaux ont montré que le traitement à l'eau bouillie des poussières du lin améliore considérablement les résistances mécaniques des composites.

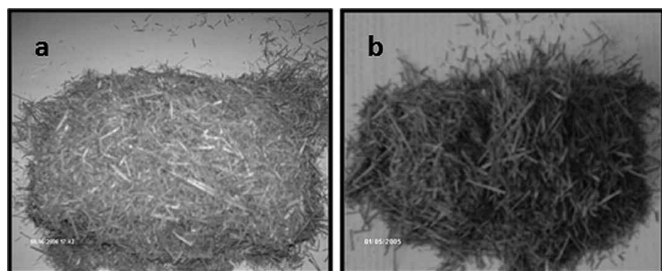
Fertikh S et col (2011) ont mis en évidence des composites à base de fibres de diss bouillies et non bouillies, ils ont trouvé que les fibres de diss non bouillies donnent des performances mécaniques meilleures que celles du diss bouilli, puisque le traitement hydrothermique modifie la morphologie des fibres, et provoquant ainsi une liaison à l'interface fibre/matrice beaucoup plus fragile. L'utilisation de fibres végétales à l'état naturel dans des matrices argileuses ne nécessite aucun traitement au préalable, alors que dans le cas de matrice cimentaire le traitement hydrothermique est indispensable pour éliminer les constituants hydrosolubles responsables du retard de prise et de la perte de résistance.

## 2. MATÉRIAUX ET TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES

On a utilisé des fibres de diss de 2 cm de longueur, broyées avec un broyeur à couteaux à découpe parallèle, et tamisées avec une maille de 10 mm, pour avoir des fibres plus ou moins uniformes (figure 1).

Les matériaux de base utilisés sont les suivants :

- fibres de diss naturel, séchées à l'étuve
- fibres traitées thermiquement à l'eau bouillante, puis séchées à l'étuve
- ciment utilisé est de type CPJ CEMII 42.5 GPJ de Hadjar Essoud d'Annaba, Les principales propriétés physiques
- chaux éteinte commerciale
- argile naturelle utilisée par la briqueterie de Treat (Région de Annaba, Algérie)



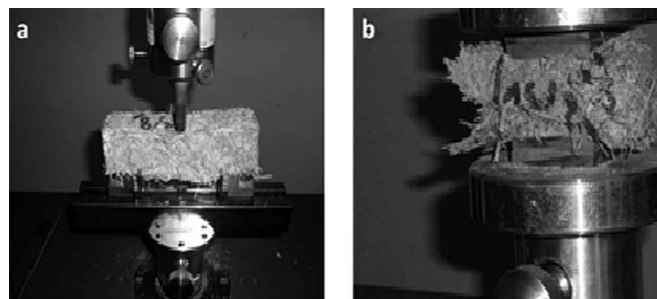
**Figure 1** Fibres de diss broyées. (a) non bouillies (b) bouillies

Les éprouvettes confectionnées avec différentes fibres, traitées ou non, sont conservées pendant 28 jours dans une chambre humide (R.H = 95%, T= 20°C), puis placées à l'étuve à 50°C jusqu'à masse constante.

Les résistances mécaniques en compression et en traction par flexion trois points ont été déterminées, suivant la norme EN 196-1, sur des éprouvettes prismatiques 4 x 4 x 16 cm. Ces essais sont réalisés sur un banc d'essai is de traction par flexion sont réalisés à l'aide d'un banc d'essai de marque Zwick/Roel de type BT1-FR020THW.A50 de capacité de 20 KN (figure 2 et 3), spécialement conçu pour ce type de matériaux, relié à un système d'acquisition de données automatique.



**Figure 2.** Machine universelle type Zwick/Roell, capacité 20 KN



**Figure 3.** (a) Montage d'essai de flexion (b) Montage d'essai de compression

## 3. FORMULATIONS

Les masses volumiques apparentes des fibres de diss non traitées et séchées à masse constante sont de l'ordre de 50.3 grammes/litres, et des fibres traitées à l'eau bouillie de l'ordre de 37.5 g/l. Les masses volumiques apparentes des matrices considérées sont pour le ciment, l'argile, la chaux de 1050, 1107 et 433 kg/l respectivement.

Les indications comprenant C : représente la matrice cimentaire, le A : matrice argileuse, Ch : matrice chaux, A-Ch : matrice Argile-chaux, DN.B : correspond au diss non bouilli, le DB : au diss bouilli.

Les formulations sont représentées par les proportions volumétriques du Diss : Matrice : Eau/Matrice, respectivement.

Nomenclature	Matrice	Proportions			
		Diss	Matrice	Eau/Matrice	Formulation
CDB	Ciment	4	1	0.7	4 : 1 : 0.7
ADB	Argile	4	1	0.9	4 : 1 : 0.9
ADNB	Argile	4	1	0.9	4 : 1 : 0.9
ChDB	Chaux	4	1	0.66	4 : 1 : 0.66
ChNDB	Chaux	4	1	0.66	4 : 1 : 0.66
A-ChDB	Argile et chaux	4	1	0.8	4 : 1 : 0.8
A-ChNDB	Argile et chaux	4	1	0.8	4 : 1 : 0.8

**Tableau 1. Différentes formulations utilisées**

Pour toutes les formulations, nous avons considéré le rapport volumétrique Diss/matrice égal à 4.0.

Les formulations en proportions volumiques, utilisées pour l'élaboration des composites, sont données par le tableau 1.

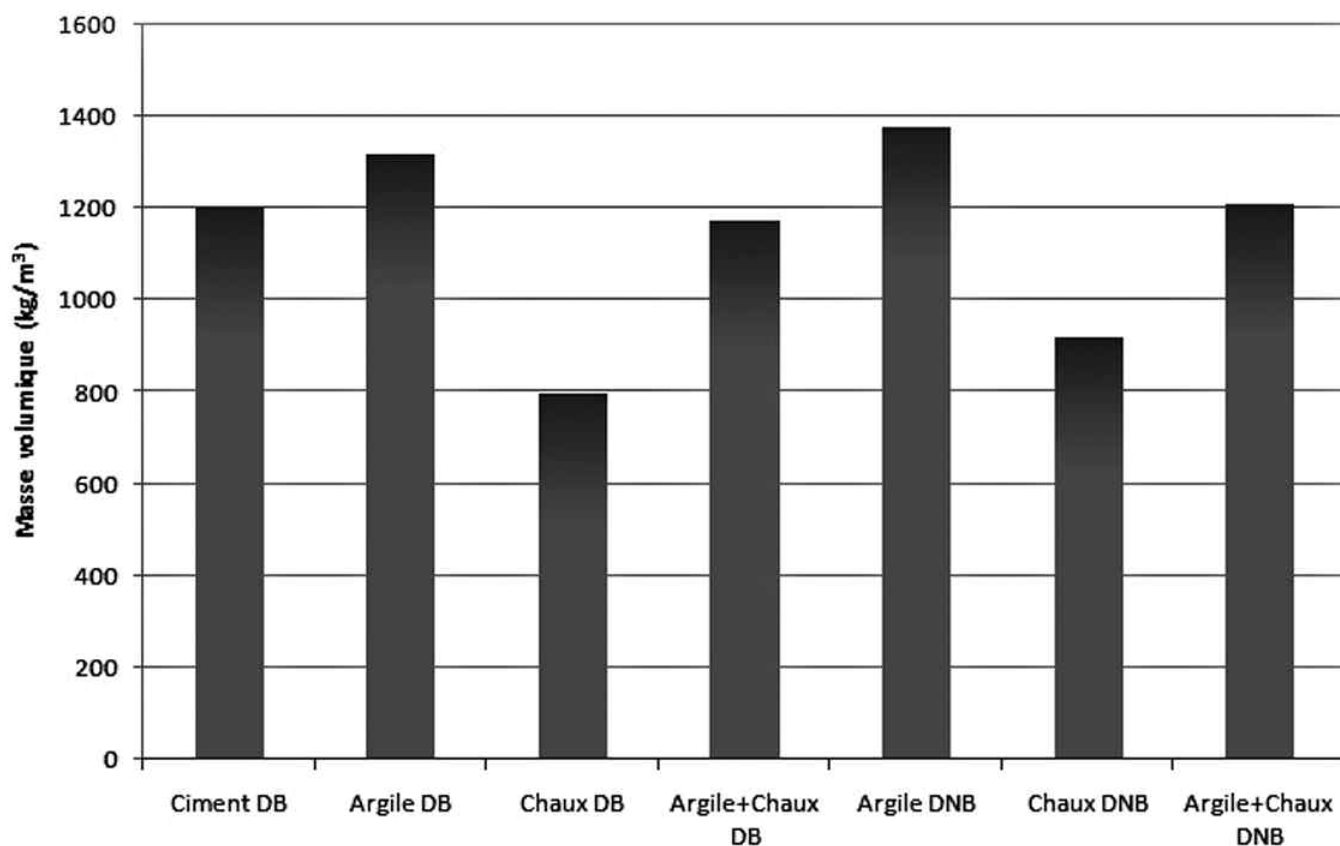
## 4. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX ET ANALYSES

Les différents essais mécaniques ont été réalisés sur trois échantillons, à 28 jours avec une vitesse constante de 5 mm/min.

### 4.1. Masses volumiques des composites

L'évolution de la masse volumique du composite en fonction de la formulation sont représentés sur la figure 4. Compte tenu de la faible masse volumique des fibres, celle des composites varie généralement en fonction de la matrice utilisée.

Les masses volumiques des composites à base de fibres traitées hydro-thermiquement sont légèrement plus faibles que ceux à base de fibres non traitées, en raison de l'extraction des fractions hydrosolubles par ébullition contenues dans les fibres naturelles qui allègent les fibres. Les masses volumiques de ces composites dépendent également de la



**Figure 4. Masses volumiques des composites pour les différentes formulations**

masse volumique apparente des liants utilisés, on constate qu'elles sont de l'ordre de  $800 \text{ kg/m}^3$  pour ceux élaborés avec la chaux, de l'ordre de  $1200 \text{ kg/m}^3$  pour les composites élaborés avec le ciment et l'argile et chaux, et de l'ordre de  $1350 \text{ kg/m}^3$  pour ceux confectionnés avec une matrice argileuse.

## 4.2. Comportement des composites en flexion

Les résultats de flexion des matrices pures sont donnés sur la figure 5.

Les contraintes et les déformations sont données automatiquement par la machine de flexion qui est reliée à un système d'acquisition de données.

On constate des résultats de la figure 5 que les contraintes en flexion de la pâte de ciment est plus importante que celles des autres matrices, avec en revanche une plus faible déformabilité. Les plus grandes déformations sont observées dans les éprouvettes d'argile qui, malgré la faible contrainte de flexion, ils arrivent à une déformation en flexion qui dépasse les 3.5%.

Les résultats des contraintes-déformations en flexion trois points des composites de fibres de diss avec différentes matrices traitées ou non traitées sont résumés sur la figure 6.

Les valeurs des contraintes de flexion des différents composites, ainsi que la déformation à la rupture sont résumées sur le tableau 2

Composite	Contrainte de rupture (MPa)	Déformation à la rupture (%)
CDB	2.98	10.24
ADB	0.93	21.18
CDB	0.52	13.67
A-ChDB	0.68	7.16
ADNB	0.88	7.06
CDNB	0.98	7.24
A-ChDNB	0.65	4.3

Tableau 2. Contraintes et déformations à la rupture

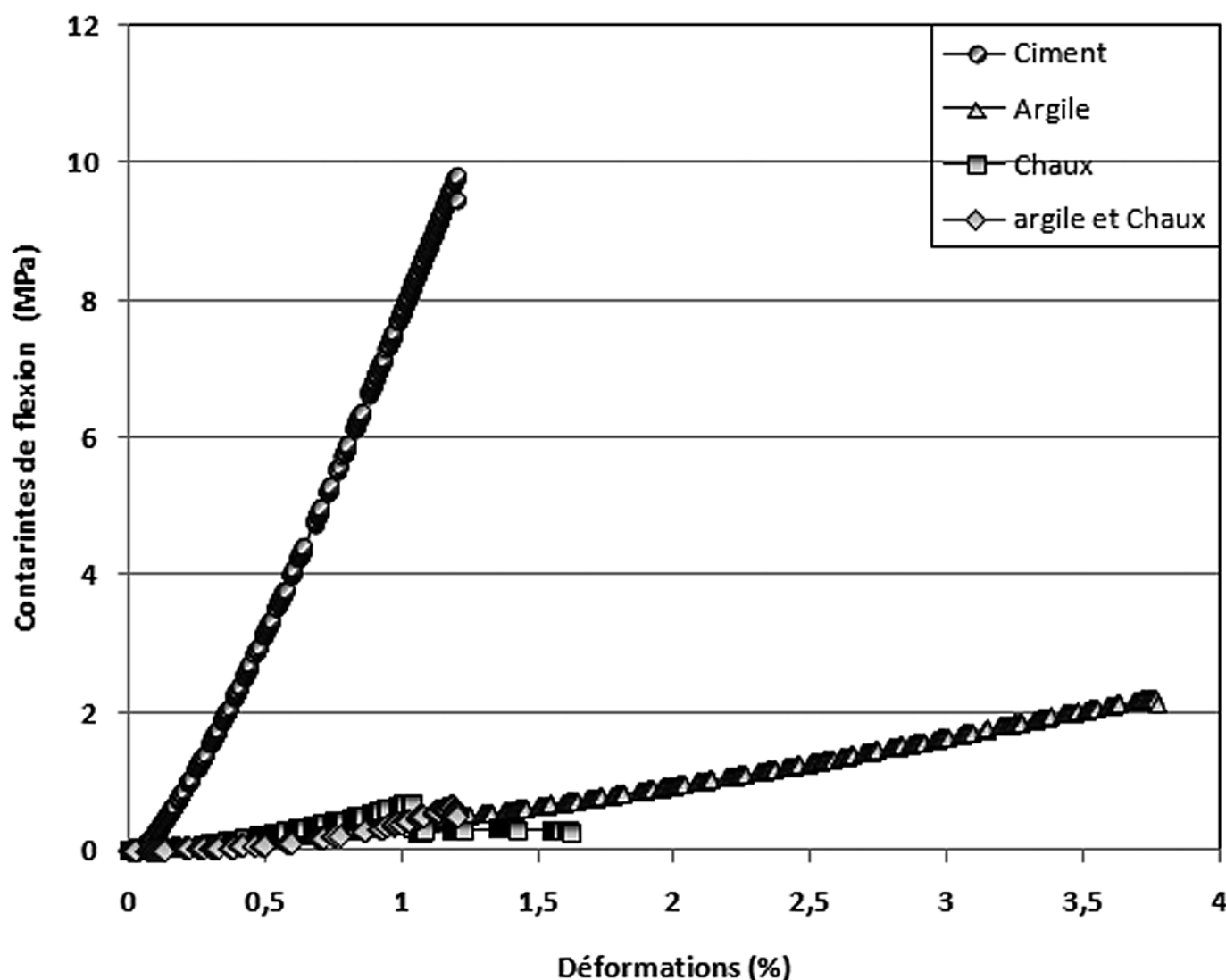


Figure 5. Contraintes-déformations en flexion des pâtes pures des matrices

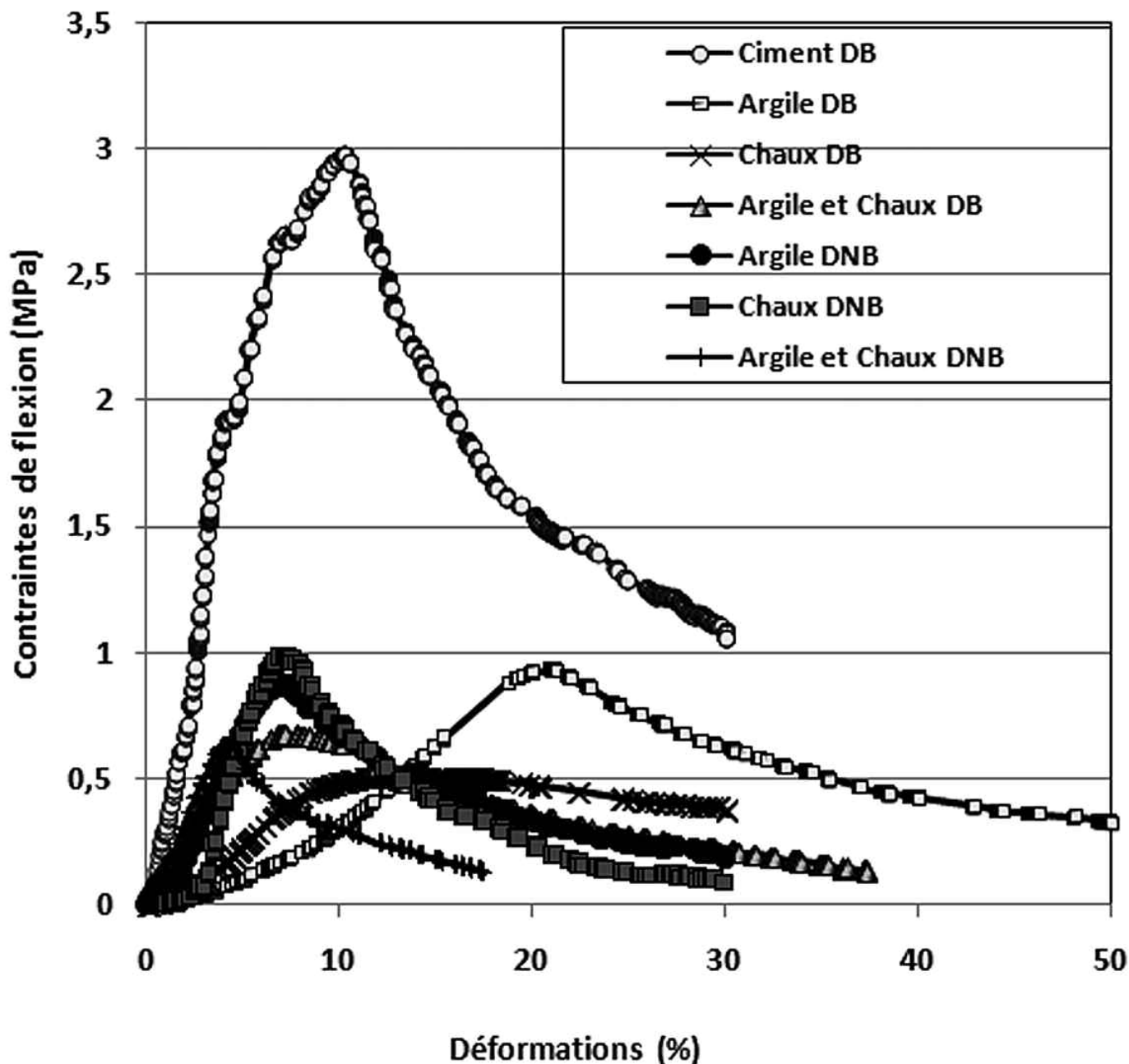


Figure 6. Courbes Contraintes-déformations des différentes composites en flexion

#### 4.3. Comportement des composites en compression

Les résultats des résistances à la compression des matrices pures sont représentés sur la figure 7.

On constate que la résistance à la compression de la pâte de ciment dépasse largement la résistance à la compression des autres pâtes des matrices utilisées.

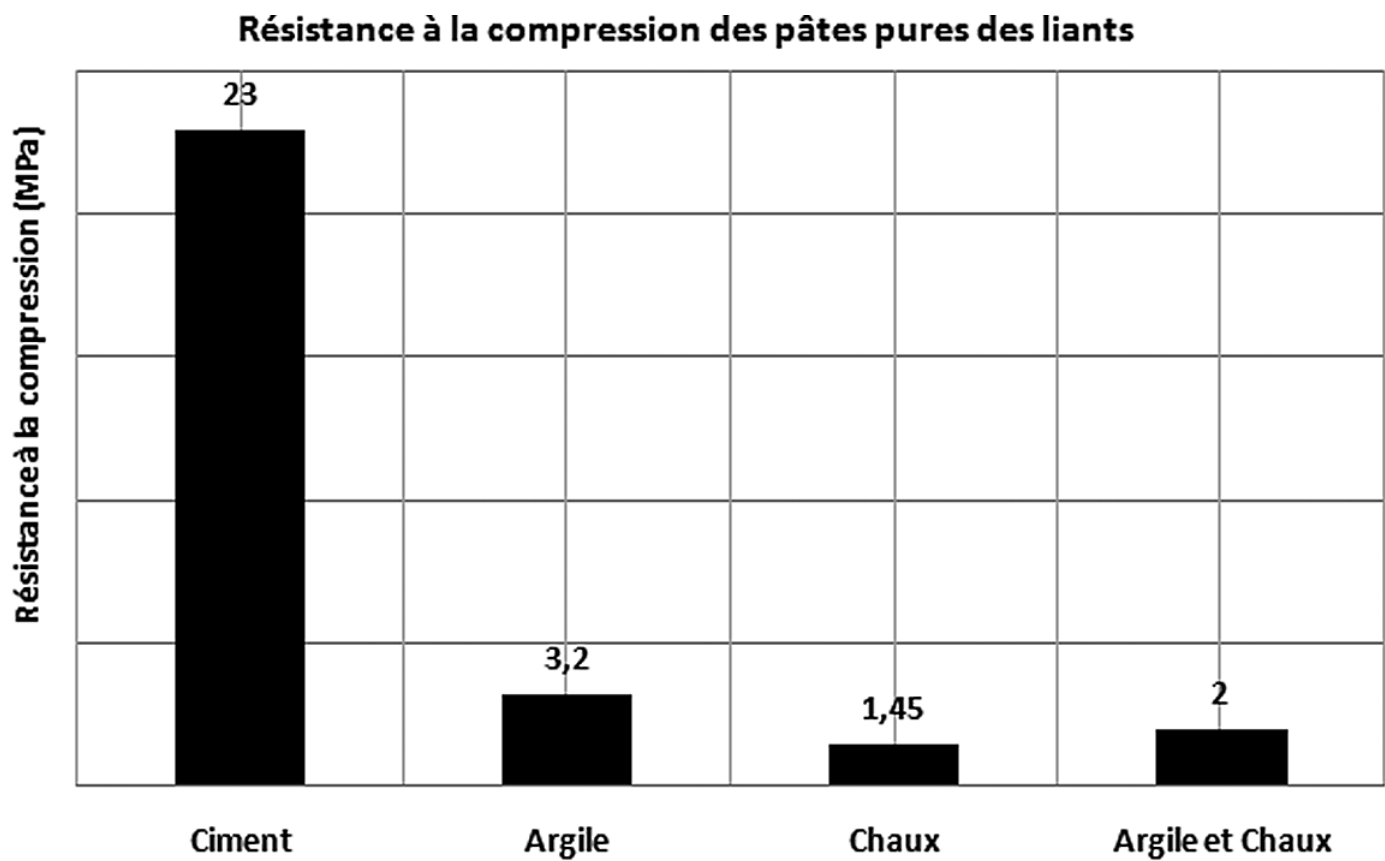
Les résultats des résistances à la compression des composites à fibres de diss de bouillies ou non sont représentés sur la figure 8.

De ces résultats de la figure 8, on constate que malgré les grandes résistances de la pâte de ciment, la résistance de

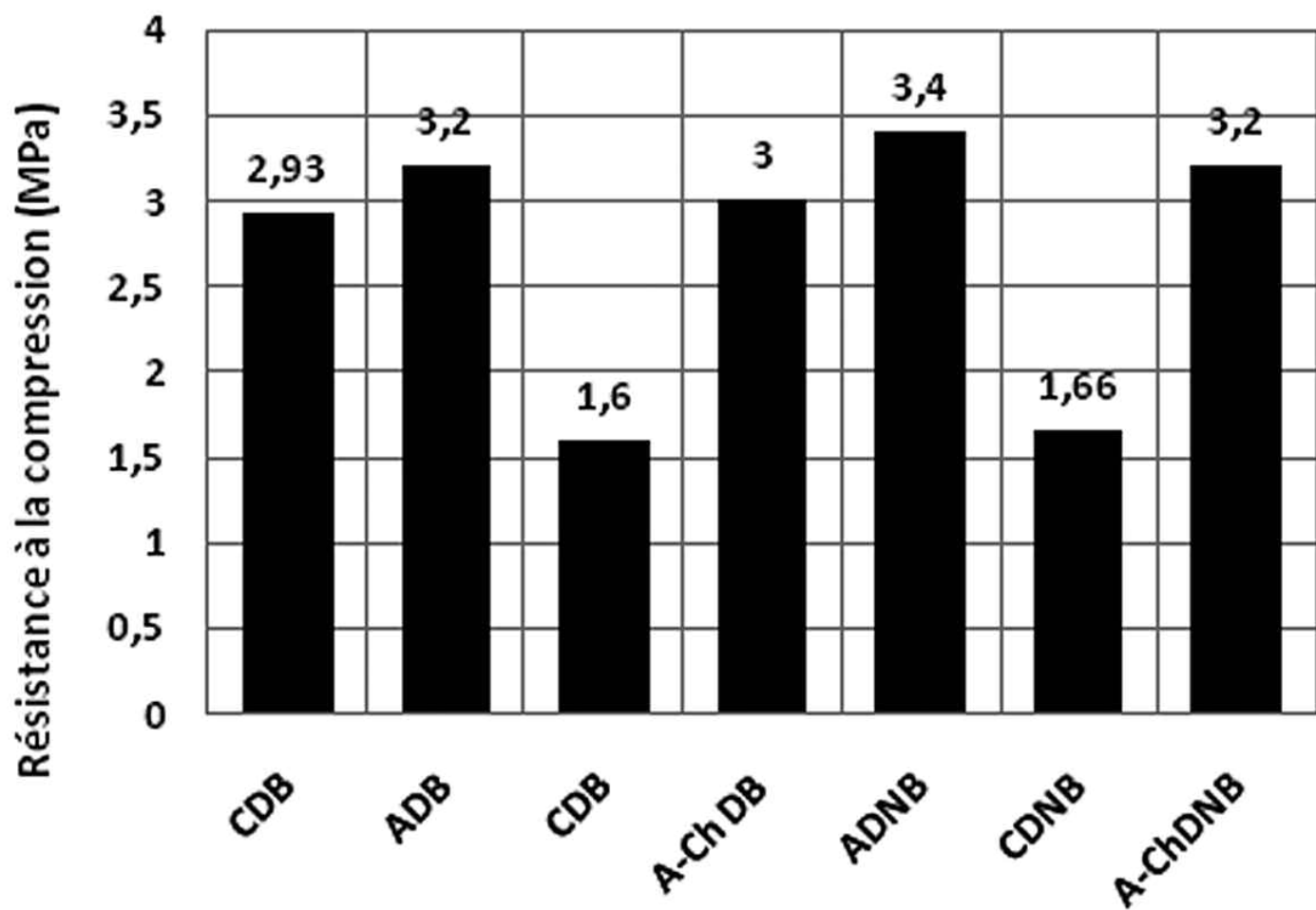
ses composites à base de fibres de diss présente des résistances légèrement inférieures au composite à base d'argile dont la résistance à la compression de la pâte d'argile pure n'est que de 3.2 MPa, identique à la résistance des composites de diss.

#### 5. CONCLUSIONS

L'utilisation de l'argile ou de la combinaison argile-chaux dans les composites à base de fibres naturelles comme le diss permet de pallier aux phénomènes d'inhibition qui s'opèrent dans le cas d'une matrice cimentaire.



*Figure 7. Résistances à la compression de différentes matrices*



*Figure 8. Résistances à la compression de différentes composites*



Les fibres naturelles interagissent mal avec la pâte de ciment à cause des substances inhibitrices hydrosolubles et particulièrement les sucres, qui se manifestent généralement par un retard de prise, et la perte de résistance du matériau. Cet effet disparaît complètement avec toutes les autres matrices utilisées.

On constate que pour les autres matrices autres que ciment, les résistances mécaniques sont légèrement réduites en flexion ou en compression, puisque le traitement à l'eau bouillante modifie la morphologie des fibres, et provoquant ainsi un changement à l'interface fibre/matrice, par la disparition de certaines épines présentes dans le diss.

Les composites à matrices argileuses, chaux et argile-chaux interagissent bien avec les fibres naturelles grâce à la présence des épines qui augmentent l'adhérence fibres-liants, et une excellente compatibilité entre les fibres naturelles et les liants utilisés. Par contre dans le cas de fibres naturelles associées à une matrice cimentaire il y a une incompatibilité entre ces deux mélanges, à cause des réactions d'hydratation dues aux substances hydrosolubles contenues dans les fibres de diss, qui causent un important retard de prise, qui rend le ciment inactif et cause ainsi une perte de résistance (Merzoud M et Habita M.F 2008).

Les composites obtenus ont une masse volumique très réduite, qui permet de classer ces matériaux comme étant légers et ont un comportement très ductile, qui laisse envisager utiliser ce matériau comme remplissage dans les zones sismiques.

## 6. BIBLIOGRAPHIE

Aamr-Daya H, « Contribution à la valorisation de coproduits du lin, poussières obtenues par aspiration lors du teillage, dans

une matrice cimentaire », Thèse de doctorat de l'Université de Picardie Jules Verne, Septembre 2004.

Fertikh S, Merzoud M, Benazzouk A, Douzane O, Langlet T «Elaboration et caractérisation de composites à base de fibres naturelles de diss à matrice argile/chaux ».

*Récents Progrès en Génie des Procédés, Numéro 101 - 2011ISSN 1775-335X - ISBN 2-910239-75-6, Ed. SFGP, Paris, France.*

Galán-Marín C, Rivera-Gómez C, Petric J « Clay-based composite stabilized with natural polymer and fiber, Construction building and materials, 24(2010) 1462-1468.

Ledhem A, Dheilly R.M, Benmalek M.L, Quéneudec M. Properties of wood-based composites formulated with aggregate industry waste, Construction and Building Materials 14 (2000), 341-350.

Merzoud M, Dheilly R.M, Goullieux A, Queneudec M, Habita M.F « Optimisation of Lignocellulosic Composite formulated with a local resource :The Diss (*Ampelodesma mauritanica*), Proceeding of the 7th International Congress 8-10 July 2008, Dundee Scotland, U.K, Edition IHS BRE presse, ISBN-13: 978-1-84806-037-1, pp 651-660.

Merzoud M, Habita M.F « Elaboration and characterization of cementitious composites with diss fibres as masonry units », Asian Journal (Building and Housing ISSN 1563-0854, August 2008, Vol 9, NO.4, pp 367-377.

Merzoud M, Habita M.F « Elaboration de composite cimentaire à base de diss « *Ampelodesma Mauritanica* », Journal Afrique Science, Vol 4 (2), 2008 pp.

Mohamed.M.A.S, Ghorbel E, Wardeh G "Valorization of micro-cellulose fibers in self-compacting concrete", Construction building and materials, 24(2010) 2473-2480.

Pacheco-Torgal. F, Jalali .S "Cementitious building materials reinforced with vegetable fibres: A review", Construction building and materials, 25(2011) 575-581.

Silva. F.A, Toledo Filho.R.D, Melo Filho.J.A, Rego Fairbairn.E.M "Physical and mechanical properties of durable sisal fiber-cement composites", Construction building and materials, 24(2010) 777-785.

Stancato A.C, Burke, A.K, Beraldo A.L, Mechanism of a vegetable waste composite with polymer-modified cement (VWCPMC), Cement and Concrete Composites 27 (2005) 599-603.