CONTRIBUTION A L'AMÉLIORATION DE CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON DE STRUCTURE A BASE DE SABLE DE DUNE CORRIGÉ ET RENFORCÉ PAR DES FIBRES MÉTALLIQUES

GUERMITI Laid[1,*], BENTEBBA Mohammed Tahar[1,μ], HADJOUDJA Mourad[2,η]
[1] *Laboratoire Exploitation et Valorisation des Ressources Naturelles en Zones Arides. Université Kasdi Merbah Ouargla, BP 511 Ouargla 30000, Algérie.*
[2]*Laboratoire de Recherche de Génie Civil, U.A.T. Laghouat, Laghouat 03000, Algérie.*
E-mails : *Guermiti_Laid@yahoo.fr, μ mohamedbentabba@yahoo.fr, η hadjoudja_m@yahoo.fr

RÉSUMÉ : Au cours de cette dernière décennie, l'Algérie a connu un développement rapide dans le secteur de construction, ce secteur est confronté aujourd'hui à deux exigences à priori contradictoires qui sont la réduction des coûts d'une part et l'amélioration de la qualité d'autre part. La disponibilité des matériaux locaux à savoir le sable de dunes qui couvre une grande partie du territoire (plus de 60% du territoire national) permet une exploitation et une valorisation dans le domaine de construction. Le sable joue un rôle très important dans la fabrication du béton, mais la plupart des chercheurs ont constaté que ce matériau présente quelques inconvénients tels que le grand retrait. L'expérience de la majorité des auteurs trouve que l'addition de fibres de toutes natures au béton et la correction du sable de dune par un autre sable d'oued ou autres conduisent à la diminution du retrait, l'augmentation des résistances à la compression et traction, et permet aussi d'améliorer certaines caractéristiques, porosité, vitesse ultrason, et autres.
MOTS CLÉS : sable de dune, béton de fibres, résistance mécaniques, retrait, durabilité.

ABSTRACT: A height development in the construction sector has knower at Algeria during this last decade. However, the construction has usually confronted to two contradictory factors: reducing the coast and improving the quality. The availability of local materials like, the dune sand, who covers more than 60% of Algeria aria, can offer a good valorization in the construction sectors. Sand dune plays a very important role in the manufacture of concrete, but most researchers have found that this material has some disadvantages such as large shrinkage. The experience of most authors found that the addition of fibers to concrete and the substitution of a part of sand dune by river sad can reduced the shrinkage, increased the compression and tension resistance, and can also improve others proprieties like, porosity, ultrasonic velocity.
KEYWORDS: sand dune, reinforced concrete, mechanical strength, shrinkage, durability.

الملخص : خلال العقد الماضي، الجزائر شهدت تطورا سريعا في قطاع البناء، هذا القطاع يواجه اليوم شرطين متناقضين، خفض التكاليف من جهة، وتحسين الجودة من جهة أخرى. توفر المواد المحلية مثل رمال الكثبان التي تغطي جزءا كبيرا من أراضينا (أكثر من 60٪ من مساحة البلاد) تسمح لنا باستغلالها وتثمينها في مجال البناء. الرمل يلعب دورا مهما جدا في صناعة الخرسانة، ولكن معظم الباحثين وجدوا أن هذه المواد لديها بعض العيوب مثل الانكماش. تجارب بعض الباحثون وجدوا أن إضافة الألياف بشتى أنواعها للخرسانة والتصحيح الحبيبي لرمل الكثبان برمل الوديان يؤدي إلى نقص في الانكماش وزيادة في المقاومة الضغط والشد. و يسمح كذلك بتحسين بعض الخصائص, كالمسامية, سرعة الأمواج فوق الصوتية.
الكلمات المفتاح : رمل الكثبان, خرسانة الألياف, مقاومة ميكانيكية, انكماش, ديمومة.

I. Introduction

Le béton est sans aucun doute été depuis longtemps, le matériau le plus utilisé dans tous les domaines de construction. Ce béton subit des fissurations dont les causes sont diverses : retrait, réactions chimiques, contraintes mécaniques. Pour lutter contre ces fissurations, le renforcement par des fibres peut ouvrir des solutions techniques pour améliorer ces performances rhéologiques et mécaniques. C'est dans ce cadre que nous allons entreprendre ce travail expérimental dont l'objectif principal est de contribuer d'une part, à la valorisation des matériaux locaux dans la formulation d'un béton de structure, et d'autre part dans l'étude de renforcement de ce béton par les déchets récupérés sur les chantiers "fil d'attache" comme des fibres métalliques. Cette idée contribue à la protection de l'environnement par la diminution du volume des déchets et la réduction du coût du béton de fibres tout en respectant les performances mécaniques du béton.

II. Programme expérimentale

II.1. Caractérisation physico-mécaniques des matériaux utilisés

Les matériaux utilisés, sont ceux disponibles au niveau local :

II.1.1. Gravier

Le gravier utilisé provient d'une roche calcaire de la région de Laghouat. Pour la formulation de notre béton on a choisi deux fractions, G3/8 et la fraction G8/15.

II.1.2. Sable

- le sable de dune SD provenant de la région Nord de la ville de Laghouat (HAMDA).
- le sable alluvionnaire SA a été extrait de l'Oued M'zi (région de Laghouat).

Les propriétés physico-mécaniques des granulats utilisés sont représentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Propriétés physico-mécaniques des granulats utilisés

Propriétés mesurées	SD		SA		G3/8	G8/15
Masse volumique absolue ρ_s (kg/m^3)	2667		2500		2667	
Masse volumique apparente ρ_a (kg/m^3)	1481		1549		1358	1481
Equivalent de sable Esv, Esp (%)	93	91	90	88	/	
Module de finesse Mf	1,23		2,79		/	
Coefficient d'absorption A_b (%)	0,50		1,20		1,12	1,81
Propreté superficielle P (%)	/				2,4	0,73
Coefficient de Los Angeles L_A (%)	/				28,76	

II.1.2.1. Correction du sable de dune

L'objectif de la correction de sable, c'est la recherche d'un bon sable à béton, qui est caractérisé par un module de finesse intégré dans le fuseau préférentielle ($2,20 \leq Mf \leq 2,80$) [1].

Selon la règle d'Abrams [2], on prend le sable de dune avec un Mf_1 =1,23 qu'on va corriger avec le sable alluvionnaire dont le Mf_2= 2,79 pour avoir un mélange dont le module de finesse sera égal à Mf = 2,35.

$$SD = \frac{(Mf - Mf2)}{(Mf1 - Mf2)} = 30\ \% \quad \& \quad SA = \frac{(Mf1 - Mf)}{(Mf1 - Mf2)} = 70\ \% \qquad (1)$$

Cette proportion de sable dunaire et alluvionnaire donne un autre type de sable dit le sable corrigé SC, qui caractérisé par un module de finesse Mf= 2,33.

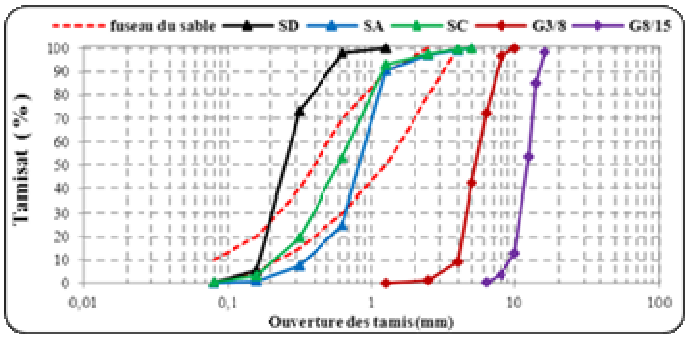

Figure 1 : Analyse granulométrique de différents

II.1.3. Ciment

Le ciment utilisé un ciment Portland composé (MATINE) CPJ-CEM II /A 42,5.

II.1.4. Eau de gâchage
L'eau de gâchage utilisée est l'eau potable du réseau publique de la ville de Laghouat.

II.1.5. Adjuvant
L'adjuvant utilisé est un super plastifiant nommé MEDAFLOW 30.

II.1.6. Fibres
Les fibres utilisées sont locales et proviennent de la récupération. Elles sont issues des déchets sur les chantiers "chutes de fil d'attaches".
Ses caractéristiques physiques et mécaniques sont les suivantes :

- Masse volumique absolue ……7800 kg/m^3 ;
- Charge de rupture à la traction ……..603,34 N ;
- Géométrie de fibres …… $Ø_f$ = 1,20 mm, L_f = 20 et 50 mm.

II.2. Formulation

II.2.1. Optimisation du béton par principe de la maniabilité
Dans cette partie de la recherche, nous allons mener une étude expérimentale de la formulation de béton selon la méthode de Dreux-Gorisse, puis optimiser la composition calculée en utilisant la méthode de Baron-Lesage (voir les figures suivantes).

II.2.2. Notation des mélanges
BO : Béton ordinaire (témoin).
BFC1 : Béton de fibres courtes (20 mm) contient de 0,5 % de fibres métalliques.
BFC2 : Béton de fibres courtes (20 mm) contient de 1,0 % de fibres métalliques.
BFL1 : Béton de fibres longues (50 mm) contient de 0,5 % de fibres métalliques.
BFL2 : Béton de fibres longues (50 mm) contient de 1,0 % de fibres métalliques.

- Pour composer nos bétons de fibres on prend la composition optimale sans fibres (de béton ordinaire) corresponde à la valeur de S/G = 0,65. Et on fait varier le dosage en fibres de (0,5% à 1%) en volume des constituants secs, et pour les différentes longueurs de fibres (20mm, 50mm).
- Pour avoir presque la même maniabilité des bétons de fibres on a utilisé des dosages en super plastifiant variés de 0,2% jusqu'au 0,5% d'un pas de 0,1% en poids du ciment.

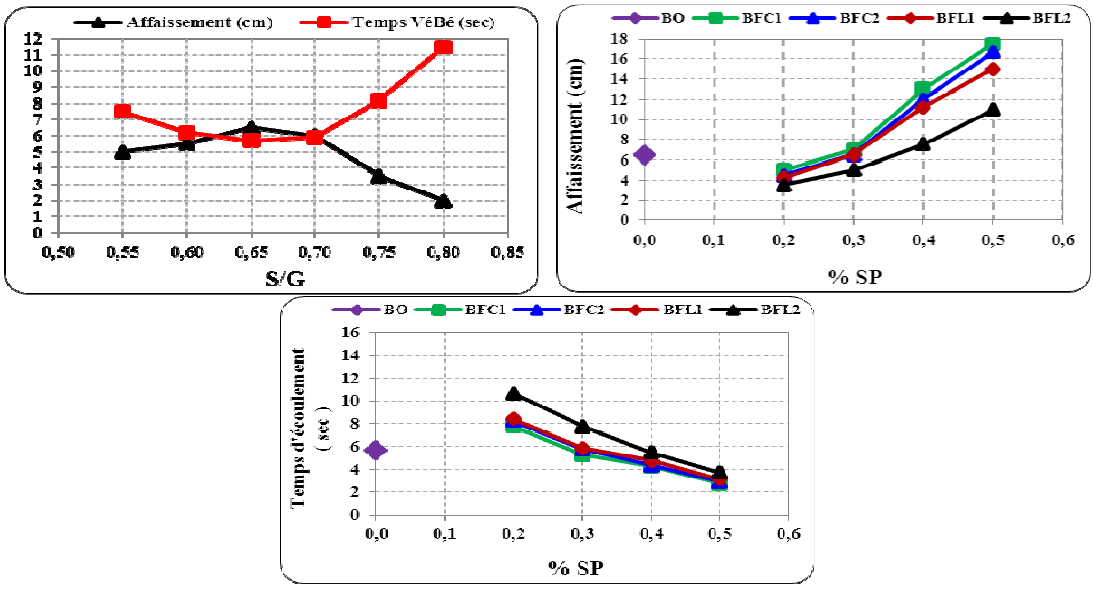

Figure 2 : Optimisation de différents types de béton par principe de leurs

Tableau 2 : Compositions de différents types de béton en (kg/m^3)

Longueur de fibres (mm)	% de Fibres	Sable SD	Sable SA	Gravier G3/8	Gravier G8/15	Fibres	% de SP	Ciment	Eau
0	0,00	214,15	499,67	186,69	911,49	0,00	0,00	400	220
20	0,50	212,57	496,12	185,32	904,80	39,00	0,30	400	220
	1,00	212,00	492,56	183,95	898,11	78,00	0,30	400	220
50	0,50	212,57	496,12	185,32	904,80	39,00	0,30	400	220
	1,00	212,00	492,56	183,95	898,11	78,00	0,30	400	220

II.3. Principaux essais

II. 3.1. Résistance à la compression

Les essais de résistance à la compression par écrasement ont été effectués sur des éprouvettes cubiques (10 x 10 x 10) cm^3 conformément à la norme NFP 18-406 [3].
La résistance à la compression σ_c est calculée par la formule de la R.D.M suivant :

$$\sigma_c = \frac{F}{S} \qquad (2)$$

Avec :

σ_c : contrainte de compression en(MPa).
F : charge de rupture en (KN).
S : surface de compression de l'éprouvette (10x10cm^2).

II.3.2. Résistance à la traction par flexion (flexion 3 points)

L'essai de flexion est réalisé sur des éprouvettes prismatiques (7x7x28) cm^3 selon les normes NF P. 18-407[4], il s'agit de déterminer la résistance à la flexion (3 points) de l'éprouvette soumise à un effort centré exercé à l'aide d'une presse hydraulique (voir la figure 3).
La résistance est calculée à partir de la formule suivante : $\sigma_t = \frac{3.6.M}{B^3}$ (3)

Avec M : le moment de flexion. $M = \frac{F.L}{4}$ (4)

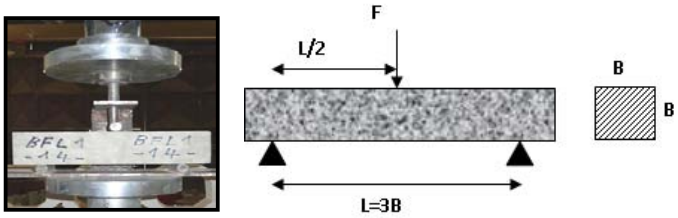

Figure 3 : Dispositif de flexion 3 points

II.3.3. Retrait de séchage

L'évaporation de l'eau d'un béton conservé dans l'air non saturé provoque du retrait dit de séchage.

II.3.4. Essais de durabilité

II.3.4.1. Essais mouillage-séchage

L'essai est effectué conformément à la norme ASTM D 559 – 57 [5] sur des éprouvettes (10x10x10) cm^3. L'essai de mouillage-séchage consiste à soumettre des échantillons de béton à douze cycles de vieillissement accéléré où chacun de ces cycles est caractérisé par cinq heures d'immersion totale des échantillons dans l'eau, suivie par quarante deux heures de séchage à l'étuve à 71°C :

Les variations des résistances à la compression avant et après les cycles mouillage-séchage déterminées à 28 jours sont enregistrées et la perte en résistance λ_p^m est donné par :

$$\lambda_p^m = \left(\frac{R_{c28}^i - R_{c28}^m}{R_{c28}^i}\right) x100 \quad (5)$$

R_{c28}^i : La résistance initiale avant l'essai mouillage-séchage ;

R_{c28}^m : La résistance finale après l'essai mouillage-séchage.

Pour chaque échantillon traité, nous avons notés les différentes absorptions d'eau par cycle ainsi que le taux de perte en masse τ_g représentant le gain entre le premier et le dernier état sec du matériau.

La perte en masse est : $$\tau_g = \frac{m_m^f - m_m^i}{m_m^i} \quad (6)$$

m_m^i : Masse de l'éprouvette initiale sèche avant l'essai mouillage-séchage ;

m_m^f : Masse de l'éprouvette finale sèche après l'essai mouillage-séchage.

II.3.4.2. Essais gel-dégel

L'essai comprend essentiellement deuze cycles de vieillissement accéléré où chacun est caractérisé par quatre heures de gel (-5 °C) suivi par immersion totale dans l'eau à une température de 23°C jusqu'au dégel complet (quatre heures environ), ont commencé, à 28 jours, les éprouvettes utilisées sont des cubes (10x10x10) cm^3 [6].

La perte en résistance caractérisant la résistance au gel λ_R^g est donné par :

$$\lambda_R^g - \left(\frac{R_{c28}^i - R_{c28}^g}{R_{c28}^i}\right) x100 \quad (7)$$

R_{c28}^i : La résistance initiale avant l'essai gel-dégel ;

R_{c28}^g : La résistance finale après l'essai gel-dégel.

Pour chaque échantillon traité, nous avons notés les différentes absorptions d'eau par cycle ainsi que le taux de perte en masse τ_g représentant le gain entre le premier et le dernier état sec du matériau.

La perte en masse est : $$\tau_g = \frac{m_g^f - m_g^i}{m_g^i} \quad (8)$$

m_g^i : Masse de l'éprouvette initiale sèche avant l'essai gel-dégel ;

m_g^f : Masse de l'éprouvette finale sèche après l'essai gel-dégel.

II.3.4.3. Essais d'absorption d'eau par capillarité

L'essai d'absorption d'eau par capillarité permet de suivre l'évolution de la porosité globale d'un béton ou d'un mortier. Dans ce travail, cet essai est effectué sur des prismes 7x7x28 cm^3 soumis à une absorption d'eau unidirectionnelle. Afin d'éviter l'évaporation d'eau par les surfaces latérales des prismes, ceux-ci ont été préalablement recouverts d'une couche de résine.

Conformément à la norme européenne NF EN 480 - 5 [7]. Le coefficient d'absorption capillaire ***CA*** est donné par la relation suivante :

$$CA - \frac{M_j - M_0}{S} \text{ en } (gr/cm^2) \quad (9)$$

Avec :

M_0 : Masse sèche de l'éprouvette avant immersion dans l'eau en grammes ;

M_j : Masse de la même éprouvette après le temps requis d'absorption en grammes ;

S : Section de la base de l'éprouvette en centimètre carré.

L'essai est réalisé pendant une durée de temps de 1h 30min à 10min d'intervalles.

II.4. Résultats d'essais et discutions

II.4.1. Effet des fibres sur la résistance à la compression

La valeur moyenne de la résistance à la compression obtenue sur cubes (10x10x10) cm^3 est multipliée par un coefficient d'équivalence (Rapport de résistance cylindre Φ16 /cube10 est égal à 0,83) pour tenir compte de la forme d'éprouvettes utilisées, ce qui veut dire que les résultats sont ceux

Résistance à la compression en (MPa) sur cubes (10x10x10) cm^3					
Désignation	7jours	14jours	28jours	90jours	Taux d'amélioration à 28 jours (%)
BO	25,20	26,48	31,60	34,35	/
BFC1	26,14	28,64	32,85	34,63	3,96
BFC2	28,05	30,56	33,81	35,24	6,99
BFL1	27,48	28,94	32,06	35,40	1,46
BFL2	28,14	30,24	32,91	37,19	4,15
Résistance à la compression équivalente en MPa sur (16x32) cm2					
BO	20,92	21,98	26,23	28,51	/
BFC1	21,70	23,77	27,27	28,74	3,96
BFC2	23,28	25,36	28,06	29,25	6,99
BFL1	22,81	24,02	26,61	29,38	1,46
BFL2	23,36	25,10	27,32	30,87	4,15

concernant des éprouvettes cylindriques (160 x 320) mm^2 [2].

Tableau 3 : Résistance à la compression pour différents bétons conservés sous l'eau

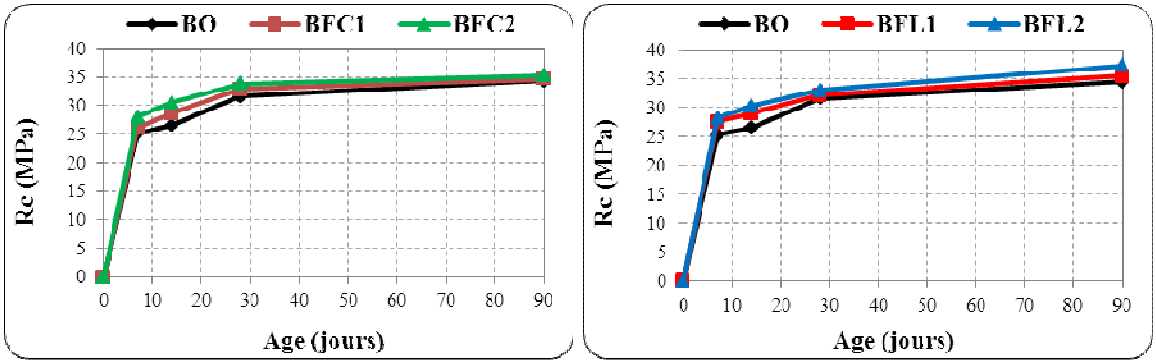

Figure 4 : Evolution de la résistance à la compression en fonction du temps pour les bétons (BO, BFC1, BFC2, BFL1, BFL2) conservés sous l'eau

On remarque selon les résultats représentés dans la figure 4. La résistance à la compression des bétons fibrés évolue avec l'élancement et le dosage des fibres métalliques.

La résistance en compression à 28 jours (âge habituel) des bétons renforcés de fibres métalliques, ne diffère pas beaucoup du béton témoin.

La figure 4, montre qu'il y a une amélioration variant de 3,96 à 6,99 % par rapport au béton témoin, pour un dosage de fibres courtes (0,5 à 1 %).

Pour les bétons renforcés par des fibres longues, Les figure 4, montre qu'il y a aussi une augmentation de résistance à la compression variant de 1,46 à 4,15 % par rapport au béton témoin, pour un dosage de fibres longues (0,5 à 1 %).

Généralement l'ajout de fibres métalliques avec une bonne orientation et distribution au sein de la matrice, améliore de façon importante la ductilité du matériau, et améliore aussi le seuil de fissuration.

II.4.2 Effet des fibres sur la résistance à la traction par flexion (7x7x28 cm^3)

Tableau 4 : Résistance à la traction par flexion pour différents bétons conservés sous l'eau

Résistance à la traction par flexion (MPa)					
Désignation	7 jours	14 jours	28 jours	90 jours	Taux d'amélioration à 28 jours (%)
BO	2,91	3,08	3,46	3,67	/
BFC1	3,20	3,29	3,66	4,14	5,78
BFC2	3,32	3,42	3,76	4,29	8,67
BFL1	3,38	3,68	4,05	4,11	17,05
BFL2	3,76	4,39	4,75	4,79	37,28

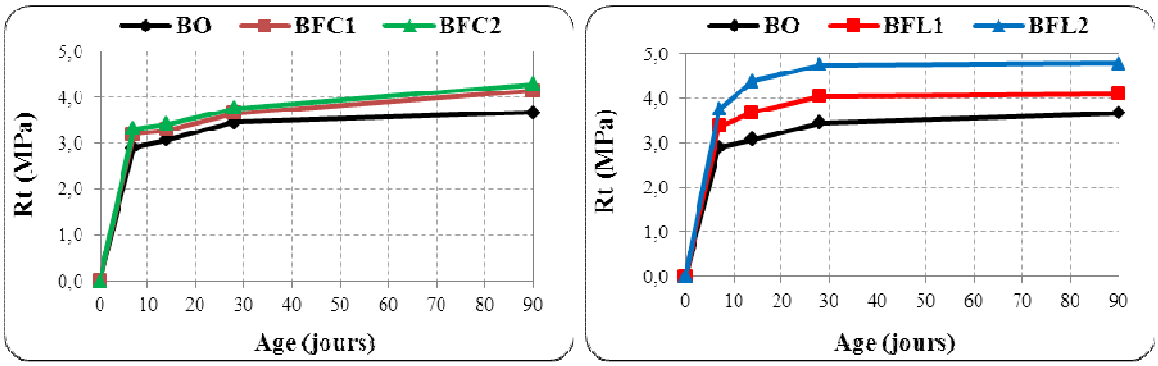

Figure 5 : Evolution de la résistance à la traction par flexion en fonction du temps pour les bétons (BO, BFC1, BFC2, BFL1, BFL2) conservés sous l'eau

Les résultats illustrés sur la figure 5, montre que pour tous les bétons nous avons une augmentation de la résistance à la traction par flexion.
Un dosage de (0,5 à 1,0 %) de fibres longues apporte un gain de résistance à la traction par flexion à 28 jours variant de 17,05 à 37,28 % par rapport au béton témoin.
Cette amélioration est liée par l'importance et le rôle de l'élancement de ces fibres, lorsque la longueur des fibres augmente, les valeurs des forces relatives à la charge ultime sont plus élevées, c'est-à-dire, après la formation de la première fissure, les spécimens continuent à prendre plus de chargement. Avec l'augmentation de la charge, la fissure s'élargit graduellement à travers l'arrachement des fibres du béton.
Les résultats représentés dans la figure 5, montre que le pourcentage de 0,5 à 1 % de fibres métalliques courtes dans le béton a fait augmenter sa résistance à la traction par flexion par rapport au béton témoin à l'âge de 28 jours de l'ordre 5,78 à 8,67 %.
Et enfin on peut dire que, malgré la forme de ces fibres droites et lisses (mauvaise adhérence, facilité d'arrachement), la résistance à la traction par flexion des bétons de fibres courtes ou longues reste toujours supérieure à celle des bétons témoin sans fibres.

II.4.3 Retrait de séchage

Tableau 5 : Résultats du retrait de séchage pour différents types de béton en (µm/m)

Age (jours)	Différents types du béton				
	BO	BFC1	BFC2	BFL1	BFL2
0	0	0	0	0	0
1	45	35	32	28	25
2	72	69	61	59	54
3	124	114	97	86	78
4	176	152	124	121	99
5	204	179	147	144	131
12	297	262	249	238	190
19	304	269	253	245	197
28	335	290	269	262	214
35	345	299	278	267	217
45	352	304	285	276	221
55	353	304	286	276	221
65	354	305	287	277	222
75	354	305	288	277	222
85	354	305	288	277	222
90	355	306	289	278	222

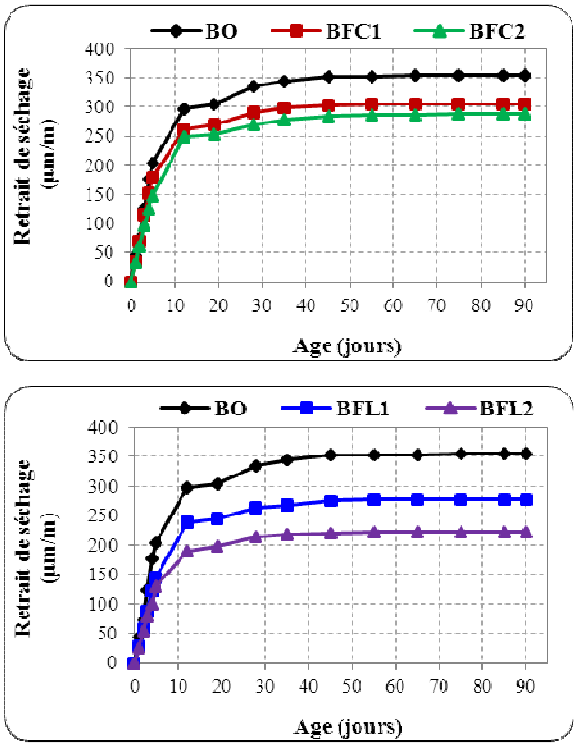

Figure 6 : Evolution de retrait de séchage des bétons (BO, BFC1, BFC2, BFL1, BFL2) en fonction du temps

On remarque que les résultats obtenus dans le tableau 5 et illustré dans la figure 6, que l'importance et l'intérêt de fibres courtes sur le retrait de séchage est de l'ordre de (14 à 19 %) à 90 jours pour les deux proportions de fibres (0,5 et 1 %).

La figure 6, montre que l'augmentation de la quantité de fibres longues provoque une diminution du retrait de séchage de l'ordre de (22 à 37 %) pour les deux proportions de fibres (0,5 et 1 %) à 90 jours. Cette diminution du retrait est liée essentiellement à l'élancement (l/d) de ces fibres, car l'élancement de ces fibres est le facteur le plus important qui diminue le retrait.

Des valeurs larges (l/d) peut favoriser une aire de contact large le long de l'interface et peut augmenter la capacité de la contrainte, qui permet d'avoir une réduction de retrait, cela se traduit par la figure suivante.

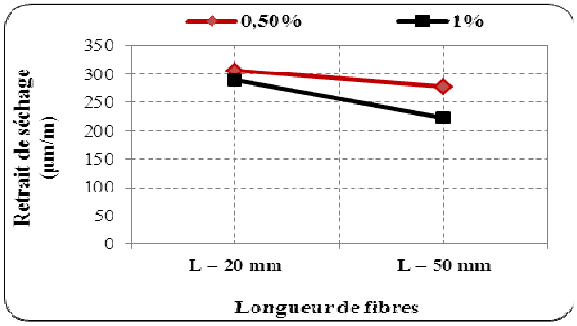

Figure 7 : Influence de la longueur et de pourcentage de fibres métalliques sur le retrait de séchage à 90 jours

Comme expliqué précédemment, il est nettement visible que les fibres longues de pourcentage 0,5 à 1 % diminuent fortement le retrait par rapport aux fibres courtes de même dosage. Cette diminution est de l'ordre 9,16 à 22,95%. Ceci s'explique par l'effet de la géométrie des fibres sur le retrait qui est significative.

II.4.4 Essais de durabilité

II.4.4.1 Essais mouillage-séchage

Nous avons également, étudie l'influence des cycles de mouillage-séchage sur la résistance à la compression pour les différents types du béton, et comparer avec les résistances à la compression d'éprouvettes des mêmes mélanges conservées dans l'eau et pris comme témoin.

Tableau 6 : Influence du mouillage-séchage sur la résistance à la compression à 28 jours

Type de béton	BO	BFC1	BFC2	BFL1	BFL2
R_{c28}^{i} (MPa)	31,60	32,85	33,81	32,06	32,91
R_{c28}^{m} (MPa)	27,40	29,27	29,80	27,97	28,87
λ_r^m (%)	13,29	10,91	11,86	12,77	12,29

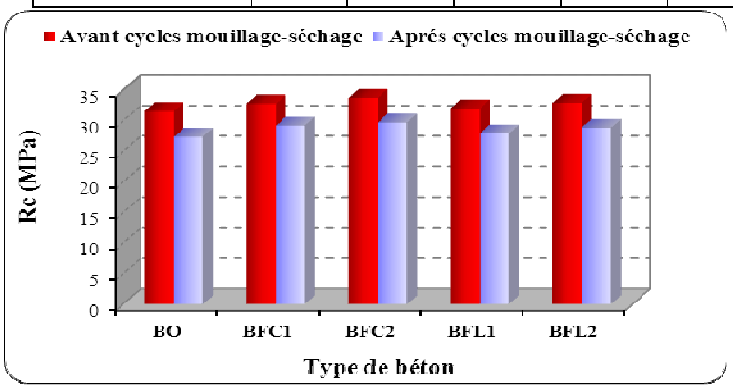

Figure 8 : Influence du mouillage-séchage sur la résistance à la compression pour différents types de

Après cet essai de durabilité on constate que l'augmentation du dosage et la longueur de fibres métalliques agit favorablement sur les résistances. Sachant que la résistance de compression obtenue pour le béton ordinaire BO est de l'ordre 31,60 MPa.

On remarque que quelque soit le type du béton de fibres métalliques, la résistance obtenue suite aux essais mouillage-séchage reste plus proche a cette valeur, une légère diminution de la résistance à la compression de l'ordre de (10,91 à 11,86%) pour les bétons de fibres courtes, et de (12,77 à 12,29%) pour les bétons de fibres longues.

Cette observation montre que les fibres métalliques dans le béton sont influencées par l'effet de mouillage-séchage.

Tableau 7 : La variation des masses après l'essai mouillage-séchage

Type de béton	BO	BFC1	BFC2	BFL1	BFL2
Absorption d'eau par cycles (%)	3,38	4,23	3,49	4,30	3,96
τ_g (%)	1,87	1,38	1,59	1,43	1,47

Les résultats montrent que l'augmentation du dosage et la longueur des fibres provoque une absorption d'eau importante ce qui confirme le rôle joué par les fibres de créer des pores dans les bétons, donc une porosité élevée ce qui engendre une augmentation de taux d'absorption d'eau pour le cas du béton fibrés.

II.4.4.2 Essais gel-dégel

Tableau 8 : Influence du gel-dégel sur la résistance à la compression pour différents types du béton

Type de béton	BO	BFC1	BFC2	BFL1	BFL2
R^{i}_{c28} (MPa)	31,60	32,85	33,81	32,06	32,91
R^{g}_{c28} (MPa)	27,47	27,00	26,93	26,50	28,00
λ^{g}_{r} (%)	13,08	17,81	20,34	17,34	14,92

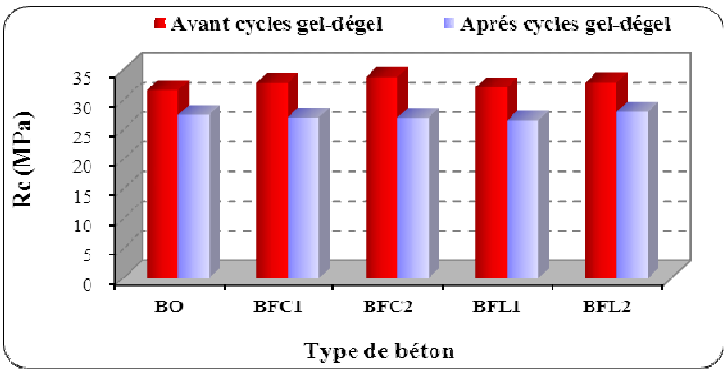

Figure 9 : Influence du gel-dégel sur la résistance à la compression pour différents types de béton

La figure 9 montre que l'effet de cet essai est d'autant plus remarquable pour le béton de fibres. Cet effet peut être attribué par l'ajout de fibres métalliques dans le béton qui crée des pores aléatoires et irrégulières au sein de la matrice, ces pores sont remplie d'eau absorbé au moment d'essai, ceci est influencé sur la dégradation interne du béton par l'effet de cycles gel-dégel. On observe le coefficient d'absorption d'eau par cycles est important pour les bétons de fibres (Tableau 9) qui engendre des contraintes à l'intérieur du béton c'est- à dire l'eau augmente de volume et provoque une pression hydraulique dans le réseau poreux qui conduit la dégradation interne. Le risque de désordres est d'autant plus élevé que le degré de saturation en eau du béton est important qui est considéré aujourd'hui comme la cause principale des dégradations, cela conduit à la chute (perte) de résistance en compression de l'ordre de (17,81 à 20,34%) pour les bétons de fibres courtes, et de (17,34 à 14,92%) pour les bétons de fibres longues. Par contre le béton ordinaire (sans fibres) paraît légèrement influencé par le gel-dégel. Ce dernier absorbé moins d'eau que le béton qui contient des fibres, d'où une diminution de résistance de l'ordre de (13,08%).

Tableau 9 : La variation des masses après l'essai gel-dégel

Type de béton	BO	BFC1	BFC2	BFL1	BFL2
Absorption d'eau par cycles (%)	2,89	2,94	3,23	3,07	3,10
τ_g (%)	0,31	0,26	0,12	0,11	0,10

Après cet essai de durabilité gel-dégel on constate que l'augmentation du dosage et en longueur de fibres métalliques provoque une nette diminution des taux de perte en masse.

II.4.4.3. Essais d'absorption d'eau par capillarité

Une absorption d'eau par le béton trop importante peut causer un certain nombre de désordres sur les structures, notamment l'écaillage du matériau après exposition au gel-dégel et la corrosion des armatures après pénétration des ions chlore.

Tableau 10 : Résultats de l'absorption d'eau par Capillarité pour différents types des bétons en (gr/cm^2)

Temps (min)	BO	BFC1	BFC2	BFL1	BFL2
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,66	0,96	1,21	1,44	1,70
20	0,75	1,04	1,31	1,52	1,79
30	0,82	1,12	1,38	1,58	2,03
40	0,89	1,19	1,44	1,64	2,09
50	0,95	1,24	1,50	1,70	2,14
60	1,01	1,29	1,63	1,75	2,19
70	1,07	1,34	1,67	1,79	2,23
80	1,12	1,37	1,72	1,83	2,28
90	1,17	1,41	1,76	1,88	2,32

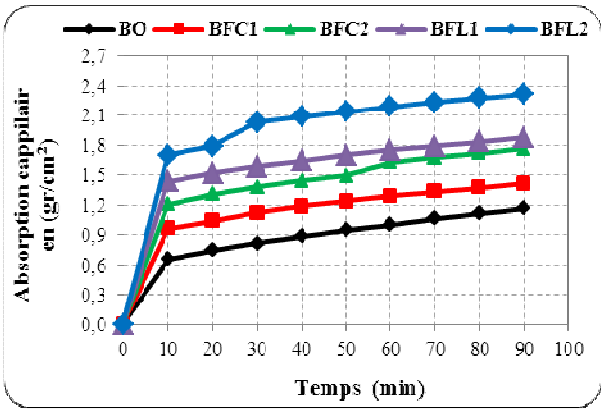

Figure 10 : Evolution de l'absorption l'eau par capillarité en fonction du temps pour différents type de béton

Il est nettement visible que l'absorption d'eau par capillarité augmente en fonction du temps. Ceci est observé pour tous les types du béton surtout pour les bétons qui contiennent des fibres métalliques.

Cette augmentation est progressive et proportionnelle avec le dosage et de longueur de fibres métalliques incorporées dans le béton, la valeur maximale de l'absorption d'eau est 2,32 gr/cm^2 correspondante à la longueur de fibre Lf = 50 mm avec un dosage Vf = 1% (BFL2). Cette valeur est relativement supérieure par rapport au béton sans fibres BO, la différence est de l'ordre de 98,36 %. En fonction du temps, l'absorption par capillarité est très rapide au début. Mais par la suite elle tend progressivement à se stabiliser. Ceci a été remarqué pour toutes les compositions étudiées.

On peut conclure que les fibres métalliques amplifient la capacité d'absorption d'eau du béton, et augmente avec l'augmentation du dosage et la longueur des fibres. Aussi l'introduction de fibres dans le béton se traduit par une augmentation plus ou moins prononcée du volume des vides, associée à une diminution de la compacité du matériau.

III. Conclusion

L'ensemble de ce travail expérimental sur la possibilité d'exploitation des matériaux locaux (sable de dune et déchets récupérés sur les chantiers "chutes de fils d'attaches") semble bien possible. Nous avons constaté qu'il y a un gain appréciable dans l'utilisation de ce type de matériaux pour la fabrication d'un béton de structure. Malgré la forme de fibres utilisées lisses et droites (mauvaise adhérence, facilité d'arrachement), cela n'a pas influé sur les résultats obtenus, donc on peut dire que les bétons à base de sable de dune pourront bien remplacer les bétons classiques dans certaines applications. Ce béton semble avoir un grand avenir dans certains domaines, les avantages techniques et économiques des bétons en laissent prévoir un développement important pour le futur.

IV. Références bibliographiques

[1] Y. Cherait et Z. Nafa ; Eléments de matériaux de construction et essais, Collection : le livre de génie civil, Direction de la publication universitaire de Guelma (2007).
[2] G. Dreux et J. Festa ; Nouveau guide du béton et de ses constituants, Huitième édition, Edition Eyrolles (2002).
[3] Norme Française, P18-406 ; Béton-Essai de compression, Éditions AFNOR, Paris (1981).
[4] Norme Française, P18-407 ; Béton-Essai de flexion, Éditions AFNOR, Paris (1981).
[5] ASTM D 559 - 57, Wetting-and-Drying Tests of Compacted Soil - Cement Mixtures.
[6] M. Bedrina ; Caractérisation mécanique et physique des bétons de sables à base de Déchets de bois, Thèse de doctorat, ENP, Algérie (2007).
[7] Norme Européenne NF EN 480-5, Adjuvants pour Béton, Mortier et Coulis – Méthodes d'Essai– Partie 5 : Détermination de l'Absorption Capillaire, Éditions AFNOR, Paris (1996).