

Liège, Belgique
8-9 Novembre 2018

RETRAIT ET FISSURATION AU JEUNE ÂGE DE BÉTON AUTOPLAÇANT RENFORCÉS DES FIBRES DE PALMIER DATTIER EN ENVIRONNEMENT SAHARIEN CHAUD ET SEC

TIOUA Tahar ^{A, C}, BEHIM Mourad ^B, ALIBOUCKETTA Tahar ^B

A - Laboratoire Exploitation et Valorisation des Ressources Naturelles en zones arides - Université Kasdi Merbah – Ouargla BP 511, 30000 Ouargla – Algérie

B - Laboratoire Matériaux, Géo – Matériaux et Environnement - Université Badji Mokhtar, Annaba BP 12, 23000 Annaba – Algérie

C- Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf, Mila BP 26, 43000 Mila – Algérie

Résumé : Les bétons autoplaçants (BAP) sont des matériaux relativement nouveaux, mais sont exposés au même titre que les bétons vibrés aux risques de retrait au jeune âge et à la fissuration précoce qui accompagnent généralement la prise et le durcissement des bétons cimentaires, en environnement chaud et sec (cas du Sahara en Algérie) en particulier. L'idée d'introduire les fibres dans les bétons n'est pas nouvelle même dans les bétons autoplaçants, Cependant l'originalité de ce travail consiste au renfort des BAP par des fibres végétales, constituées par les déchets de palmier dattier. En effet les fibres de palmier dattier appelées localement (Life) ont beaucoup d'avantages en comparaison avec les fibres synthétiques de polypropylène par exemple. Ces avantages sont: leur origine naturelle et par conséquent renouvelables, biodégradables, sous produits local et nécessitant peu d'énergie pour leur transformation. Les fibres de palmier dattier ont des caractéristiques mécaniques intéressantes, leur résistance en traction et leur module d'élasticité sont respectivement de l'ordre de 300 MPa et 3,5 GPa. C'est à partir de ces caractéristiques que l'idée d'utiliser la fibre de palmier comme renfort dans les BAP pour apporter une amélioration par rapport au problème de retrait au jeune âge et à la fissuration précoce qui constituent deux éléments préjudiciables compromettant la durabilité du béton. A cet effet cinq formulations de BAP ont été utilisées avec des dosages en fibres variables de 0 - 0,1 et 0,2 (%) et deux longueurs de 1 à 2 (cm). Les mesures de retrait ont été réalisées dès la mise en place du béton en reliant la partie libre des éprouvettes prismatiques à un capteur de déformation avec enregistrement automatique jusqu'à 24 heures. Alors que l'estimation de la fissuration a été réalisée par des mesures des longueurs et largeurs des fissures sur les éprouvettes (sous forme de petites dalles non armées).

Les résultats obtenus sont encourageant dans la mesure où l'emploi des fibres de palmier dattier dans les BAP a permis d'apporter une amélioration notable aussi bien du retrait que la fissuration.

Mots-clés : béton autoplaçant (BAP), fibres de palmier dattier, retrait plastique, fissuration, environnement saharien chaud et sec.

1. INTRODUCTION

La valorisation des résidus agricoles, cas des fibres de palmier dattier, ressources renouvelables et disponibles localement, peut constituer dans le domaine des matériaux de construction, des potentialités considérables qui ont fait, ces dernières décennies, l'objet de nombreuses études notamment en ce qui concerne leur utilisation comme renfort dans les matériaux cimentaires (Kriker et al., 2005 ; Bederina et al., 2009 ; El Hajj et al., 2012 ; Laifa et al., 2014 ; Irki et al., 2018).

Les fibres végétales utilisées dans le monde sont très variées, parmi les fibres susceptibles d'être utilisées, citons celles de palmier dattier. L'accroissement du nombre de palmier dattier ces dernières années en l'Algérie génère des quantités importantes de déchets de palmier dattier, qui représentent un gisement important à valoriser.

Jusqu'à ces dernières années, une partie des fibres végétales de palmier dattier sont utilisées comme renforts dans des matrices argileuses, en plâtre et cimentaires (les bétons vibrés, BV) (Chaib et al., 2015 ; Djoudi, 2001 ; Kriker, 2005). Cependant l'emploi des fibres de palmier dattier dans les bétons autoplaçants (BAP) est nouveau (Tioua, 2018).

Le BAP, est un béton fluide caractérisé à l'état frais par une grande maniabilité, une stabilité et par un pouvoir de remplissage permettant le coulag d'éléments de forme complexe et fortement ferrillés. Néanmoins, certains facteurs peuvent constituer des barrières quant à sa vulgarisation. En effet, selon (Assié, 2004), les BAP présentent un retrait au jeune âge supérieur à celui des BV. Le phénomène du retrait au jeune âge est un facteur très important dans la pratique, car il entraîne souvent l'apparition de fissures. Cette fissuration précoce est la plus préjudiciable pour la durabilité du béton car elle favorise le transport d'agents agressifs au sein de l'ouvrage. Le retrait au jeune âge peut être aggravé par un environnement chaud et sec, mais peut aussi être limité par l'adjonction de fibres de diverses natures notamment d'origine naturelle, dans la matrice du béton.

Le présent travail de recherche est une contribution à la valorisation des ressources naturelles locales, en l'occurrence les fibres de palmier dattier, afin de les intégrer de façon rationnelle dans les bétons autoplaçants, dans le but d'améliorer certaines propriétés tels que le retrait et la fissuration au jeune âge dans un environnement chaud et sec

2. MATÉRIAUX ET TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES

2.1 Matériaux

- Filler calcaire, composé essentiellement de carbonate de calcium CaCO_3 avec une teneur supérieure à 98 %. Les caractéristiques physiques des fillers calcaires sont résumées dans le tableau 1.

Désignations	Valeurs	Unités
Masse volumique apparente	890	(kg/m^3)
Masse volumique absolue	2700	(kg/m^3)
Refus au tamis 60 μm	20	(%)
Surface Spécifique Blaine	495	(m^2/kg)

Tableau 1 : Caractéristiques physiques des fillers calcaires

- Un ciment Portland de type CEM I 42.5 R, fabriqué en Espagne conforme à la norme UNE-EN 197-1 (UNE-EN 197-1, 2011) avec une surface spécifique Blaine de $3750 \text{ cm}^2/\text{g}$, une résistance moyenne en compression à 28 jours de 56 MPa et des temps de début et fin de prises respectivement de 170 et 220 minutes.

- Au cours de cette étude, nous avons utilisé deux fractions granulaires, un sable naturel alluvionnaire siliceux et un gravier roulé alluvionnaire siliceux à granulométrie continue provenant de la région de Madrid (Espagne). Les principales caractéristiques des granulats sont données dans le tableau 2.

Caractéristiques	Sable	Gravier	Unités
Masse volumique apparente	1637	1376	(kg/m ³)
Masse volumique absolue	2497	2598	(kg/m ³)
Module de finesse	2.48	-	-
Equivalent de sable	79	-	(%)
d/D	0/4	4/20	-

Tableau 2 : Caractéristiques des granulats

- L'adjuvant employé est un super-plastifiant (SP) réducteur d'eau à base de polycarboxylates modifiés. Sa densité est de 1.09 et son dosage peut varier de 0.5 à 2% du poids du liant ou du ciment, recommandé par le fabricant.
- Les fibres utilisées dans cette étude sont des fibres de surface de palmier dattier, provenant de la région d'Ouargla (Algérie). Pour éliminer des substances organiques ayant pour effet de retarder la prise et le durcissement du ciment et de provoquer une mauvaise adhérence, les fibres sont d'abord bouillies dans l'eau, ensuite rincées et séchées avant leur utilisation (Merzoud et al., 2008). Ce traitement n'affecte pas la surface de la fibre. Les caractéristiques mécaniques et physiques des fibres sont présentées dans le tableau 3.

Caractéristiques	Unités	Valeurs
Longueur (mm)	mm	20
Diamètre	mm	0.10–0.80
Masse volumique apparente	kg/m ³	512-1088
Masse volumique absolue	kg/m ³	1300 -1450
Teneur en humidité	%	9.5 -10.5
Absorption d'eau après 5 min sous l'eau	%	60 - 84
Absorption d'eau à la saturation	%	96 -202
Résistance à la traction	MPa	300 ± 20
Elongation	%	12 ± 2
Module d'élasticité	GPa	3.55 ± 2

Tableau 3 : Caractéristiques physiques et mécaniques des fibres

Les observations au microscope électronique à balayage d'une coupe transversale, longitudinale et une vue longitudinale de la fibre de palmier dattier présentés par les figures 1(a, b, c), montrent que la section de la fibre est dense avec un petit canal au cœur et une dense microporosité.

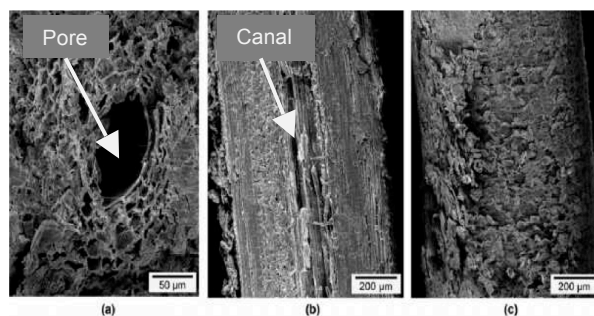


Figure 1. Observation au MEB des fibres de palmier dattier (a) coupe transversale ; (b) coupe longitudinale ; (c) vue longitudinale de la fibre (Kriker et al., 2005)

Les fibres de palmier dattier se caractérisent aussi par un contour et une surface rugueuse, ce qui assure une bonne adhérence à la matrice cimentaire.

2.2 Techniques expérimentales

2.2.1 Formulation des BAP

La méthode de formulation des BAP que nous proposons dans ce travail est empirique, son utilisation demande de faibles moyens. Nous avons adopté les critères d'autoplaçance du béton, proposées dans la littérature spécialisée (AFGC 2008 ; Puentes, 2015) qui sont basées sur les points suivants :

- Le volume de pâte doit favoriser l'écoulement du béton tout en réduisant le coût en matières premières. Pour cela le volume de pâte composée d'eau, de ciment, d'additions et d'adjuvants varie entre 330 et 450 l/m³ (Puentes, 2015).
- Le dosage en superplastifiant est proche de son dosage à saturation (AFGC, 2008).
- La composition du squelette granulaire est optimisée afin de réduire la ségrégation et favoriser l'écoulement. Pour cela, on a choisi un rapport G / S proche de 1 (AFGC, 2008).

Les différentes formulations des bétons sont regroupées dans le tableau 4.

Constituants	Unités	BAP-Témoin	BAPF-0,1%-1cm	BAPF-0,2%-1cm	BAPF-0,1%-2cm	BAPF-0,2%-2cm
Ciment	Kg/m ³	350	350	350	350	350
Filler calcaire	Kg/m ³	350	350	350	350	350
Sable	Kg/m ³	686	686	686	686	686
Gravier	Kg/m ³	790	790	790	790	790
Eau	Kg/m ³	208	208	208	208	208
SP	Kg/m ³	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Fibre	Kg/m ³	-	1,07	2,13	1,07	2,13
Étalement	mm	790	740	700	670	655
T ₅₀₀	S	1,64	1,81	3	2,25	3,38

BAP Témoin - BAP non fibré.

BAP 0,1%-1cm - BAPF dosé à 1% de fibres de longueur 1 cm.

BAP 0,2%-1cm - BAPF dosé à 2% de fibres de longueur 1 cm.

BAP 0,1%-2cm - BAPF dosé à 1% de fibres de longueur 2 cm.

BAP 0,2%-2cm - BAPF dosé à 2% de fibres de longueur 2 cm.

Tableau 4 : Composition de BAP, BAPF et les résultats d'étalement, T₅₀₀

Les bétons autoplaçants d'étude, avec fibre de palmier dattier ont été formulé à partir des mêmes constituants et les mêmes dosages utilisés pour le BAP non fibré. Cependant, dans le but d'étudier l'influence du volume et de la longueur des fibres de palmier dattier sur le retrait plastique et la fissuration au jeune âge des BAP, deux dosages volumiques en fibres de 0,1 et 0,2 % par rapport à 1 m³ de béton et deux longueurs de fibres (1 et 2 cm) ont été utilisés. Il est à noter que les fibres sont initialement imbibées dans 10 % de l'eau de gâchage durant 5 min, avant leur incorporation dans la bétonnière . A ce stade le taux de saturation des fibres est d'environ 56%. Cette démarche permet d'une part, d'empêcher les fibres d'absorber brusquement une très grande partie de l'eau de gâchage ce qui générerait l'opération de malaxage et d'autre part, elle permet de faciliter la séparation des fibres dans le but d'éviter leur amoncellement

2.2.2 Outils expérimentaux pour l'étude du béton au jeune âge

- Retrait plastique : L'objectif de cet essai est de suivre, en fonction du temps, la variation de la longueur de l'éprouvette entre l'instant de la mise en place du béton dans le moule et 24 heures. Pour cela, un moule en acier de dimensions intérieures 250 x 100 x 50 mm avec une extrémité libre et l'autre fixe a été utilisé. L'extrémité libre est reliée, par une tige métallique lisse, à un capteur de déformation situé à l'extérieur du moule. Le capteur de déplacement est relié au système de capture de données (Puentes, 2015). Le dispositif est présenté par la figure 2.

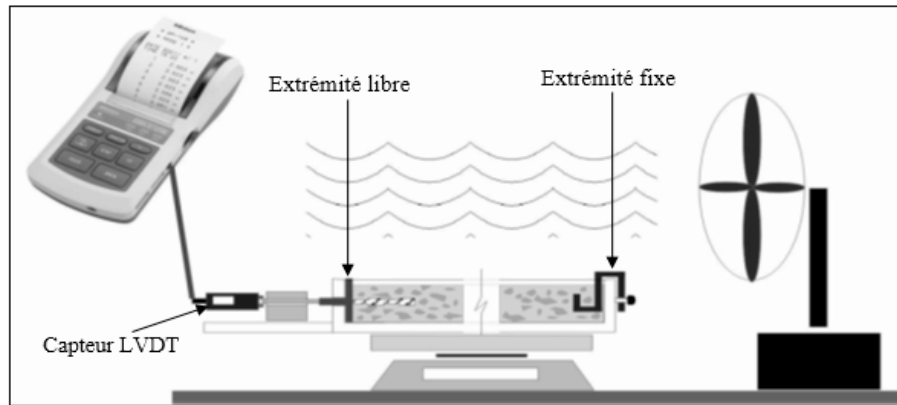


Figure 2. Schéma du dispositif de mesure du retrait au jeune âge (0-24 heures)

- La fissuration : Le dispositif de fissuration est inspiré de celui utilisé par (Barluenga et Hernandez-Olivares, 2007). Il est composé d'un moule prismatique en bois de longueur 450 mm, de largeur 300 mm et de hauteur 50 mm. Quatre pièces d'acier galvanisé sous forme de U sont fixées au fond du moule dans les deux directions pour initier la fissuration. Les dalles sont démoulées après 24 h à partir du coulage du béton frais et les fissures sont mesurées (longueur et largeur) sur la surface du béton durci. La zone fissurée est estimée par la somme des produits de la longueur et de la largeur divisée sur le nombre de fissures qui se trouvent dans chaque dalle.

2.2.3 Conditions de conservation des éprouvettes

Dans ce travail, les éprouvettes ont été conservées dans deux milieux différents

- Conservation dans le laboratoire pendant 24h, dans les conditions standards à une température $T=20\pm 2^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative $HR=50\pm 5\%$.

- Conservation dans une enceinte pendant 24h, à une température $T = 40^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative $HR = 25\%$. Cette cure est utilisée pour simuler les conditions climatiques d'un environnement chaud et sec, qui représente le climat des régions de sud algérien et Ouargla en particulier.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 Le retrait plastique

La figure 3 présente l'évolution du retrait plastique des BAP et BAPF. Les éprouvettes sont conservées dans les conditions du laboratoire avec simulation de vent à l'aide d'un ventilateur. Le retrait plastique débute dans la première heure après le coulage, et commence à se stabiliser dans la deuxième heure. Le retrait plastique est plus important pour l'ensemble des BAPF renforcés par des fibres par rapport au BAP-Ref sans fibres.

Les mélanges réalisés avec les fibres de 2 cm de longueur ont des valeurs de retrait deux fois plus importantes que celles du BAP sans fibres. En effet, l'augmentation du retrait plastique des bétons autoplaçants renforcés de fibres et conservés dans les conditions du laboratoire avec simulation de vent dépend aussi de la longueur des fibres. Ces résultats concordent avec ceux rapportés par Flores Medina et al (Flores Medina et al., 2015).

Les résultats obtenus sur le retrait plastique des BAPF mesuré sur des éprouvettes conservées dans un environnement chaud et sec sont présentés sur la figure 4.

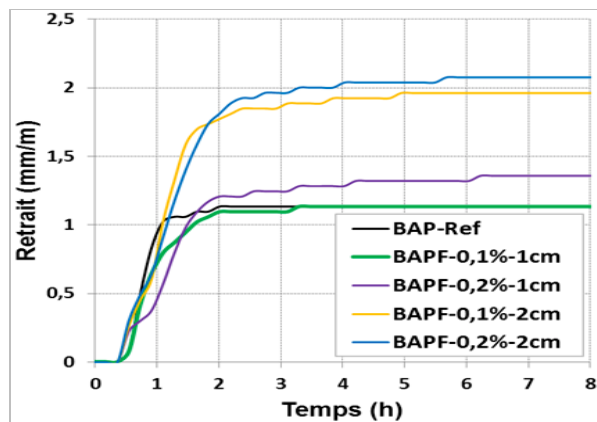


Figure 3. Evolution du retrait plastique en fonction de temps des éprouvettes conservées dans le laboratoire avec simulation de vent

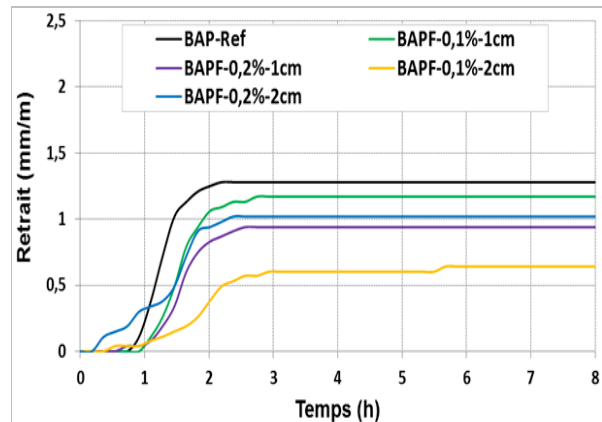


Figure 4. Evolution du retrait plastique en fonction de temps des éprouvettes conservées en l'environnement chaud et sec

Ainsi le retrait plastique des BAPF renforcés par des fibres est inférieur à celui de BAP-Ref sans fibres. L'ajout de fibre de palmier dattier au BAP, diminue de manière significative le retrait plastique. L'importance de cette diminution dépend aussi de la longueur des fibres et un peu moins du volume des fibres introduites. En effet la diminution du retrait plastique du béton par l'ajout de fibres a été observée par Toledo Filho et al (Toledo Filho et al, 05). Cependant, dans ces conditions de conservation, l'effet de la longueur des fibres sur le retrait est pratiquement inverse par rapport à celui constaté lorsque les éprouvettes étaient conservées dans les conditions climatiques du laboratoire avec simulation de vent. Le retrait plastique est inférieure à celui des bétons conservés dans les conditions de laboratoire. Cela pourrait être expliqué probablement par le fait que la température accélère l'hydratation du ciment (Soroka, 90). Par conséquent, la quantité d'eau fixée par les hydrates serait plus importante et la zone de transition autour des fibres dans les éprouvettes conservées dans les conditions de laboratoire est beaucoup plus ouverte que celles conservées dans l'environnement chaud et sec aux premières heures après le coulage où a commencé le retrait plastique.

3.2 La fissuration

Les résultats obtenus sur la fissuration des mini-dalles pour toutes les compositions conservées dans les deux environnements sont indiqués sur la figure 5.

Les valeurs de l'aire fissurée du BAP-Ref ont été considérées comme 100%, afin d'évaluer l'efficacité des fibres, de contrôler la fissuration des différents BAP au jeune âge.

Ces résultats indiquent clairement que l'addition de fibres de palmier dattier abouti à une réduction significative de la fissuration des bétons conservés dans les deux environnements. Aussi, l'augmentation du dosage en fibres, ainsi que leurs longueurs ont une influence sur la réduction de la fissuration du béton au jeune âge. Ce phénomène a été observé par plusieurs auteurs (Puentes et al, 14 ; Saliba et al 11; Barluenga et Hernandez-Olivares, 07; Lura et al, 07 ;).

La fissuration est plus développée en milieu ventilé que dans le climat chaud et sec pour les mêmes raisons avancées pour expliquer le retrait. Par conséquent, les fibres développent une résistance à l'arrachement et à la propagation des microfissures au jeune âge plus importante dans les bétons conservés en environnement chaud et sec comparativement aux bétons conservés dans le laboratoire avec ventilation.

Dans le même contexte Boghossian et Wegner (Boghossian et Wegner, 08), affirment que l'utilisation de fibres courtes avec des taux faibles dans les bétons conservés dans des conditions sèches entraîne une réduction plus importante de la fissuration au jeune âge.

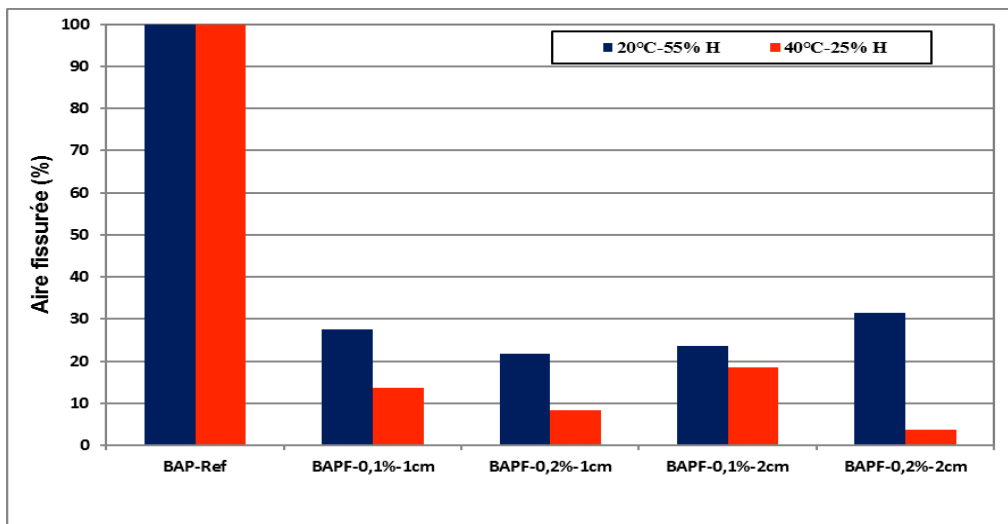


Figure 5. Aire fissurée pour toutes les mixtures conservées dans les deux conditions de conservation

Pour vérifier le lien entre le retrait et la fissuration au jeune âge, les figures 6 et 7 donnent l'évolution du retrait plastique et la surface fissurée des mixtures conservées dans le laboratoire avec simulation de vent et en environnement chaud et sec respectivement.

Les résultats montrent l'inexistence de relation directe entre le retrait plastique et l'aire fissurée. Par exemple, le retrait plastique des mélanges BAP-Ref et BAPF-0.1%-1cm conservés dans le laboratoire sont semblables : 1,13 mm/m. Cependant, les valeurs de la surface fissurée sont très différentes : 1429 et 392 mm²/m² respectivement. Ces résultats concordent avec ceux rapportés par (Puentes et al, 14 ; Turcry, 04). Ces derniers affirment qu'il n'y a pas de relation directe entre le retrait plastique et la surface fissurée des BAP au jeune âge.

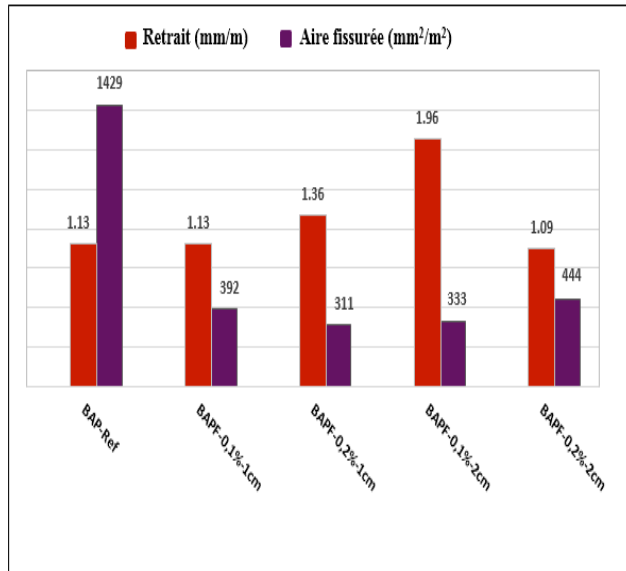


Figure 6. Retrait plastique et l'aire fissurée au jeune âge des mixtures conservées dans laboratoire (avec vent)

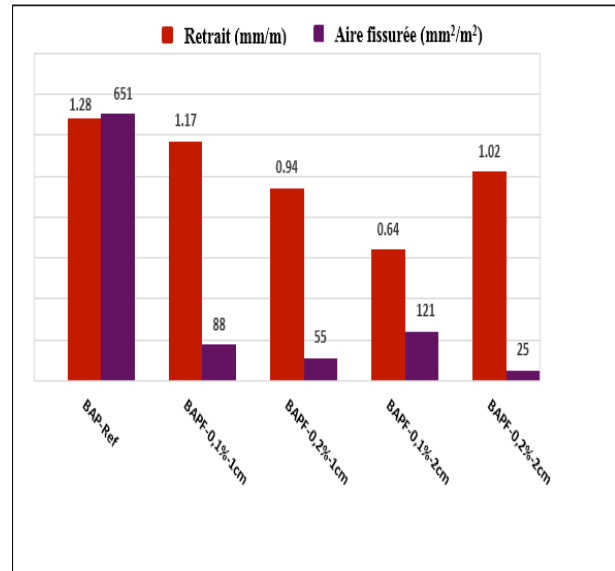


Figure 7. Retrait plastique et l'aire fissurée au jeune âge des mixtures conservées en l'environnement chaud et sec

4. CONCLUSION

En se basant sur les résultats obtenus par les essais de retrait plastique et la fissuration, nous pouvons conclure ce qui suit :

- Une amélioration du retrait plastique pour l'ensemble des BAPF conservés en environnement chaud et sec a été observée par l'introduction des fibres végétales de palmier dattier.
- Quant au retrait plastique des BAPF conservés dans les conditions de laboratoire avec simulation de vent, les résultats trouvés, montrent que l'introduction des fibres végétales de palmier dattier ne diminue pas le retrait plastique. Les conditions de conservations du laboratoire et en particulier la simulation du vent ont accentuées et accélérées le phénomène de retrait (hydrique). Sans perdre de vue que l'introduction des fibres entraîne la formation d'une porosité supplémentaire ouverte qui contribuerait aussi à l'augmentation du retrait en relation avec les conditions environnementales.
- Les fibres végétales de palmier dattier ont une plus grande efficacité de contrôle de la fissuration des BAP au jeune âge, dans les conditions de conservation en conditions contrôlées. Ces conditions, sont proches des conditions réelles car d'une part pendant les premières heures les ouvrages sont à l'abri du vent, car ils sont protégés par les coffrages. D'autres part, l'effet de la température de 40°C n'est pas néfaste sur le béton.
- Les premiers résultats obtenus sur les BAPF au jeune âge sont intéressants et permettent d'envisager la possibilité d'utiliser les fibres végétales de palmier dattier pour contrôler la fissuration précoce qui constitue un facteur préjudiciable pour la durabilité du béton.

RÉFÉRENCES

AFGC. (2008), *Recommandations provisoires pour l'emploi des bétons autoplaçant*, 64 p.

- Assié S. (2004), Durabilité des Béton autoplaçant, *Thèse de doctorat*, INSA-Toulouse, France.
- Barluenga G. et Hernandez-Olivares F. (2007), Cracking control of concretes modified with short AR-glass fibers at early age: experimental results on standard concrete and SCC, *Cement and Concrete Research*, 37, 1624–1638.
- Bederina M. Laidoudi B. Goullieux A. Khenfer M. Bali A. Quéneudec M. (2009), Effect of the treatment of wood shavings on the physico-mechanical characteristics of wood sand concretes, *Construction and Building Materials*, 23, 1311-1315.
- Boghossian E. Wegner L.D. (2008), Use of flux fibers to reduce plastic shrinkage cracking in concrete. *Cement and Concrete Composites*, 30, 929-937.
- Chaib H. Kriker A. Mekhermeche A. (2015), Thermal study of earth bricks reinforced by date palm fibres, *Energy Procedia*, 74, 919-925
- Djoudi A. (2001), Caractérisation structurale et rhéologique des bétons de plâtre et leurs renforcements par les fibres végétales du palmier dattier, *Thèse de magister*, université Laghouat, Algérie.
- El Hajj N. Dheilly R.M. Goullieux A. Aboura Z. Benzeggagh M.L. and Quéneudec M. (2012), Innovant agromaterials formulated with flax shaves and proteinic binder: process and characterization, *Composites : Part B*, 43, 381-390.
- Kriker A. Debicki G. Bali A. Khenfer M.M. et Chabannet M. (2005), Mechanical properties of date palm fibers and concrete reinforced with date palm fibers in hot- dry climate, *Cement & concrete composites*, 27: 554-564.
- Laifa W. Behim M. Anaclet T. Ali-Boucetta T. (2014), Caractérisation d'un béton autoplaçant avec addition de laitier cristallisé et renforcé par des fibres de polypropylène et de diss. *Revue des Sciences et de la Technologie, Synthèse*, 29,100-110.
- Flores-Medina N. Barluenga G. Hernandez-Olivares F. (2015), Combined effect of Polypropylene fibers and Silica Fume to improve the durability of concrete with natural Pozzolans blended cement, *Construction and Building Materials*, 96, 556–566.
- Irki I. Euldji M. Bensaber H. Settari Ch. (2018), Characterization of stem phoenix fibres as potential reinforcement of self compacting mortar, *Journal of Adhesion Science and Technology*, DOI: 10.1080/01694243.2018.1442654
- Verdier T. et Magniont C. Escadeillas G (2012). Valorisation de granulats végétaux dans un matériau de construction a matrice minerale, *Conférence Internationale Francophone NoMaD*, Toulouse, France 18-30
- Kriker A. Debicki G. Bali A. Khenfer M.M. et Chabannet M. (2005), Mechanical properties of date palm fibers and concrete reinforced with date palm fibers in hot- dry climate, *Cement & concrete composites*, 27: 554-564.
- Kriker A. (2005), Caractérisation des fibres de palmier dattier et propriétés des bétons et mortiers renforcés par ces fibres en climat chaud et sec, *Thèse de doctorat d'état*, Ecole Nationale Polytechnique, Algérie.
- Lura P. Pease B. Mazzotta G. Rajabipour F. Weiss J.(2007) Influence of shrinkage reducing admixtures on the development of plastic shrinkage cracks. *ACI Materials Journal*, 104, 187–194.
- Merzoud M. Dheilly R.M. Goullieux A. Queneudec M. (2008) Optimisation of Lignocellulosic Composite formulated with a local resource: The Diss (*Ampelodesma mauritanica*), *Proceeding of the 7th International Congress*, Dundee Scotland, U.K, Edition IHS BRE presse, ISBN-13: 978-1-84806-037-1, 651-660,.

Puentes J. (2015), Procedimientos de control de fisuración a edades tempranas de hormigones avanzados para construcciones arquitectónicas, *Tesis doctoral*, universidad de Alcalá de Henares, España.

Puentes J. Barluenga G. Palomar I. (2014) Effects of nano-components on early age cracking of self-compacting concretes, *Construction and Building Materials*, 73, 89-96.

Saliba J. Rozière E. Grondin F. Loukili A. (2011) Influence of shrinkage reducing admixtures on plastic and long-term shrinkage, *Cement and Concrete Composites*, 33, 209-217.

Soroka I. (1993) *Concrete in hot environments*, 1st éd., London: E & FN Spon,UK.

Tioua T. (2018), Contribution à l'étude des bétons autoplçants renforcés des fibres végétales en environnement chaud et sec, *Thèse de doctorat*, université Ouargla, Algérie.

Toledo Filho R.D. Sanjuan M.A. Ghavami K. England G.L. (2005), Free, restrained and drying shrinkage of cement mortar composites reinforced with vegetable fibers, *Cement and Concrete Composites*, 27, 537-546.

Turcry P. Retrait et fissuration des bétons autoplçant influence de la formulation (2004), *Thèse de doctorat*, école centrale de Nantes, France.

UNE-EN 197-1 (2011). Cement – Part 1: *Composition, specifications and conformity criteria for common cements*.