



Revue des Matériaux & Energies Renouvelable

Journalhome : <https://www.univ-relizane.dz>

ISSN : 2507-7554

E- ISSN : 2661-7595



FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE, UNIVERSITE DE RELIZANE.

Open
Access

Etude de la caractérisation d'un éco-matériau « Béton auto-plaçant (BAP) à base de fibres végétales »

MAROUF Hafida ¹, ABDOULAYE Amine Sadadine ², MORKACHE Mohammed Abdelhakim ³

¹ Maître de conférences B, Laboratoire LABMAT EnpOran-Maurice Audin, Département Genie Civil, Centre Universitaire Belhadj Bouchaïb, Ain Témouchent, Algerie.

² Master II, Laboratoire de Pedagogie, Département Genie Civil, Centre Universitaire Belhadj Bouchaïb, Ain Témouchent, Algerie.

³ Master II, Laboratoire de Pedagogie, Département Genie Civil, Centre Universitaire Belhadj Bouchaïb, Ain Témouchent, Algerie.

RESUME

Article history:

Received 24 July 2020.

Received in revised form 25 July 2020.

Accepted 13 December 2020.

.Un béton auto-plaçant (BAP) est un béton fluide, très déformable et homogène qui se met en place par gravitation et sans l'utilisation d'un moyen de vibration. Il remplit parfaitement les formes des coffrages les plus complexes et voir même fortement ferraiillés, il ne doit pas subir de ségrégation et doit présenter des qualités comparables à celles d'un béton vibré classique. Ce travail a pour objectif de déterminer l'efficacité d'ajouter les fibres végétales au BAP.

A cet effet nous avons confectionné des bétons auto-plaçant avec fibres Alfa (2kg/m^3) et différents pourcentages de grignons d'olive 10%, 15% et 20% par substitution vis-à-vis les sables et les graviers 3/8 respectivement.

Les résistances mécaniques et aux attaques chimiques (durabilité) ont été déterminés et comparées à celle du béton témoin.

Les résultats expérimentaux montrent des comportements significatifs entre le BAP témoin et les BAP avec substitutions à l'état frais et à l'état durci.

Mots clés: Béton auto-plaçant, , Fibre Alfa, Grignon d'olive, Durabilité, Végétaux

BAP : Béton Auto-Plaçant ; **S.C.C :** Self-Compacting Concrete ; **BAP-T :** Béton Auto-Plaçant Témoin ;

BAP-FA : Béton Auto-Plaçant avec Fibre Alfa ; **BAP-G.O :** Béton Auto-Plaçant avec Grignon d'Olive ;

AFGC : Association Française de Génie Civil ;

Copyright © 2021 - All rights reserved

1. INTRODUCTION

Dans une ère où le développement et l'expansion des industries prennent un niveau considérable au point de mettre en péril la stabilité environnementale de notre planète, une contrainte écologique se dévoile à l'horizon, signalant ainsi une alarme suite à la dévastation des ressources naturelles et faisant appel à la contribution scientifique dans le cadre de la valorisation de nouveaux procédés propice à cette terre qui nous abrite.

Le béton est un matériau qui a toujours accompagné le bâtiment moderne à travers ses majeures métamorphoses et d'innovations, a toujours mis en évidence le développement de ses propriétés qualitatives pour assurer son rôle primordial dans la portance des structures et le confort de ses utilisateurs. Tout type de fibres a été incorporé au béton afin de satisfaire plusieurs aspects rhéologiques et caractéristiques ; citons les fibres métalliques, synthétiques, végétales et mêmes hybrides en combinant deux types de fibres ou plus.

L'Algérie est un vaste territoire regroupant plusieurs zones climatiques et une énorme biodiversité florale où pousse la plante d'Alfa sur une superficie totale d'environ 4 000 000 ha, et dans le littorale où la filière oléicole occupe 389 000 ha. La production des déchets en Algérie a considérablement augmenté pendant ces dernières décennies. Cette augmentation est liée à la croissance démographique et au développement économique et social du pays. Tous ces produits et sous-produits issus de l'agriculture locale algérienne ne peut être mis à l'écart, une valorisation socio-économique de ces produits est à étudier.

C'est dans ce contexte que notre étude a pour objectif, en traitant le sujet d'élaboration de deux bétons auto-plaçant à base de fibres d'Alfa et de grignons d'olive, tout en le caractérisant et observant sa résistance aux agressions chimiques.

2. METHODE EXPERIMENTALE

Cette étude préliminaire sur la caractérisation à l'état durci des bétons auto-plaçant renforcés avec des ajouts végétaux (à savoir les fibres Alfa et les grignons d'olive), et afin d'être suffisamment pertinente dans notre analyse cinq compositions de BAP ont été testé dans le but d'évaluer l'apport des fibres Alfa et les Grignons d'olive sur le comportement des BAP. Les mélanges retenues et à étudiés :

- Béton autoplaçant « BAP » ;
- Béton autoplaçant non fibré (BAP témoin) « BAP-T » ;
- Béton autoplaçant renforcé par des fibres Alfa « BAP-FA » ;
- Béton autoplaçant renforcé par des grignons d'olive « BAP-G.O » avec trois pourcentages différents 10 %, 15 % et 20 %.

2.1. MATERIAUX ET PROPORTIONS DES MELANGES

Avant d'entamer une formulation d'un béton, il est nécessaire de connaître les matériaux utilisés à cet effet : Le ciment utilisé est un ciment Portland du Beni Saf CEM II/A-P 42.5N, Fillers calcaire issu de la carrière d'El Maleh, les Granulats qui sont des matériaux concassés de classes granulaires : du sable (0/4) et des gravillons de classes (4/8, 8/16), l'eau du robinet fournie par la société des eaux d'Oran SEOR au sein du Laboratoire de l'école national polytechniques d'Oran Maurice Audin, l'Adjuvant utilisé MEDAFLOW 30 avec une densité de 1,07 qui est un super-plastifiant/haut réducteur d'eau.

Les fibres alfa ajoutés au BAP sont d'une longueur de 2 cm et avec un diamètre proportionnel au diamètre des sables.

Les ajouts utilisés dans notre travail sont illustrés respectivement dans les figures suivantes :

FIGURE 1. *Fibres Alfa*FIGURE 2. *Grignon d'olive*

2.2. OPTIMISATION DES MELANGES

Pour la formulation du béton auto-plaçant nous n'avons pas suivi une formulation classique. Nous avons respecté les conditions nécessaires permettant de garantir l'auto-plaçant tout en se basant sur des compositions proposées dans la littérature spécialisée [1 – 2]. Les fibres d'Alfa ont été substituées par rapport aux sables, soit environ 2 Kg/m³ et les grignons d'olive ont été substitués à leur tour par rapport au gravier suivant les différents pourcentages.

TABLEAU 1. *Proportion des bétons étudiés.*

Matériaux	Ciment	Filler	Sable	Gravier	Eau	Adjuvant
BAP – T	350	140	850	810	180	7.82
BAP – FA	350	140	848	810	180	7.82
BAP – G.O 10%	350	140	850	783	180	7.82
BAP – G.O 15%	350	140	850	769.5	180	7.82
BAP – G.O 20%	350	140	850	756	180	7.82

2.3. CARACTERISATION DES BETONS A L'ETAT FRAIS

Le comportement d'un BAP à l'état frais se différencie notablement de celui d'un béton ordinaire par : son ouvrabilité, sa mobilité en zone confinée et sa stabilité.

L'Association Française de Génie Civil [AFGC] ^[5] recommande trois essais principaux permettant la caractérisation du béton auto-plaçant à l'état frais mais on peut ajouter d'autres essais supplémentaires.

- Essai d'étalement au cône d'Abrams (Mobilité en milieu non confiné) ;
- Essai de la stabilité au tamis (Résistance à la ségrégation) ;
- Essai de la boîte en « L » (Mobilité en milieu confiné).

Le tableau ci-après présente les valeurs recommandées pour les différents essais de caractérisation du béton à l'état frais.

TABLEAU 2. *Valeurs recommandées par les normes [3]*

Essais	Essais Etalement (SF), mm		Stabilité au tamis (SR), %		Boite en L PL=(H ₁ /H ₂)		T500 Secondes	
	Classes	SF1	550-650	SR1	≤20	PL1	≥0.8	VS1
SF2		650-750	SR2	≤15	PL2	≥0.8	VS2	≥2
SF3		750-850		-		-		-

Voici les résultats obtenus des différents essais de caractérisation du béton à l'état frais

TABLEAU 3. *Caractérisation du béton à l'état frais*

	BAP – T	BAP-F.A	BAP – G.O 10%	BAP – G.O 15%	BAP – G.O 20%
SF (mm)	830	625	635	725	700
PL=(H ₂ /H ₁)	1	1	0,8	1	1
SR (%)	3,308	4,53	2,13	3,73	0,85
Masse volumique ρ (g/cm ³)	2,5	2,5	2,46	2,42	2,41

- **Essai d'étalement :** L'étalement des différents bétons est acceptable selon la norme NF EN 12350-8 et les recommandations de l'AFGC. On constate que l'étalement du béton témoin est beaucoup plus important que les autres types des bétons. Cette nuance est due à la présence des ajouts végétaux qui absorbent la totalité de l'eau de gâchage et cette insuffisance d'eau de gâchage engendre un béton un peu ferme ou qui présente une ouvrabilité moins importante. En raison de la présence de fibres d'Alfa dans le mélange du béton, on remarque une légère augmentation d'absorption en eau contrairement au mélange en grignons d'olive, cela est dû à la présence en surface d'une fine couche de matière grasse rendant les grignons d'olive plus étanche.

- **Essai de la boîte en L :** On remarque aussi que toutes les variantes présentent un taux de remplissage supérieur ou égal à 0,8, donc les présentes compositions respectent le critère de l'écoulement en milieu confiné selon la norme NF EN 12350-1. Cela prouve que tous les différents types de bétons ont une grande fluidité à travers les barres d'acier, sauf le béton avec 10 % des grignons d'olive qui est à la limite de l'admissible.

- **Essai de la stabilité au tamis :** D'après les résultats obtenus durant cet essai, on remarque que toutes les compositions ont une stabilité suffisante $0 < P < 15$ %, ce qui donne un béton homogène et stable. L'excès des grignons d'olive provoque une diminution de la laitance du béton, ce qui admet un faible pourcentage. Mais avec les différents pourcentages de substitution en grignons d'olive, on constate que le béton avec 15 % de grignon d'olive a libéré assez de la laitance par rapport aux autres pourcentages. L'ajout de fibres d'Alfa au béton a aussi amélioré la qualité de ce dernier. On peut déduire que la stabilité vis-à-vis de la ségrégation diminue avec l'augmentation des fibres Alfa, en conséquent on doit optimiser la laitance de la gâchée avec l'adjuvant afin de répondre aux exigences des normes en vigueur NF EN 12350-11.

- **Essai de la masse volumique du béton humide :** On constate que tous les différents bétons ont presque les mêmes masses volumiques humides. On remarque que la plus grande valeur est celle du béton témoin et le béton avec les fibres Alfa. La masse volumique diminue avec l'ajout de G.O, plus le pourcentage de G.O augmente, plus la masse volumique du béton diminue. Cette variation est due au faible poids spécifique des grignons d'olive par rapport au poids des gravillons 3/8.

2.4. CARACTERISATION DES BETONS A L'ETAT DURCI

Les résistances mécaniques en compression sont des caractéristiques essentielles des bétons, et des paramètres fondamentaux de notre étude, par conséquent leur évolution a été suivie pour tous les bétons étudiés. La mise en place des éprouvettes s'est effectuée dans différents moules destinés aux corps d'épreuve correspondants aux essais programmés :

- Eprouvette cylindrique d'élanement : $11 \times 22 \text{ cm}^3$;
- Eprouvette prismatique d'élanement : $7 \times 7 \times 28 \text{ cm}^3$.

Avant le remplissage des moules on applique un lubrifiant sur les parois. Les bétons auto-plaçant n'ont subi aucune vibration. Toutes les éprouvettes ont été démoulées 24 heures après leur remplissage. Elles ont ensuite été placées dans les conditions ambiantes du laboratoire jusqu'à 28 jours.



FIGURE 3. Remplissage et démoulage des éprouvettes

2.4.1. RESISTANCE A LA COMPRESSION DES BAP

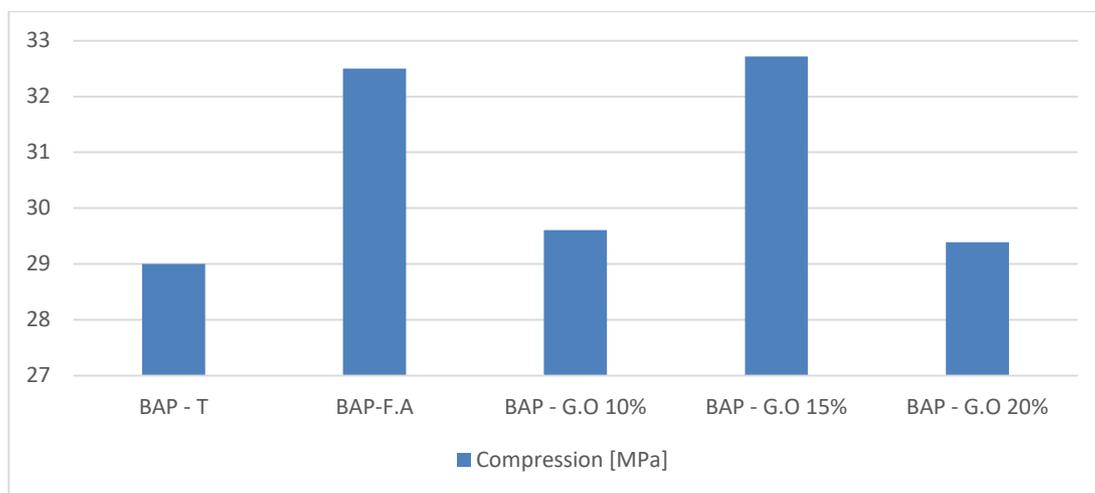


FIGURE 4. Résistance des différents bétons à la compression à 28 jours.

Les grignons d'olive ont amélioré la résistance mécanique vis-à-vis le béton témoin et on constate aussi que la variante avec un pourcentage de 15 % a une résistance élevée par rapport aux autres variantes. Donc pour avoir une résistance appréciable du béton avec grignons d'olive, un certain pourcentage prescrit est à ne pas dépasser et ce dosage peut être optimal.

Tandis que les fibres Alfa ont développé une résistance assez supérieure à celle du béton témoin. L'ajout des fibres à une certaine limite a un apport positif sur la résistance mécanique en compression, car elles ont diminué la quantité d'eau (E/C) de gâchage par leurs comportements d'absorption et adsorption.

2.4.2. ESSAI A L'ULTRASON

TABLEAU 4. Essai Ultrasonique

	BAP – G.O 10%	BAP – G.O 15%	BAP – G.O 20%
Vitesse de propagation (m/s)	6028	5805	5983

Selon les critères, toutes les différentes proportions des grignons d'olive dans le béton donnent une vitesse de propagation du son qui est supérieure à 4500 m/s. Donc notre béton a une appréciation excellente et n'amointrie en aucun cas la qualité du béton.

3. LES ATTAQUES CHIMIQUES

La durabilité d'une structure donnée est définie comme étant la capacité de conservation de la structure dans des conditions telles que : garantir sa fiabilité et son esthétique, dans son environnement, avec le minimum possible coût de maintenance et les activités d'usage pour lesquelles elle a été conçue (fonctionnement structurel, sécurité et confort des usagers).

Donc les structures et les éléments en béton doivent avoir une bonne résistance face aux dégradations qui lui sont exposées, telles que les cycles de gel-dégel, les attaques chimiques, etc.

La porosité est l'élément indispensable qui définit la structure surfacique du béton, bien sûr qu'il existe plusieurs paramètres qui entrent en jeu mais c'est le paramètre qu'il faut fixer en premier lieu. Car il conditionne toutes les propriétés du béton. Le béton est connu par sa grande résistance en compression et celle-ci qui permet son utilisation dans la construction. Plus importante est sa résistance, plus faible est la porosité. Donc un béton plus résistant est aussi plus rigide mais est-il aussi durable ? [4]

3.1. ETUDE EXPERIMENTALE

Après 28 jours d'incorporation des différentes éprouvettes dans l'eau, on a procédé à l'essai de la durabilité sur une durée de deux mois. On a préparé trois différentes solutions : (Acide sulfurique : H_2SO_4 , Acide chlorhydrique : HCl et l'Hydroxyde de Sodium : $NaOH$ avec un pourcentage de 5%) afin d'exposer par immersion les différentes éprouvettes à ces solutions [4]- .

Le protocole expérimental des attaques des acides selon la norme : ASTM C267 – 96 est le suivant :

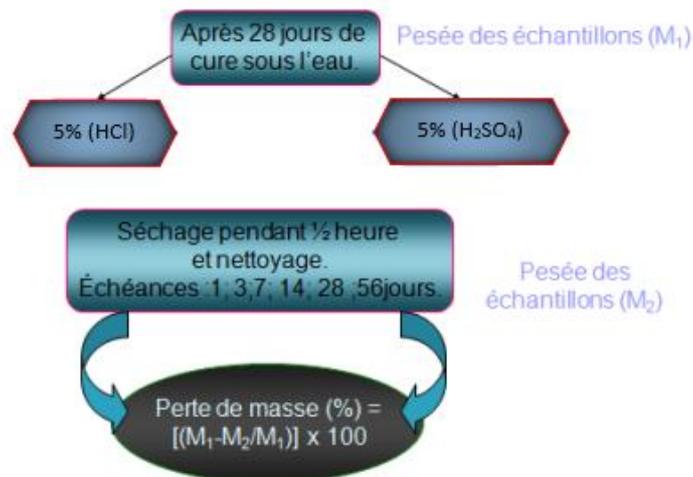


FIGURE 5. Le procédé suivi de la durabilité.



FIGURE 6. Préparation des échantillons et des solutions chimiques.



FIGURE 7. Immersion des éprouvettes dans les solutions chimiques.



FIGURE 8. Détérioration des textures superficielles.

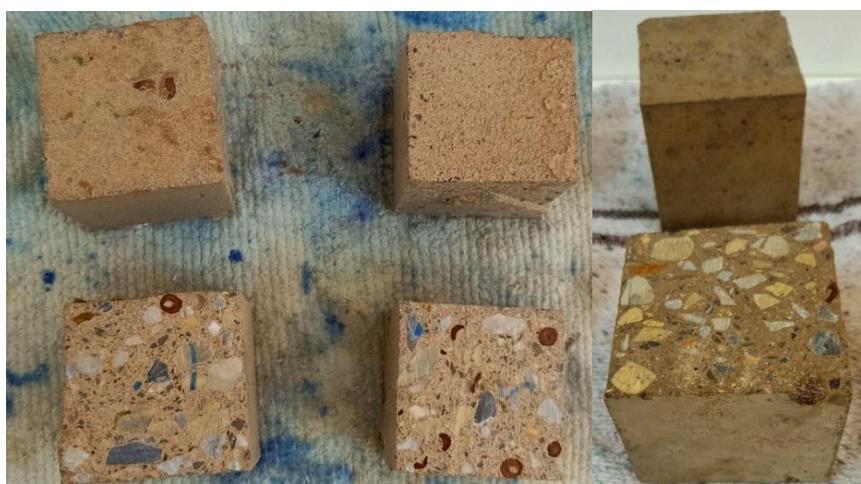


FIGURE 9. Contact visuel après la première semaine d'attaque des acides (H_2SO_4 et $NaOH$).

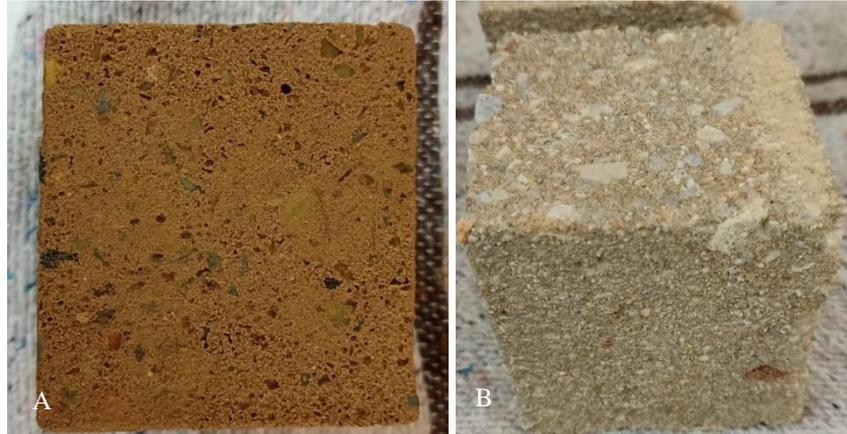


FIGURE 10. Contact visuel après la première semaine d'attaque des acides (HCl et H₂SO₄). A- détérioration du béton auto-plaçant avec fibre Alfa sous l'effet de HCl, B- détérioration du béton auto-plaçant sous l'effet de l'acide sulfurique.



FIGURE 11. Détérioration des échantillons vis-à-vis de l'attaque de l'acide Sulfurique H₂SO₄ (A- béton auto-plaçant avec grignons d'olives, B- Béton auto-plaçant avec fibres Alfa).

Les figures suivantes nous montrent la variation de la masse des échantillons en fonction du temps d'exposition pour différentes solutions.

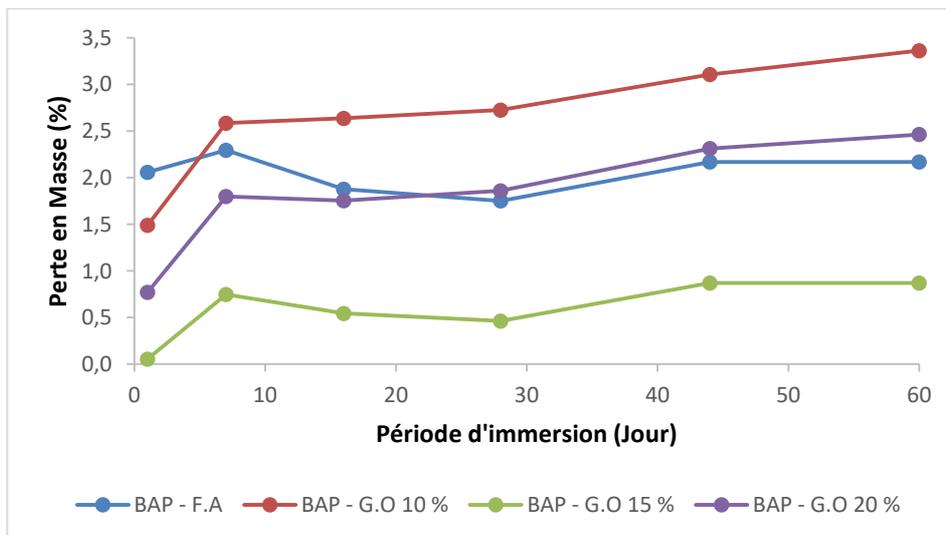


FIGURE 12. Perte de masse des différents échantillons sur une période d'immersion allant de 1 à 60 jours (5% HCl).

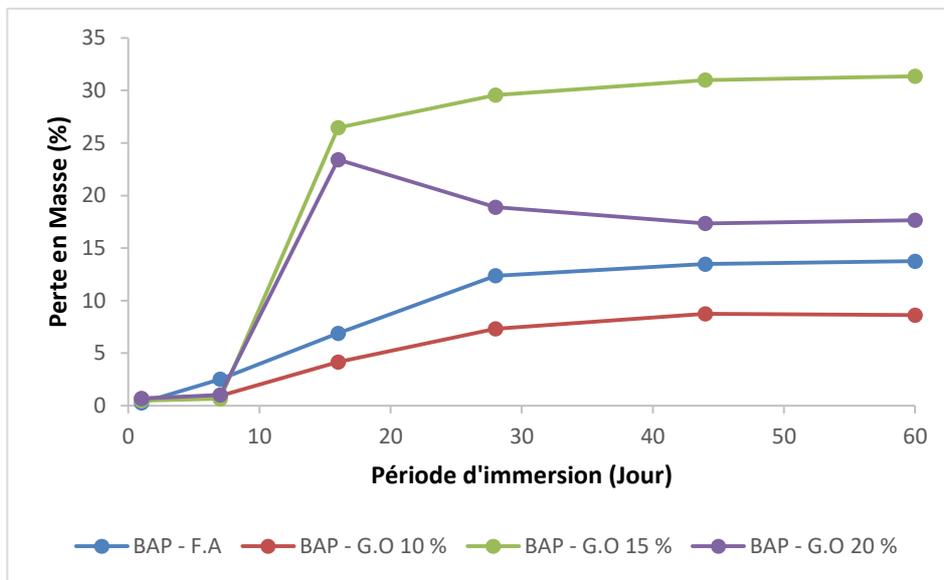


FIGURE 13. Perte de masse des différents échantillons sur une période d'immersion allant de 1 à 60 jours (5% H₂SO₄).

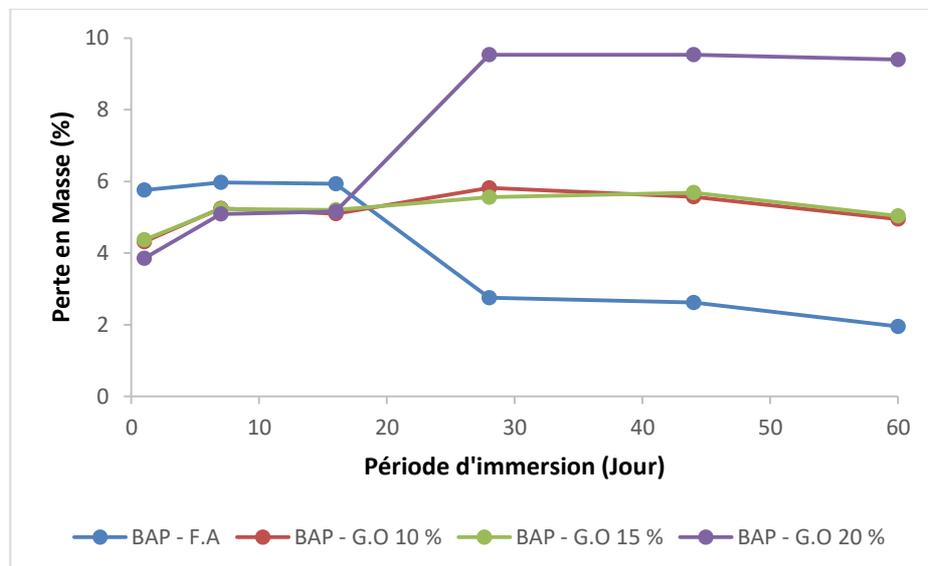


FIGURE 14. Perte de masse des différents échantillons sur une période d'immersion allant de 1 à 60 jours (5% NaOH).

- Dans la FIGURE 12, on a constaté une perte massique permanente pour tous les différents échantillons immergés dans l'acide chlorhydrique (HCl) pendant les sept premiers jours.

Les bétons avec grignons d'olive (G.O) 10 % et 20 % ont presque le même type d'évolution de la variation massique durant l'attaque du HCl,

Entre les 7^{ème} et 28^{ème} jour, on a remarqué qu'il y a un gain massique significatif pour les bétons avec Alfa et G.O 15 %.

Au-delà du 16^{ème} jour, il y a une perte massique progressive pour tous les échantillons.

Dès la première semaine, on a constaté une augmentation des pores au niveau de la texture (FIGURE 10) qui accélère la pénétration des agents agressifs.

- De la FIGURE 13, on remarque une chute massique brutale pendant les deux premières semaines et au-delà des deux premières semaines, la perte massique évolue d'une façon progressive pour les bétons avec Alfa et G.O 10 %.

Il y a une perte massique moins importante pendant la première semaine et brusquement une perte massique très importante durant la deuxième semaine pour les bétons avec G.O 15 % et 20 %. Au-delà de la deuxième semaine d'immersion, le béton avec G.O 15 % a maintenu sa perte massique progressive alors que le béton avec G.O 20 % a bénéficié d'un gain en termes de masse. Ce gain est dû au gonflement du béton induit par l'hydratation des grignons d'olive.

- On observe dans la FIGURE 14 que les bétons avec G.O 10 % et 15 % ont le même type de courbe et presque la même variation massique.

Une perte massique insignifiante a été remarquée pour tous les échantillons durant la première semaine et une conservation massique durant la deuxième semaine.

Au-delà de la deuxième semaine, un gain massique a été observé pour le béton avec Alfa tandis qu'une perte massique significative pour le béton avec G.O 20 %.

Les bétons avec G.O 10 % et 15 % n'ont pas subi une variation massique importante durant l'attaque chimique.

4. CONCLUSION

Notre travail a pour objet la mise en valeur des matériaux anodins au simple citoyen mais écologiques à notre environnement pour les spécialistes dans une ère où le bâtiment connaît une extension importante et la commande accrue en matériaux de construction, et plus particulièrement en bétons ce qui met en cause l'exploitation massive des ressources naturelles pour compenser l'approvisionnement du marché des matériaux de construction.

Les fibres alfa ont joué un rôle remarquable dans l'ouvrabilité par leurs absorptions d'eau réduisant ainsi le rapport E/C initiale induisant par de suite à un excès de super-plastifiant pour rattraper le déficit met en cause la nécessité d'étudier la possibilité d'introduction d'un autre traitement de fibres que celui mis en œuvre dans notre compagnie expérimentale.

Les grignons d'olive ont aussi contribué à la caractérisation de l'ouvrabilité du béton pour chaque pourcentage d'incorporation mais en générale le béton a marqué des résultats satisfaisants vis-à-vis la majorité des essais effectués.

L'étude de durabilité des bétons réalisés à l'encontre des attaques chimiques :

- ✓ Le mélange à base de fibres Alfa a montré une bonne résistance aux premiers temps mais s'affaiblit par l'effet des acides ;
- ✓ Pour le béton à base de grignons d'olive, chaque pourcentage présente un comportement hétérogène mais le plus remarquable est celui à dosage de 10% de grignons d'olive.

5. REFERENCES

- [1]- KHAYAT K., « *Les bétons auto-nivelant : propriétés, caractérisation et applications* », Colloque sur les bétons auto-nivelant, Université de Sherbrooke, 1er novembre 1996.
- [2]- *Le béton auto-plaçant édité par HOLCIM*, Suisse, version 2004, 32 pages.
- [3]- LAIFA W., BEHIM M., TURATSINZA A., ALI-BOUCETTA T, « *Caractérisation d'un béton auto-plaçant avec addition de laitier cristallisé et renforcé par des fibres de polypropylène et de Diss* », Rev. Sci. Technol., Synthèse, 25: p 100-110, 2014.
- [4]- KHELIFA, M. R. « *Effet de l'attaque sulfatique externe sur la durabilité des bétons auto-plaçant* », 2009 ;
- [5]- [AFGC] Association Française de Génie Civil ;