

# Effet du stéarate de calcium et d'additions sur l'ouvrabilité et la résistance mécanique de mortiers d'acétate de cellulose

Thouraya Salem<sup>1,2</sup>, Joe Tannous<sup>1,2</sup>, Sandrine Marceau<sup>3</sup>, Othman Omikrine-Metalssi<sup>2</sup>, Teddy Fen-Chong<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ESITC-Paris, 79 avenue Aristide Briand, 94110 Arcueil, France

<sup>2</sup> Univ Gustave Eiffel, Cerema, UMR MCD, F- 77454 Marne-la-Vallée, France

<sup>3</sup> Univ Gustave Eiffel, MAST-CPDM, F-77454 Marne-la-Vallée, France

**RESUME** Les mégots de cigarettes sont constitués en grande partie de fibres d'acétate de cellulose (AC) dont la valorisation permettrait de réduire la pollution de l'environnement. Dans cette étude, des mortiers incorporant 1,3 % de fibres d'AC (en masse de sable) ont été fabriqués. Dans un premier temps, pour réduire l'absorption d'eau des fibres, l'effet de différents taux de stéarate de calcium (SC) (0,5 % ; 1 % et 1,5 % en masse du ciment), avec et sans superplastifiant (SP), sur l'ouvrabilité et la résistance à la compression et à la flexion a été étudié. L'impact de l'ajout de fumée de silice et de métakaolin sur ces mêmes propriétés a été étudié dans un deuxième temps. Les résultats ont montré que l'ajout d'AC dégrade l'ouvrabilité et la résistance mécanique par rapport à un mortier normalisé et que l'ajout de SC et de 3 % de SP permet d'avoir de meilleures performances. L'ajout de 10 % de métakaolin en masse du ciment en combinaison avec 3 % de SP (sans SC) permet d'obtenir les meilleures performances.

**Mots-clefs** acétate de cellulose, valorisation, mortier, ouvrabilité, résistance mécanique

## I. INTRODUCTION

Le recyclage des déchets est d'une part un enjeu crucial pour les secteurs producteurs en réponse aux pressions législatives (ex. loi de transition énergétique pour la croissance verte, LTECV ; plan de réduction et de valorisation des déchets 2014-2020) et d'autre part une source de matériaux alternatifs pour d'autres secteurs utilisateurs tels que celui du Génie Civil où la demande en ressources naturelles est énorme et ne cesse de croître. La consommation du sable et du gravier représente déjà plus de la moitié de la totalité des matières premières consommées et devrait pratiquement doubler dans le monde d'ici à 2060 (OCDE, 2018). Afin d'introduire les matériaux issus du recyclage dans les matériaux du Génie Civil, il est indispensable d'étudier préalablement leur adéquation aux attentes et contraintes de ce secteur.

Depuis janvier 2021, les produits de tabac sont soumis à la loi AGEV relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire. La quantité de mégots de cigarettes produits en France est de

l'ordre de 10 000 tonnes représentant environ 1% de la consommation mondiale, estimée entre 4 000 et 5 000 milliards de cigarettes (INERIS, 2019). Les mégots composés d'environ 4 000 substances chimiques toxiques sont jetés au sol et se retrouvent dans la nature, polluant ainsi l'environnement. Le filtre, conçu pour retenir les substances toxiques, est composé d'acétate de cellulose (AC) et représente les 2/3 du poids du mégot (INERIS, 2019).

Plusieurs voies de valorisation des mégots ont été explorées dans le monde : fabrication d'isolants acoustiques (Maderuelo-Sanz et al., 2018) ; incorporation dans des briques en terre cuite (Mohajerani et al., 2016) ou dans des routes (Mhajerani et al., 2017) ou dans des géopolymères (Saba et al., 2021).

Dans cette étude, les fibres d'AC issus d'un processus industriel de dépollution des mégots de cigarettes développé par l'entreprise MéGo! ont été valorisées pour la première fois dans des mortiers cimentaires. Dans un premier temps, pour réduire l'absorption d'eau des fibres, un agent hydrophobe, le stéarate de calcium (SC), a été ajouté à différents taux (0,5 % ; 1 % et 1,5 % en masse du ciment). L'effet de cet adjuvant seul et en combinaison avec un superplastifiant sur l'ouvrabilité et sur la résistance à la compression et à la flexion des mortiers incorporant 1,3 % en masse de sable d'AC a été étudié. L'effet de deux additions minérales, la fumée de silice et le métakaolin, sur ces mêmes propriétés sans traitement des fibres avec du SC est étudié en deuxième temps.

## II. Matériaux et méthodes

### A. Matériaux

Du ciment CEM I 52.5 N CE CP2 NF et du sable normalisé, de granulométrie 0/2 mm et de masse volumique de 1713 kg.m<sup>-3</sup>, ont été utilisés pour fabriquer les différents mortiers. Afin d'améliorer l'ouvrabilité des mélanges, du superplastifiant SikaViscoCrete Tempo 653 (SP) a été utilisé.

Les fibres d'AC ont été fournies par MéGo! disposant d'une unité de traitement des mégots de cigarettes en circuit fermé. Après collecte, les mégots sont triés avec un tapis convoyeur ; ils sont ensuite broyés pour récupérer les filtres composés d'AC ; puis dépollués. Le solvant principal est l'eau où les molécules plus ou moins dangereuses se diluent. Après plusieurs bains, l'eau est traitée pour être réutilisée. Les fibres sont ensuite séchées et broyées.

Les fibres d'AC reçues ont été séchées à 60 °C jusqu'à stabilisation de leur masse (variation de masse inférieure à 0,1 % entre deux pesées en 24h). La teneur en eau, la masse volumique apparente sans compactage et l'absorption d'eau mesurées suivant les protocoles de la RILEM (Amziane et al., 2017) sont respectivement de 2 % ; 38,6 ± 3,3 et 853 % (en masse) après 48 h.

### B. Formulations étudiées

Onze mélanges de mortier, tous de même rapport E/C = 0,5, ont été préparés (Tableau 1).

- trois mortiers de référence (1, 2 et 3 dans le Tableau 1) correspondant respectivement à un mortier standard sans fibres, REF 0 ; un mortier auquel 1,3 % d'AC ont été ajoutées sans superplastifiant, REF SS ; et un mortier auquel 3 % de superplastifiant a été ajouté en plus des fibres d'AC, REF AS.

- six mortiers auxquels du stéarate de calcium a été ajouté à différents taux sans superplastifiant : 0,5 SC SS ; 1 SC SS et 1,5 SC SS (4, 6 et 8 dans le Tableau 1) et avec superplastifiant : 0,5 SC AS ; 1 SC AS et 1,5 SC AS (5, 7 et 9 dans le Tableau 1). Le SC sous forme de poudre a été ajouté aux fibres qui ont été imbibées avec environ 40 % de la masse d'eau utilisée pour le gâchage.
- deux formulations où l'effet de l'ajout de 10 % en masse du ciment de métakaolin (10 MK AS) et de la fumée de silice (10 FS AS) a été étudié en présence du superplastifiant.

Les fibres d'AC présentent un volume en vrac important du fait de leur grand rapport d'aspect, cette étude s'est limitée à 1,3 % en masse de sable pour éviter tout problème d'homogénéité du matériau.

### III. Résultats et discussion

Les résultats de l'ouvrabilité (mesurée au cône d'Abrams) et de la résistance à la compression (Rc) et à la flexion (Rf) à 28 j des mélanges étudiés sont regroupés dans le Tableau 1. L'ajout de 1,3 % en masse d'AC a dégradé l'ouvrabilité du mélange et fait chuter d'environ 40 % la Rc et 35 % la Rf par rapport au mortier normalisé de référence REF 0. Un ajout de 3 % de SP a amélioré l'ouvrabilité mais sans influence significative sur la résistance mécanique. Sans SP, l'ajout de SC aux fibres d'AC avant de les incorporer dans le mélange conduit à une diminution de l'ouvrabilité par rapport au mortier de référence, ce qui a aussi été montré dans la littérature (pour des mortiers sans AC), tout en ayant un impact négligeable sur Rc et Rf, ce qui reste cohérent avec (Naseroleslami et al., 2019). L'ajout de 3 % de SP permet d'améliorer grandement l'ouvrabilité et les résistances mécaniques des mortiers d'AC et de SC. L'amélioration la plus significative pour l'affaissement (Rc et Rf, resp.) est obtenue avec la combinaison de 1,5% de SC (1 % de SC, resp.).

La FS et le MK sont connus pour leur double effet filler et pouzzolanique. Les meilleures Rc et Rf sont obtenues ici avec l'ajout de 10 % de MK en présence de 3 % SP. L'ajout de SP est nécessaire pour obtenir le même affaissement que le mortier normalisé.

**TABLEAU 1. Formulations étudiées.**

N°	Désignation	Constituants	Affaissement (mm)	Rc (MPa)	Rf (MPa)
1	REF 0	Sable (S), Ciment (C), Eau (E)	11	44 ± 0,9	7,4 ± 0,2
2	REF SS	S, C, E, 1,3% AC	1	26,6 ± 1,4	4,8 ± 0,6
3	REF AS	S, C, E, 1,3% AC, 3% SP	8,7	26,4 ± 1	5,4 ± 0,2
4	0.5 SC SS	S, C, E, 1,3% AC, 0,5% SC	0	24,5 ± 2,4	4,5 ± 0,2
5	0.5 SC AS	S, C, E, 1,3% AC, 0,5% SC, 3% SP	3,8	31,0 ± 1	5,7 ± 0,1
6	1 SC SS	S, C, E, eau, 1,3% AC, 1% SC	3	27,4 ± 1,4	5,0 ± 0,2
7	1 SC AS	S, C, E, 1,3% AC, 1% SC, 3% SP	4,1	31,2 ± 2,2	6,0 ± 0,1
8	1.5 SC SS	S, C, E, 1,3% AC, 1,5% SC	1	24,9 ± 1,8	4,4 ± 0,1
9	1.5 SC AS	S, C, E, 1,3% AC, 1,5%SC, 3% SP	11	28,7 ± 0,9	5,4 ± 0,4
10	10 MK AS	S, C, E, 1,3% AC, 3% SP, 10% MK	12,1	37,6 ± 1,8	6,5 ± 0,2
11	10 FS AS	S, C, E, 1,3% AC, 3% SP, 10% FS	12,3	27,1 ± 1,8	5,4 ± 0,1

#### IV. Conclusion

Ce travail a permis d'étudier l'effet de SC, de SP, de MK et de FS sur l'ouvrabilité (mesure de l'affaissement) et la résistance mécanique (mesure de la résistance à compression et à la flexion) des mortiers incorporant 1,3 % de fibres d'AC (en masse de sable) issues d'un traitement industriel de dépollution de mégots de cigarettes. Les résultats obtenus ont montré que (i) les mortiers d'AC et de SC (à 0,5 %, 1 %, et 1,5 %) ont une ouvrabilité médiocre qui peut être compensée par l'ajout supplémentaire de 3 % de SP ; (ii) les mortiers d'AC avec 3 % de SP et 10 % de MK ont une ouvrabilité similaire au mortier de référence avec des résistances mécaniques les plus proches de toutes les formulations étudiées ici. L'étude de la microstructure des mortiers fabriqués et de leur durabilité s'inscrit dans les perspectives de ce travail, en plus de la poursuite de l'optimisation de la formulation de mortiers valorisant les fibres d'AC.

#### REFERENCES

- OCDE (2018), Global Material Resources Outlook to 2060, Economic Drivers and Environmental Consequences, OECD Publishing, Paris ; <https://doi.org/10.1787/9789264307452-en>
- INERIS (2019), Etude des filières de recyclage des mégots de cigarettes, février 2019, INERIS-DRC-18-177385-09634B
- A. Mohajerani, Y. Tanriverdi, B. T. Nguyen, K. K. Wong, H. N. Dissanayake, L. Johnson, D. Whitfield, G. Thomson, E. Alqattan, A. Rezaei. (2017). Physico-mechanical properties of asphalt concrete incorporated with encapsulated cigarette butts. *Construction and Building Materials*, 153:69-80 ; <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.091>
- A. Mohajerani, A. Abdul Kadir, I. Larobina. (2016). A practical proposal for solving the world's cigarette butt problem : Recycling in fired clay bricks. *Waste Management*, 52:228-244; <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.012>
- R. Maderuelo-Sanz, V. Gómez Escobar, J. M. Meneses-Rodríguez. (2018). Potential use of cigarette filters as sound porous absorber. *Applied Acoustics*, 129(1):86-91; <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.07.011>
- M. Saba, K. J Kontoleon, E. Zervas and M. El Bachawati. (2021). Chemical and mechanical properties of geopolymer concrete incorporated with cigarette filters, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 899.012043; doi:10.1088/1755-1315/899/1/012043
- S. Amziane, F. Collet, M. Lawrence, C. Magniont, V. Picandet, et M. Sonebi. (2017). « Recommendation of the RILEM TC 236-BBM: characterisation testing of hemp shiv to determine the initial water content, water absorption, dry density, particle size distribution and thermal conductivity », *Mater. Struct.*, vol. 50.
- R. Naseroleslami, M. N. Chari. (2019). The effects of calcium stearate on mechanical and durability aspects of self-consolidating concretes incorporating silica fume/natural zeolite, *Construction and Building Materials* (225) 384-400; <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.144>