



HAL
open science

Effet du stéarate de calcium sur la microstructure de mortier à base d'acétate de cellulose

Joe Tannous, Thouraya Salem, Othman Omikrine-Metalssi, Teddy Fen-Chong

► **To cite this version:**

Joe Tannous, Thouraya Salem, Othman Omikrine-Metalssi, Teddy Fen-Chong. Effet du stéarate de calcium sur la microstructure de mortier à base d'acétate de cellulose. Congrès Français du Génie Civil : Ville du futur et changement climatique (CFGC 2023), augc; AFGC, May 2023, Gif-sur-Yvette, France. 9 p. ⟨hal-04329991⟩

HAL Id: hal-04329991

<https://hal.science/hal-04329991v1>

Submitted on 7 Dec 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Copyright - All rights reserved

Effet du stéarate de calcium sur la microstructure de mortier à base d'acétate de cellulose

Joe Tannous^{1,2}, Thouraya Salem^{1,2}, Othman Omikrine-Metalssi², Teddy Fen-Chong²

¹ ESITC-Paris, 79 avenue Aristide Briand, 94110 Arcueil, France

² Univ Gustave Eiffel, Cerema, UMR MCD, F- 77454 Marne-la-Vallée, France

RESUME Les mégots de cigarette représentent l'un des déchets les plus dangereux pour l'Homme, ainsi que pour l'environnement. Contenant diverses matières toxiques, les chercheurs étudient différentes possibilités de recyclage des mégots au lieu de l'incinération et l'enfouissement comme solution. Les mégots de cigarettes sont formés principalement de fibres d'acétate de cellulose (AC), un polymère à faible biodégradabilité. Cette étude présente une nouvelle solution pour recycler les fibres d'AC, pré-dépolluées par un procédé industriel, en les introduisant dans la composition des mortiers. En se basant sur une étude préliminaire, 1,3 % d'AC (en masse de sable) a été ajouté à deux séries de mortiers : une série avec superplastifiant et une autre sans ce dernier. Afin de réduire l'absorption importante d'eau par les fibres, un agent hydrophobe, le stéarate de calcium (SC), a été utilisé à différentes teneurs (0,5 %, 1 % et 1,5 % en masse du ciment) pour enrober les fibres d'AC. Nous avons trouvé antérieurement que l'ouvrabilité et les résistances mécaniques se dégradent avec l'addition de l'AC alors que l'ajout d'1 % de SC permet d'obtenir des valeurs optimales. Les effets microscopiques de l'ajout de l'AC et du SC sont ici étudiés. Les résultats montrent une distribution porale plurimodale avec l'ajout du SC et une diminution de la quantité de pores connectés.

Mots-clefs acétate de cellulose, recyclage, mortier, microstructure.

I. INTRODUCTION

Le secteur de construction est confronté à des enjeux importants : d'une part l'agglomération en réponse à la croissance démographique, ainsi que, d'autre part la nécessité de relever défis environnementaux tels que le changement climatique, les émissions CO₂ et l'épuisement des ressources naturelles... D'après le rapport de la Banque Mondiale, la production de déchets dans le Monde augmentera de 70 % d'ici 2050 si des mesures d'urgence ne seront pas prises (Kaza et al. 2018). En 2018, environ 342 millions de tonnes de déchets sont produits dans le monde où le secteur de construction est responsable de 240 millions de tonnes (Haeusler et al. 2022). En effet, ce secteur consomme plus que 30 % des ressources naturelles (Saad, 2022). Cette filière représente 36 % de la consommation énergétique totale et elle est responsable de 39 % des émissions de CO₂ (IEA et UNEP 2020).

Le recyclage et l'utilisation de matériaux alternatifs sont devenus une nécessité surtout dans le domaine de la construction pour préserver la nature et l'Homme. La France doit s'impliquer dans ce défi vu que le secteur de bâtiment constitue seul 43 % des consommations énergétiques et génère 23 % des gaz à effet de serre (Ministère de la Transition écologique, 2022).

Cela a poussé les chercheurs à développer de nouveaux matériaux de construction alternatifs et durables, permettant d'effectuer des économies d'énergie, de valoriser les déchets et de répondre aux exigences environnementales.

Les mégots de cigarettes sont les déchets les plus fréquemment retrouvés dans l'environnement dans le Monde (Ribeiro et al., 2022). D'après « The Tobacco Atlas », la production mondiale de cigarettes a été estimée à environ 5,7 billions de cigarettes en 2016 (Drope et W. Schluger 2018) et pourra atteindre 9 billions en 2025 (Mackay, Eriksen, et Shafey, 2006). En France, cette production est de 10 000 tonnes par an constituant 1% de la consommation mondiale (Leymarie, Pandard, et Pradaud, 2019). La fumée de cigarettes contient plus de 7000 substances toxiques, les filtres de cigarettes sont conçus pour retenir ces substances. Le filtre d'une cigarette fumée contient environ 4000 substances chimiques toxiques, dont la nicotine (Rodgman et Perfetti, 2008). Les filtres de cigarettes sont constitués de 97 % d'acétate de cellulose (AC), un polymère naturel modifié à faible biodégradabilité (Kurmus et Mohajerani, 2020b).

Malgré la faible collecte de ce déchet, l'enfouissement et l'incinération ne se présentent pas comme les meilleures méthodes pour traiter les mégots de cigarettes puisqu'il s'agit de méthodes non durables et coûteuses (Kurmus et Mohajerani, 2020a).

Dans la littérature, les mégots de cigarettes ont été valorisés dans différents domaines avec des résultats encourageants. Ils ont été incorporés à divers taux dans des blocs cubiques de bétons (Luo et al., 2019). La ductilité des blocs a été améliorée en ajoutant les mégots alors que la résistance à la compression s'est affaiblie. Dans une autre étude l'ajout d'1 % de mégots de cigarettes en masse dans des briques en terre cuite a réduit la conductivité thermique de 15 % par rapport aux briques de référence (Kurmus et Mohajerani, 2021). En remplaçant les granulats par des mégots de cigarettes enrobés de bitume, la densité, la résistance à la compression et la conductivité thermique des briques ont diminué en augmentant le taux de remplacement alors que la porosité a augmenté (Mohajerani, Kadir, et Larobina 2016; Kurmus et Mohajerani, 2021).

Ces études montrent que les chercheurs ont commencé à s'intéresser à l'incorporation des mégots dans les matériaux de construction pour les alléger et modifier leurs propriétés mécaniques et thermiques. Mais, à notre connaissance, aucune étude n'a travaillé sur l'incorporation de fibres d'AC prétraitées industriellement dans des mortiers (à base de ciment Portland).

Le présent article est une poursuite de travaux antérieurs sur l'étude du potentiel de valorisation des fibres d'AC dépolluées industriellement par l'entreprise MéGO!. Après avoir été introduites précédemment dans des mortiers cimentaires sous forme de remplacement du sable (Tannous et al. 2022), dans cette étude les fibres d'AC sont utilisées sous forme d'ajouts à un taux de 1,3 % en masse du sable. L'étude précédente (Tannous et al. 2022) a montré une absorption importante d'eau des fibres. Dans (Salem et al. 2022) le stéarate de calcium (SC), un agent hydrophobe, a ainsi été ajouté à des taux de 0,5 %, 1% et 1,5 % en masse du ciment pour hydrophobiser les fibres. Afin de mieux comprendre les résultats d'ouvrabilité et les résultats mécaniques obtenus précédemment, l'objectif de cet article est d'étudier et d'analyser les effets microscopiques de

l'incorporation de l'AC et du SC dans des mortiers conçus avec et sans superplastifiant. La microscopie électronique à balayage (MEB) et la porosimétrie à mercure (MIP) ont été utilisées pour déterminer et caractériser la forme, la taille et la distribution porale.

II. Matériaux et méthodes

A. Matériaux

Les matériaux utilisés pour la fabrication des mortiers à base d'acétate de cellulose sont décrits ci-dessous.

- Sable normalisé conforme à la norme CEN EN 196-1, ISO 679, la taille des grains est 0/2 mm, de densité 1713 kg.m⁻³ et de porosité 38,63 %.
- Ciment CEM I 52.5 N CE CP2 NF conforme à la norme NF EN 196-1.
- Superplastifiant (SP) SikaViscoCrete Tempo 653 conforme à la norme EN 934-2, permettant d'améliorer l'ouvrabilité des mélanges.
- Stéarate de Calcium (SC), poudre blanche insoluble dans l'eau de la marque Thermo Fisher Scientific, de masse moléculaire 607,03 g/mol.
- Fibres d'acétate de cellulose (AC) fournies par l'entreprise MéGO!. Les mégots sont traités dans un circuit fermé. Après leur collecte, les mégots sont triés, broyés puis dépollués par un solvant neutre qui est l'eau de pluie. Ils sont ensuite séchés et broyés de nouveau. Ces fibres se présentent comme des microfibrilles ayant un aspect cotonneux. Des essais au laboratoire ont permis de déterminer les principales caractéristiques physiques de ces fibres dont i) une masse volumique apparente sans et avec compactage respectivement 39,3 ± 3 kg/m³ et 65,2 ± 2 kg/m³, ii) une porosité totale de 97 % et iii) une absorption d'eau après respectivement 1 min et 48 h d'immersion de 500 ± 146 % et 853 ± 41 %. Un tableau détaillé des caractéristiques de ces fibres figure dans (Tannous et al. 2022).

B. Formulation et fabrication des mortiers

Après avoir effectué des essais préliminaires en utilisant les fibres d'AC sous forme de remplacement de sable, le taux optimal trouvé était 1,3 % en masse du sable (Tannous et al. 2022).

Dans cet article, les fibres d'AC sont utilisées sous forme d'ajout, le même taux de 1,3 % a été retenu pour éviter tout problème d'agglomération des fibres. Le rapport entre la quantité de sable et de ciment est de 3, tandis que le rapport entre la quantité d'eau et de ciment est de 0,5. Le taux de SP utilisé est de 3 % en masse du ciment, alors que le SC a été ajouté à des taux de 0,5, 1 et 1,5 % en masse du ciment afin de trouver le taux optimal. Les formulations étudiées sont présentées dans le tableau 1.

TABLEAU 1. Formulations étudiées

Désignation	Constituants
REF 0 SS	Sable (S), Ciment (C), Eau (E)

REF SS	S, C, E, 1,3% AC
REF AS	S, C, E, 1,3% AC, 3% SP
0,5 SC SS	S, C, E, 1,3% AC, 0,5% SC
0,5 SC AS	S, C, E 1,3% AC, 0,5% SC, 3% SP
1 SC SS	S, C, E, 1,3% AC, 1% SC
1 SC AS	S, C, E, 1,3% AC, 1% SC, 3% SP
1,5 SC SS	S, C, E, 1,3% AC, 1,5% SC
1,5 SC AS	S, C, E, 1,3% AC, 1,5% SC, 3% SP

En se basant sur la littérature et sur la norme NF EN 196-1, un protocole de malaxage spécifique a été conçu. Avant malaxage, le SC est mélangé manuellement avec l'AC pendant 2 minutes afin de bien enrober les fibres et réduire ainsi leur absorption d'eau. Dans le malaxeur, l'eau, le ciment et le sable sont d'abord mélangés pendant 1 minute à une faible vitesse de 100 rpm. Après avoir raclé la paroi du bol, si le superplastifiant doit être ajouté, il sera introduit dans le mélange ; ceci va permettre au SP de réagir directement sur ciment, alors que s'il est ajouté au début du malaxage son efficacité est réduite puisque les particules de ciment ne sont pas encore dispersées. L'étape suivante consiste à introduire minutieusement les fibres d'AC couvertes par le SC. Après avoir mélangé pendant 1 minute à vitesse rapide de 300 rpm, la paroi du bol est raclée de nouveau. Finalement, le mélange est mixé de nouveau à 300 rpm pendant 1 minute. Des échantillons 4x4x16 cm³ ont été fabriqués, démoulés après 48 h et stockés dans un réservoir d'eau à température contrôlée de 20 °C pour 28 j avant d'être testés.

III. Résultats et discussion

A. Distribution des pores (MIP)

Des essais MIP (Fig.1 et Fig.2) ont été effectués sur 9 échantillons de mortiers à base d'AC (sans et avec SP) pour déterminer la distribution porale et l'évolution de la porosité après l'incorporation de l'AC et du SC en comparaison au mortier de référence REF 0 SS. Dans les Fig.1 et Fig.2 la variation du volume a été tracée en fonction de la taille des pores qui varie entre 3.6 nm et 430 µm.

Pour le mortier REF 0 SS, deux grands pics sont observés. Avec l'ajout d'AC et du SC, la distribution porale devient plus dispersée et hétérogène. La distribution des pores devient plurimodale avec l'ajout de l'AC et du SC, alors qu'elle était bimodale pour le mortier REF 0 SS (Tannous et al. 2022).

La porosité totale des mortiers varie peu, entre 14,5 et 17,4 % en raison de la morphologie des fibres très fins et pouvant se tasser dans le mélange (Tannous et al. 2022). Ainsi, pour les mélanges sans SP, 1,5 SC SS possède la porosité totale la plus faible égale à 14,5 % (proche de la valeur de REF SS égale à 14,6 %). La porosité totale de ces mélanges avec SC diminue en augmentant le taux de SC. Alors que pour les mélanges avec SP, la porosité totale la plus faible est obtenue pour 1 SC AS. Cette différence de variation de porosité avec celle du taux de SC, indique que ce dernier

modifie les caractéristiques des pores (Cui et al. 2018). Dans leur article, en se basant sur la microstructure (dimension des pores, porosité), le taux d'1 % de SC est considéré optimal. Pour un même taux de SC, en comparant les mélanges sans SP (Fig.1) à ceux avec SP (Fig.2), les mélanges avec SP ont une porosité légèrement plus élevée sauf pour 1 % SC (1 SC AS). De ce fait, il a été déduit que le SC en présence du SP affecte la microstructure en augmentant légèrement la macroporosité. Sur les Fig. 1 et Fig. 2 on observe une diminution du volume de certains pores capillaires (pic entre 30 et 300 nm) de 0,1 mL/g pour la référence REF 0 SS à des valeurs inférieures à 0,04 mL/g pour les autres mélanges. Ce constat montre la réduction de la quantité des pores connectés dans la gamme des pores capillaires. (Chen, Liu, et Mu 2022) ont lié cela à l'ajout du SC. Dans notre étude, en plus du SC, cette réduction est due aussi à l'ajout des fibres d'AC. Dans l'étude menée précédemment (Tannous et al. 2022), on remarque qu'en augmentant le pourcentage de remplacement du sable par l'AC, le volume des pores entre 30 et 300 nm diminue progressivement.

En analysant la teneur des pores dans chaque catégorie, on observe qu'en ajoutant de l'AC seul, la quantité de pores capillaires ($10\text{nm} < d < 1\mu\text{m}$) diminue par rapport à la référence REF 0 SS. L'ajout de l'AC a transformé les pores capillaires en pores de plus petites dimensions : micropores ($d < 10\text{nm}$) et en pores de plus grandes dimensions : macropores ($d > 1\mu\text{m}$). Dans (Tannous et al. 2022), une zone interfaciale de transition est créée autour des fibres dans la matrice cimentaire, ce qui peut expliquer la cause de cette variation de catégorie de pores. La présence du SC avec l'AC, donne aussi des valeurs de quantité pores capillaires inférieure à celles de REF 0 SS. L'étude menée par (Nemati Chari, Naseroleslami, et Shekarchi 2019) sur l'impact du SC sur les caractéristiques du béton a montré des résultats similaires pour les mélanges contenant du SC. (Maryoto et al. 2020) ont lié ce fait à la présence de constituant ressemblant à la cire produit par le SC et qui persiste à l'intérieur des pores capillaires pendant le processus d'hydratation, de sorte que le diamètre des pores capillaires devient plus petit en ajoutant le SC.

La dimension des pores a un impact significatif sur la résistance mécanique du mortier. Il existe une corrélation directe entre la taille des pores et la résistance mécanique (Martínez-García et al. 2022). En comparant REF 0 SS aux autres mélanges, la quantité de macropores ($d > 1\mu\text{m}$) est la plus faible pour REF 0 SS, ce qui se présente comme l'une des raisons expliquant la diminution de la résistance à la compression (R_c) après l'ajout de l'AC et du SC (Salem et al. 2022). Pour REF 0 SS, R_c est de $44 \pm 0,9$ MPa. Cette valeur diminue de 40 % avec l'addition d'AC pour REF SS et REF AS. Avec l'ajout du SC, R_c diminue entre 29 % et 44 % par rapport REF 0 SS. (Cui et al. 2018) montrent dans leur étude que plus la quantité des pores ayant des grandes dimensions est importante plus l'effet négatif sur les résistances mécaniques est important. Les pores de grandes dimensions favorisent la formation des fissures.

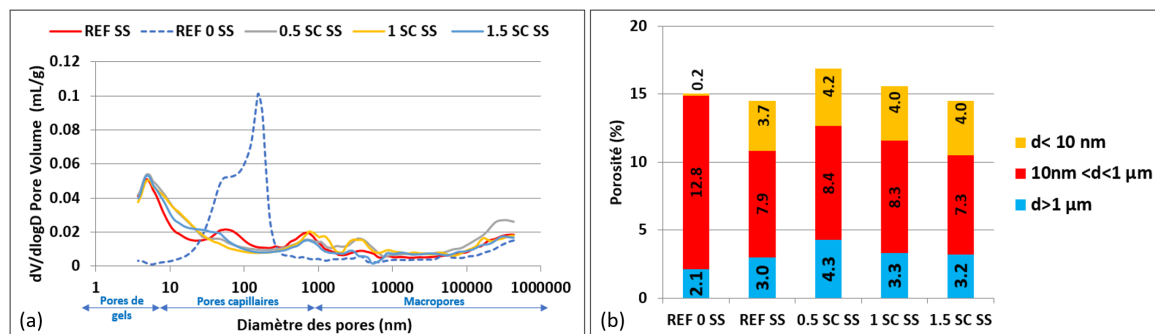


FIGURE 1. Distribution des pores et variation du volume des pores des mortiers sans SP

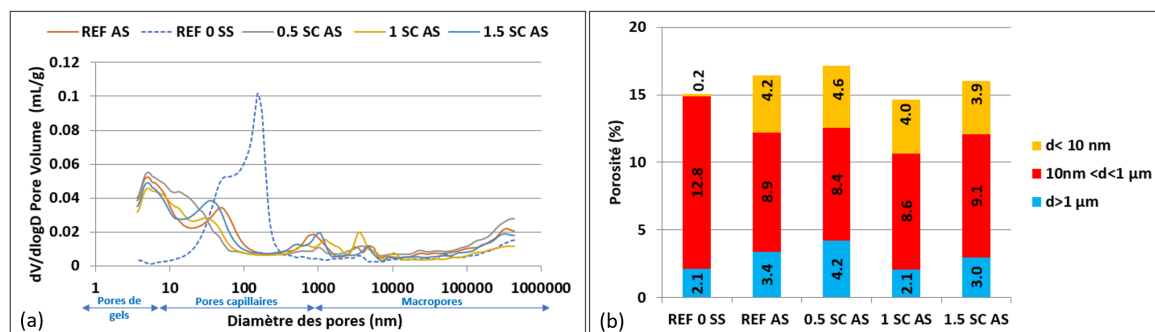


FIGURE 2. Distribution des pores et variation du volume des pores des mortiers avec SP

B. Microscopie électronique de balayage (MEB)

Des analyses microstructurales ont été menées sur les mortiers préparés avec SP. Les images de la Fig.3 correspondent à des observations représentatives des mortiers avec SP, AC et SC.

En comparant la microstructure des mélanges avec SC à celle de la REF AS (Fig.3a), on observe des agglomérats de SC (Fig.3c) qui ont contribué à la tendance à la réduction des pores capillaires (Fig 2b). En effet, en raison de l’aspect cotonneux des fibres, le SC ne couvre pas totalement les fibres (Fig.3b). D’ailleurs en augmentant la quantité de SC, on observe des agglomérats d’AC et de SC.

On constate que le SC affaiblit la liaison entre les composants de la pâte de ciment, développant ainsi une zone de transition entre fibres d’AC et pâte cimentaire (Fig.3d). Cela augmente la quantité de vides et de pores validant ainsi les résultats obtenus en MIP pour les mortiers avec SP. La présence de zone de transition entre AC et matrice cimentaire explique la réduction de la résistance à la compression obtenue précédemment dans (Salem et al. 2022). (Chen, Liu, et Mu 2022) ont observé le développement de la zone de transition interfaciale (ITZ) après l’ajout du SC dans leurs mélanges.

Comme évoqué auparavant dans les études de (Naseroleslami et Nemati Chari 2019; Nemati Chari, Naseroleslami, et Shekarchi 2019), les résultats obtenus montrent de même que le SC en présence du SP a un effet négatif sur la microstructure : dans les mélanges contenant du SC (Fig.3b-c-d), la zone de transition fibre-matrice apparaît plus grande que celle dans le mélange de référence (Fig.3a) et la liaison entre les granulats de sable et la pâte de ciment paraît plus faible.

En plus, l’incorporation de SC entraîne la formation de fissures dans la pâte cimentaire ainsi que dans l’ITZ (Fig.3d) comme cela a été observé dans (Naseroleslami et Nemati Chari 2019).

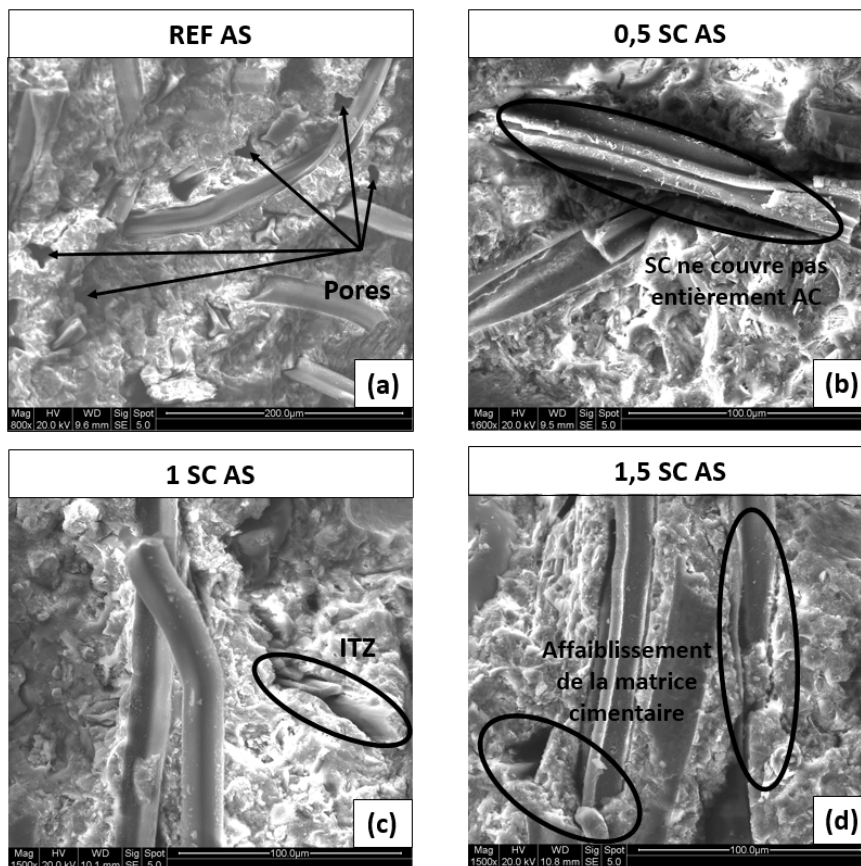


FIGURE 3. Images MEB des mortiers avec SP

IV. Conclusion

L'objectif de cet article est d'évaluer l'effet du stéarate de calcium, agent hydrophobe utilisé pour réduire l'absorption élevée des fibres d'AC, du superplastifiant et leur effet combiné, sur la porosité et la microstructure des mortiers incorporant 1,3 % en masse de sable de fibres d'AC. Les conclusions suivantes ont été tirées :

- La porosité des mortiers à base d'AC n'est pas significativement affectée après l'ajout du SC. La distribution porale est raffinée et devient plurimodale alors qu'elle était bimodale pour le mortier de référence REF 0 SS.
- Dans les mélanges avec et sans SP, l'ajout de l'AC et du SC contribue à la diminution de la quantité des pores capillaires par rapport au mortier de référence (REF 0 SS) ainsi qu'à la tendance à la diminution de la quantité des pores connectés par rapport au mortier avec AC et avec SP (REF AS) en raison de i) la présence du constituant similaire à la cire produit par le SC et ii) la présence de l'AC qui génère plus de pores dans la matrice cimentaire.
- Le SC a augmenté la zone de transition fibre-matrice créée par l'ajout d'AC. L'incorporation de SC est l'une des causes qui génère la formation de fissures dans la pâte cimentaire et dans l'ITZ, rendant cette dernière plus importante.

- Vis-à-vis de la porosité totale et de la quantité de pores supérieure à 1 μm , la microstructure a confirmé, pour les mélanges avec SP, le taux optimal de 1 % de SC par rapport à la quantité de ciment. Ce taux a été identifié auparavant dans les résultats macroscopiques.

L'utilisation des fibres d'AC dans le domaine de construction se présente comme une idée innovante qui pourrait contribuer à la réduction des déchets des mégots de cigarettes dans le monde. Les résultats obtenus jusqu'à présent montrent que, dans des mortiers, 1,3% en masse de sable est un taux d'AC qui donne des résistances mécaniques acceptables par rapport à la référence tout en affectant peu la microstructure. Prenant compte de l'absorption d'eau par ces fibres, l'utilisation d'un agent hydrophobe comme le stéarate de calcium pour enrober la superficie des fibres est indispensable mais non suffisante, ainsi que l'utilisation de SP est importante pour améliorer l'ouvrabilité des mélanges. Dans les prochaines formulations, il est intéressant de comparer les mélanges déjà effectués à des mélanges sans AC, avec SC, sans et avec SP. Il est intéressant de même d'étudier l'isolation thermique des mortiers à l'égard de cet ajout.

REFERENCES

- Chen, Ruixing, Jiaping Liu, et Song Mu. 2022. « Chloride Ion Penetration Resistance and Microstructural Modification of Concrete with the Addition of Calcium Stearate ». *Construction and Building Materials* 321 (février): 126188. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126188>.
- Cui, Yong, Dongmin Wang, Jihui Zhao, Duanle Li, Serina Ng, et Yafeng Rui. 2018. « Effect of Calcium Stearate Based Foam Stabilizer on Pore Characteristics and Thermal Conductivity of Geopolymer Foam Material ». *Journal of Building Engineering* 20 (novembre): 21-29. <https://doi.org/10.1016/j.job.2018.06.002>.
- Drope, Jeffrey, et Neil W. Schluger. 2018. *The Tobacco Atlas*. Sixth. Atlanta, Georgia 30303 USA: RR Donnelley.
- Haeusler, Laurence, Juliette Talpin, Mathieu Hestin, et Christian Mathery. 2022. « Déchets chiffres-clés. L'essentiel 2021 ». France.
- IEA, et UNEP. 2020. « Global Alliance for Buildings and Construction ». Paris.
- Kaza, Silpa, Lisa C. Yao, Perinaz Bhada-Tata, et Frank Van Woerden. 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>.
- Kurmus, Halenur, et Abbas Mohajerani. 2020a. « A Continuation Study on Recycling Cigarette Butts in Fired Clay Bricks ». School of Engineering, RMIT University.
- — —. 2020b. « The Toxicity and Valorization Options of Cigarette Butts ». *Waste Management* 104 (mars): 104-18. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.011>.
- — —. 2021. « Energy Savings, Thermal Conductivity, Micro and Macro Structural Analysis of Fired Clay Bricks Incorporating Cigarette Butts ». *Construction and Building Materials* 283 (mai): 122755.
- Leymarie, Anna, Pascal Pandard, et Isabelle Pradaud. 2019. « Etude des filières de recyclage des mégots de cigarettes ». INERIS-DRC-18-177385-09634B.
- Luo, Tao, Zhaojing Zhang, Jinliang Zhang, Chaowei Sun, et J. I. Yanjun. 2019. « Experimental Study on Uniaxial Compressive Strength of Concrete Incorporated with Cigarette Butts ». In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 233:052030. IOP Publishing.

- Mackay, Judith, Michael Eriksen, et Omar Shafey. 2006. « The Tobacco Atlas, 2nd American Cancer Society ». Atlanta, GA.
- Martínez-García, Rebeca, M. I. Sánchez de Rojas, P. Jagadesh, Fernando López-Gayarre, Julia M. Morán-del-Pozo, et Andrés Juan-Valdes. 2022. « Effect of Pores on the Mechanical and Durability Properties on High Strength Recycled Fine Aggregate Mortar ». *Case Studies in Construction Materials* 16 (juin): e01050. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01050>.
- Maryoto, Agus, Rachmad Setijadi, Arnie Widyaningrum, et Sugeng Waluyo. 2020. « Drying Shrinkage of Concrete Containing Calcium Stearate, (Ca(C₁₈H₃₅O₂)₂), with Ordinary Portland Cement (OPC) as a Binder: Experimental and Modelling Studies ». *Molecules* 25 (21): 4880. <https://doi.org/10.3390/molecules25214880>.
- Ministère de la Transition écologique. 2022. « Ministère de la Transition écologique ». Construction et performance environnementale du bâtiment. 2022. <https://www.ecologie.gouv.fr/construction-et-performance-environnementale-du-batiment>.
- Mohajerani, Abbas, Aeslina Abdul Kadir, et Luke Larobina. 2016. « A Practical Proposal for Solving the World's Cigarette Butt Problem: Recycling in Fired Clay Bricks ». *Waste Management* 52 (juin): 228-44.
- Naseroleslami, Ramin, et Mehdi Nemati 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 (novembre): 384-400. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.144>.
- Nemati Chari, Mehdi, Ramin Naseroleslami, et Mohammad Shekarchi. 2019. « The Impact of Calcium Stearate on Characteristics of Concrete ». *Asian Journal of Civil Engineering* 20 (7): 1007-20. <https://doi.org/10.1007/s42107-019-00161-x>.
- Ribeiro, Victor Vasques, Thais Cândido Lopes, Mariana Amaral Dos Santos Pinto, Alain Alves Póvoa, Victor Rocha Corrêa, Gabriel Enrique De-la-Torre, Sina Dobaradaran, Dannielle Senga Green, André Salem Szklo, et Ítalo Braga Castro. 2022. « Cigarette Butts in Two Urban Areas from Brazil: Links among Environmental Impacts, Demography and Market ». *Environmental Research* 213 (octobre): 113730. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113730>.
- Rodgman, Alan, et Thomas A. Perfetti. 2008. *The Chemical Components of Tobacco and Tobacco Smoke*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420078848>.
- Saad, Matthieu. 2022. « Potentiel des fibres végétales courtes dans l'amélioration du comportement mécanique des mortiers ». These de doctorat, Toulouse, INSA. <https://www.theses.fr/2022ISAT0013>.
- Salem, Thouraya, Joe Tannous, Sandrine Marceau, Othman Omikrine-Metalssi, et Teddy Fen-Chong. 2022. « Effet Du Stéarate de Calcium et d'additions Sur l'ouvrabilité et La Résistance Mécanique de Mortiers d'acétate de Cellulose ». *Academic Journal of Civil Engineering* 40 (1): 100-103. <https://doi.org/10.26168/ajce.40.1.25>.
- Tannous, Joe, Thouraya Salem, Othman Omikrine Metalssi, Sandrine Marceau, et Teddy Fen-Chong. 2022. « Study of the Effects of Incorporating Depolluted Cellulose Acetate in Mortars, with and without Superplasticizer, in View of Recycling Cigarette Butt Waste ». *Construction and Building Materials* 346 (septembre): 128492. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128492>.