

Impact de la variabilité de la chènevotte sur l'hydratation du ciment

Sandrine Marceau¹, Lucie Lacour¹, Fatma Yildirim¹, Fabienne Farcas¹

¹ Université Gustave Eiffel, MAST/CPDM, 77454 Marne-la-Vallée Cedex 02, France

RESUME Les bétons de chanvre sont des matériaux d'isolation biosourcés dont l'utilisation est en plein essor en France. Cependant, leur développement est encore limité par le manque de recul sur leurs performances, notamment en ce qui concerne leurs propriétés mécaniques. La variabilité des caractéristiques des granulats végétaux est à l'origine de ce résultat. Dans ce travail, l'influence de huit chènevottes d'origine différente sur la prise d'un ciment CEM I est étudiée. Ces particules entraînent un retard de prise du liant variant de 2 à 6 heures par rapport au ciment seul. L'analyse des solutions d'extraction des particules végétales par spectrométrie UV et chromatographie liquide montre que ce retard est lié à la présence de polyphénols, et plus particulièrement aux composés les plus polaires. L'objectif final de cette étude sera de définir un indicateur permettant de prédire la compatibilité de particules végétales avec un liant minéral.

Mots-clefs : béton végétal, chènevotte, hydratation, interactions

I. INTRODUCTION

Les bétons végétaux sont des matériaux d'isolation biosourcés pour le bâtiment, constitués de particules végétales enrobées par un liant minéral à base de ciment et/ou de chaux (Amziane and Collet, 2017). En France, la mise en œuvre du béton de chanvre est encadrée par des règles de construction (Collectif SEBTP, 2012). Néanmoins, il est actuellement impossible de prédire les performances, notamment mécaniques, des bétons de chanvre sans réaliser des tests de convenance pour valider la compatibilité des granulats végétaux avec le liant minéral. En effet, en raison de la variabilité des caractéristiques des végétaux, l'hydratation des liants est dans certains cas ralentie, voire inhibée par des composés chimiques extraits de végétaux pendant la mise en œuvre des matériaux (Delannoy et al., 2020; Niyigena et al., 2018).

Deux mécanismes décrits dans la littérature permettent d'expliquer l'impact des végétaux sur l'hydratation des liants minéraux : l'absorption de molécules organiques, comme les sucres, à la surface des grains de ciment anhydres (Boix et al., 2020) et la capacité d'autres types de composés, comme les polyphénols, à chélater les ions Na^+ , entraînant la formation de complexes Ca^{2+} qui empêchent l'hydratation du ciment (Miller and Moslemi, 1991).

Dans ce travail, huit granulats de chanvre d'origine différente sont analysés et leur impact sur l'hydratation d'un ciment de type CEM I est relié à leur composition chimique, en particulier à la présence de polyphénols extractibles. Il complète une étude précédente (Marceau et al., 2022), où

le lien entre le retard de prise du liant et la quantité totale d'extractibles et de sucres n'avait pas pu être mis en évidence.

II. Matériaux et méthodes

Un ciment de type CEM I et huit échantillons de chènevotte d'origines différentes, référencées CH1 à CH8 ont été utilisés. Les particules végétales ont été broyées pour obtenir une poudre dont la granulométrie est inférieure à 500 μm pour optimiser l'extraction des composés libres et étudier des mélanges minéral-végétal homogènes.

L'hydratation du liant est suivie par calorimétrie isotherme à 25°C (TA instruments, TAM AIR 8, référence : sable de Fontainebleau). Les mesures sont réalisées sur la pâte de ciment pure utilisée comme référence et sur des pâtes contenant les poudres végétales (rapports végétal/ciment de 2% et eau/ciment de 0,5).

L'extraction des composés des végétaux a été réalisée dans l'eau à 20°C pendant une heure avec un rapport végétal/eau de 1%. Les phénols extraits des végétaux ont été analysés par spectroscopie UV-Visible et séparés par chromatographie liquide à haute performance en phase inverse (Waters, colonne C18 de type Zorbax Bonus-RP).

Les formulations analysées par calorimétrie isotherme et les conditions d'extraction ne correspondent pas aux rapports végétal/ciment et eau/ciment utilisés dans les bétons végétaux, respectivement de l'ordre de 0,5 et 1. Elles ont été choisies pour amplifier au maximum les phénomènes de retards et ont été fixées suite à une autre étude (Delannoy et al., 2020).

III. Résultats et discussion

A. Impact du type de chènevotte sur l'hydratation du ciment

L'évolution du flux de chaleur lié à l'hydratation du ciment pour la pâte de ciment de référence et celles contenant les poudres végétales est présentée sur la Fig. 1.

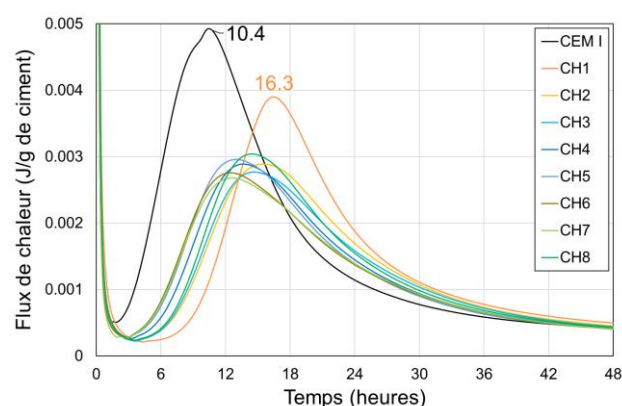


FIGURE 1. Flux de chaleur mesurée par calorimétrie isotherme à 25°C

Grâce à ces mesures, on peut observer le décalage du maximum du flux de chaleur vers des temps plus longs, ainsi que la diminution de l'amplitude de ce pic lorsque les pâtes de ciment contiennent les poudres végétales. Ce décalage dépend du type de chènevotte et on peut l'associer

au retard de prise lié à la présence de la poudre. Il varie de 2 heures pour la chènevotte CH6 à 6 heures pour la chènevotte CH1.

B. Influence des polyphénols.

Les polyphénols sont des composés chimiques pouvant être extraits des végétaux et influence la prise des liants cimentaires. Leur présence dans les solutions d'extraction des huit particules de chènevotte a été analysée par spectrométrie UV. Les spectres obtenus sont présentés sur la Fig. 2.

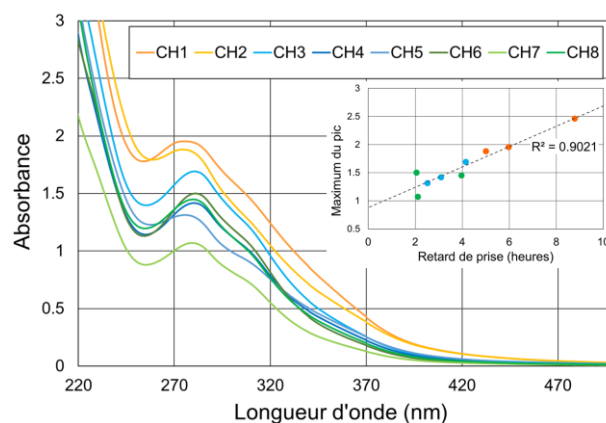


FIGURE 2. Spectres d'absorption UV des solutions d'extraction

Les spectres d'absorption de toutes les solutions présentent qualitativement la même allure, avec la présence d'un pic principal à 280 nm et d'un épaulement plus ou moins prononcé à 310 nm, associés à deux cycles aromatiques présents dans différents types de polyphénols, les flavonoïdes et les tannins. En traçant la valeur du maximum du pic principal en fonction du retard de prise (Fig. 2), on peut observer une corrélation entre ces deux valeurs.

Cependant, cette technique ne permet pas d'identifier précisément quels types de polyphénols sont présents dans les extractibles. La chromatographie liquide à haute performance permet de séparer les molécules en fonction de leur polarité. Les chromatogrammes obtenus sont présentés sur la Fig. 3.

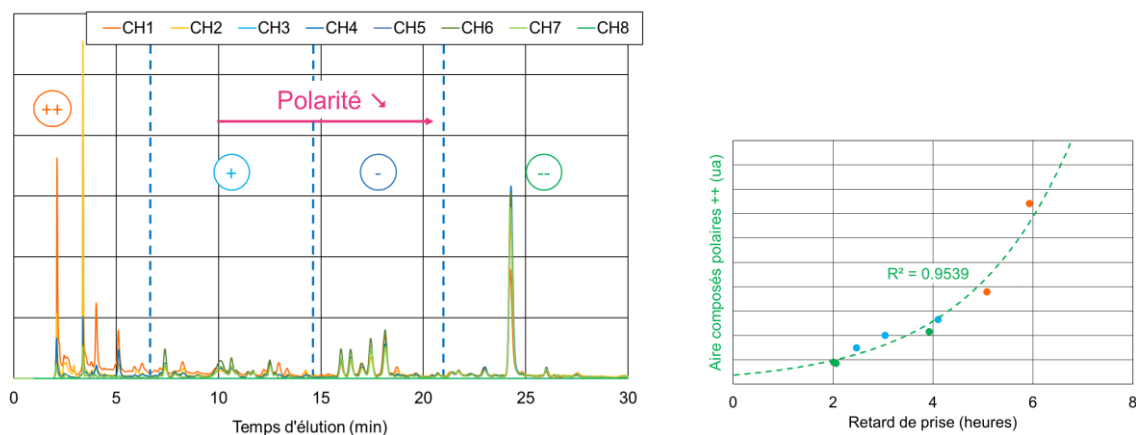


FIGURE 3. Chromatogrammes des solutions d'extraction et aire correspondant aux composés les plus polaires en fonction du temps de prise

Qualitativement, les pics identifiés sont situés aux mêmes temps d'élution, ce qui signifie que le même type de composé chimique est extrait pour toutes les chènevottes. En revanche, on peut observer que la hauteur des pics, liée à la quantité de polyphénols, est différente d'un granulat à l'autre. Etant donnée la complexité des spectres, les polyphénols ont d'abord été séparés en quatre groupes de polarité décroissante, et l'aire sous les pics correspondant à chaque zone a été mesurée et reliée au retard de prise. Dans le cas des composés les plus polaires, on observe une relation exponentielle entre ces deux paramètres (Fig. 3.). Ces composés les plus polaires, comme les acides organiques, seraient donc ceux qui sont à l'origine du retard de prise du liant.

CONCLUSION

Cette étude a permis de montrer l'influence de la variabilité des propriétés de huit types de chènevotte sur l'hydratation d'un ciment de type CEM I. Des retards de prise variant de deux à six heures ont pu être observés. Dans une étude précédente, ce retard n'avait pas pu être relié à la quantité totale de composés extraits des végétaux, ni à celles de polysaccharides. En étudiant plus spécifiquement la famille des polyphénols, ce travail permet de mettre en évidence le rôle des polyphénols les plus polaires, comme les acides organiques.

En perspective de ce travail, une étude globale est prévue portant sur plusieurs types de végétaux et de liants, pour mettre en évidence un indicateur permettant de prévoir la compatibilité des végétaux avec les liants minéraux, mais également la prédiction de leurs performances thermiques et mécaniques, ainsi que l'évaluation de leur impact environnemental réel.

REFERENCES

- Amziane, S., Collet, F., 2017. *Bio-aggregates Based Building Materials*. Springer, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-1031-0>
- Boix, E., Gineau, E., Narciso, J.O., Höfte, H., Mouille, G., Navard, P., 2020. Influence of chemical treatments of miscanthus stem fragments on polysaccharide release in the presence of cement and on the mechanical properties of bio-based concrete materials. *Cem. Concr. Compos.* <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103429>
- Collectif SEBTP, 2012. *Construire en Chanvre, Règles professionnelles d'exécution*.
- Delannoy, G., Marceau, S., Glé, P., Gourlay, E., Guéguen-Minerbe, M., Diafi, D., Amziane, S., Farcas, F., 2020. Impact of hemp shiv extractives on hydration of Portland Cement. *Constr. Build. Mater.* 244, 118300. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118300>
- Marceau, S., Lacour, L., Diafi, D., Farcas, F., 2022. Compatibility of Plants with a Mineral Binder. *Constr. Technol. Archit.* 1, 865–871. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/cta.1.865>
- Miller, D., Moslemi, A., 1991. Wood-cement composites: effect of model compounds on hydration characteristics and tensile strength. *Wood fiber Sci. J. Soc. Wood Sci. Technol.* 23, 472–482.
- Niyigena, C., Amziane, S., Chateaneuf, A., 2018. Multicriteria analysis demonstrating the impact of shiv on the properties of hemp concrete. *Constr. Build. Mater.* 160, 211–222. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.026>