

## Développement d'un adhésif sans formaldéhyde à base de lactose pour les applications de collage du bois

Ilias El Ouahabi

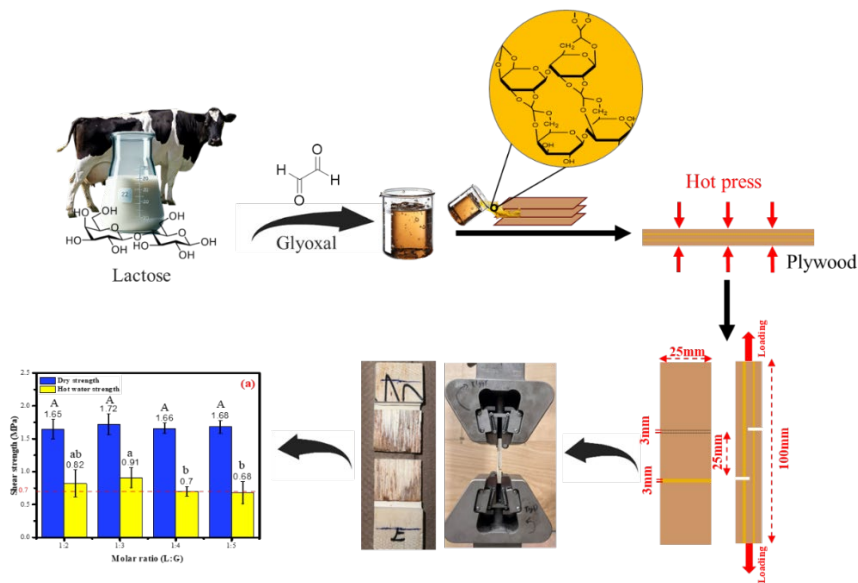
Vous pouvez consulter l'article [ici](#) [1]

Les adhésifs urée-formaldéhyde (UF) sont les colles les plus utilisées pour fabriquer des panneaux de bois d'intérieur comme les panneaux de particules, de fibres à densité moyenne MDF ou le contreplaqué. On estime qu'environ 90 % de ces panneaux sont assemblés avec ce type de résine, soit des millions de tonnes produites chaque année dans le monde [2]. Ces adhésifs sont très populaires parce qu'ils sont peu coûteux, efficaces et réagissent rapidement, ce qui facilite la production industrielle. Les panneaux ainsi fabriqués sont largement utilisés dans les meubles et les aménagements intérieurs : armoires, portes, dessus de table, planchers, mobilier de maison et de bureau. Ils sont appréciés pour leur prix abordable et leur facilité d'usinage [3].

Cependant, ces adhésifs présentent deux limites importantes. D'une part, leur résistance à l'eau est limitée. D'autre part, ils peuvent libérer du formaldéhyde dans l'air pendant et après leur fabrication. Or, le formaldéhyde est classé comme cancérigène avéré pour l'humain : une exposition prolongée peut augmenter le risque de cancer et provoquer des irritations des voies respiratoires, des yeux et de la peau [4,5]. Ainsi, malgré leur large usage et leur coût avantageux, leur impact potentiel sur la santé soulève aujourd'hui de sérieuses préoccupations.

Une alternative prometteuse aux adhésifs traditionnels à base de formaldéhyde est le lactose, principal sucre du lait. Issu du lactosérum, un sous-produit abondant de l'industrie fromagère) [6], le lactose est renouvelable, peu coûteux et non toxique. Grâce à ses multiples groupes chimiques réactifs, il peut être utilisé comme précurseur pour la fabrication d'adhésifs biosourcés.

Dans cette étude, un nouvel adhésif écologique a été développé en combinant le lactose avec le glyoxal, une alternative moins toxique au formaldéhyde. Le glyoxal agit comme agent de réticulation entre les molécules, renforçant ainsi la cohésion de la colle et améliorant sa résistance à l'humidité ainsi que ses propriétés mécaniques. Cet adhésif a ensuite été appliqué sur du contreplaqué afin d'évaluer sa performance de collage (**Figure.1**).



**Figure 1** : Procédé expérimental pour la fabrication et l'évaluation de contreplaqué collé avec un adhésif LG (Lactose-Glyoxal).

Les conditions de fabrication, comme les proportions des ingrédients (ratio molaire), le temps et la température de réaction, ont été optimisées (**Figure.2**). Des analyses chimiques et mécaniques ont été réalisées afin de mieux comprendre la structure et les performances de la colle obtenue, et ainsi identifier les conditions les plus efficaces.

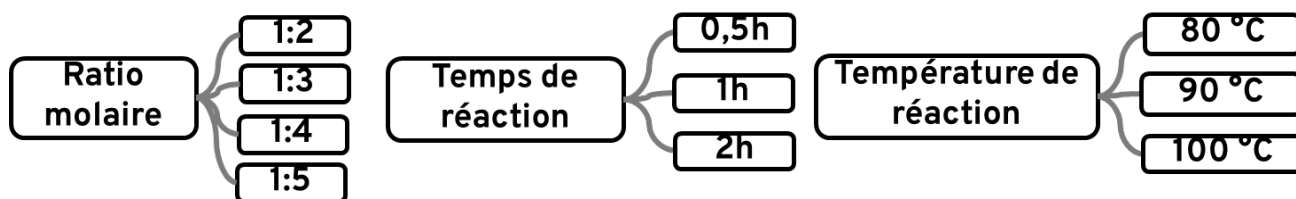
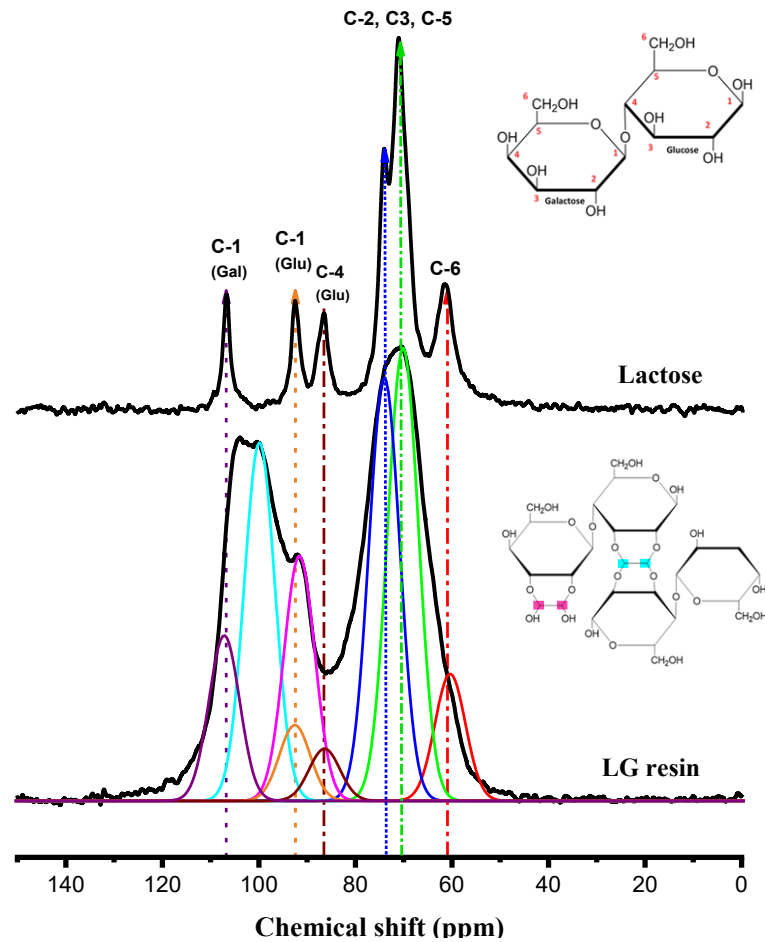


Figure 2 : Les paramètres variés dans l'étude

## Résultats et discussion

La caractérisation chimique réalisée par résonance magnétique nucléaire du carbone 13 à l'état solide (RMN <sup>13</sup>C) a permis de confirmer que le lactose et le glyoxal ont bien réagi ensemble. L'apparition de nouvelles liaisons dites acétaliques et hémiacétaliques (illustrées à la **Figure 3**) indique la formation de nouvelles liaisons chimiques entre les deux molécules. Concrètement, les molécules ne restent pas isolées, mais s'assemblent pour former un réseau tridimensionnel. Cette structure peut être comparée à un filet de pêche, où chaque nœud représente un point de liaison entre différentes chaînes moléculaires.

Ce type de réseau ramifié et réticulé est particulièrement recherché dans les adhésifs. Plus le réseau est dense et interconnecté, plus l'adhésif présente une cohésion interne élevée, c'est-à-dire une meilleure solidité. Cette structure limite également la pénétration de l'eau dans le matériau, ce qui améliore sa résistance à l'humidité, un point souvent critique pour les colles biosourcées. Ces résultats confirment donc que la réaction chimique entre le lactose et le glyoxal conduit à la formation d'une structure favorable aux performances mécaniques et à la durabilité de l'adhésif.



**Figure 3 :** Spectres RMN  $^{13}\text{C}$  du lactose et de l'adhésif LG

Après l'analyse de la structure chimique, la résistance au cisaillement des contreplaqués fabriqués avec l'adhésif synthétisé a été mesurée à l'état sec et après immersion dans l'eau chaude. Les résultats obtenus dans cette étude confirment que les paramètres de fabrication influencent directement la qualité du collage. Le ratio molaire entre le lactose et le glyoxal, la température ainsi que le temps de réaction jouent un rôle déterminant dans les performances finales de l'adhésif (**Figure.4**).

Les meilleures performances ont été obtenues avec un ratio molaire de 1:3 (lactose:glyoxal), combiné à une température plus élevée et à un temps de réaction prolongé de 2 heures. Une température plus élevée favorise la réaction chimique entre les composants, tandis qu'un temps de réaction plus long permet aux liaisons de se former de manière plus complète.

Dans ces conditions optimales, les résistances mécaniques mesurées ont dépassé les exigences minimales fixées par les normes applicables, démontrant ainsi que cet adhésif biosourcé peut atteindre, voire surpasser, les performances requises pour une utilisation en contreplaqué.

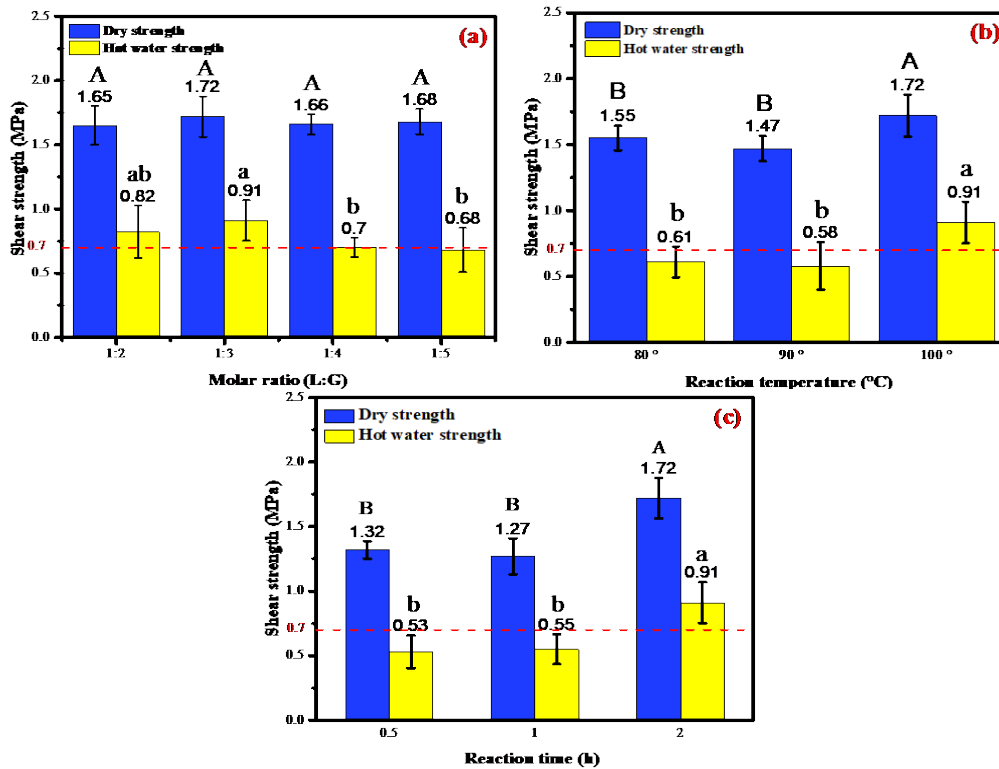


Figure 4: Performances mécaniques de l'adhésif LG en fonction (a) du rapport molaire, (b) de la température de réaction et (c) du temps de réaction.

## Conclusion

La synthèse de l'adhésif à base de lactose et glyoxal a montré qu'il est possible d'obtenir un adhésif écologique, sans formaldéhyde, présentant des propriétés mécaniques et une résistance à l'humidité prometteuses. Les paramètres de fabrication, comme le ratio molaire, la température et le temps de réaction, influencent clairement la qualité du collage. Dans les conditions étudiées, l'adhésif a montré des performances supérieures aux exigences minimales, suggérant son potentiel pour des applications futures dans le contreplaqué et d'autres panneaux de bois.

## Bibliographie

- [1] I. El-Ouahabi, A. Ait Benhamou, I. Calvez, D. Schorr, V. Landry, Development of a formaldehyde-free adhesive from lactose for wood bonding applications, *International Journal of Adhesion and Adhesives* 148 (2026) 104302. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2026.104302>.
- [2] A. Dorieh, P.P. Selakjani, M.H. Shahavi, A. Pizzi, S. Ghafari Movahed, M. Farajollah Pour, R. Aghaei, Recent developments in the performance of micro/nanoparticle-modified urea-formaldehyde resins used as wood-based composite binders: A review, *International Journal of Adhesion and Adhesives* 114 (2022) 103106. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2022.103106>.
- [3] A.A. Owodunni, J. Lamaming, R. Hashim, O.F.A. Taiwo, M.H. Hussin, M.H. Mohamad Kassim, Y. Bustami, O. Sulaiman, M.H.M. Amini, S. Hiziroglu, Adhesive application on particleboard from natural fibers: A review, *Polymer Composites* 41 (2020) 4448–4460. <https://doi.org/10.1002/pc.25749>.
- [4] C. Protano, G. Buomprisco, V. Cammalleri, R.N. Pocino, D. Marotta, S. Simonazzi, F. Cardoni, M. Petyx, S. Iavicoli, M. Vitali, The Carcinogenic Effects of Formaldehyde Occupational Exposure: A Systematic Review, *Cancers* 14 (2021) 165. <https://doi.org/10.3390/cancers14010165>.
- [5] C. Protano, A. Antonucci, A. De Giorgi, S. Zanni, E. Mazzeo, V. Cammalleri, L. Fabiani, R. Mastrantonio, M. Muselli, G. Mastrangeli, C.L. Ursini, D. Cavallo, D. Poli, G.D. Gennaro, G. De Palma, M. Vitali, Exposure and Early Effect Biomarkers for Risk Assessment of Occupational Exposure to Formaldehyde: A Systematic Review, *Sustainability* 16 (2024) 3631. <https://doi.org/10.3390/su16093631>.
- [6] D. Barile, N. Tao, C.B. Lebrilla, J.-D. Coisson, M. Arlorio, J.B. German, Permeate from cheese whey ultrafiltration is a source of milk oligosaccharides, *International Dairy Journal* 19 (2009) 524–530. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.03.008>.