

TECHNOLOGIES INNOVANTES ET VALORISATION DES CO-PRODUITS POUR LE DÉVELOPPEMENT D'ADHÉSIFS BIOSOURCÉS APPLIQUÉS AUX PANNEAUX COMPOSITES À BASE DE BOIS : ÉTAT DE L'ART

COLLOQUE CRCBOIS - 13 JUIN 2024

Présenté par
Ingrid Calvez, PhD

En collaboration avec
Véronique Landry, Alain Cloutier, Rosilei Garcia, Ahmed Koubaa

Corepan  Bois

Plan de la présentation

1. Introduction
2. Vue d'ensemble du marché des panneaux de particules/adhésifs
3. Utilisation de co-produits pour le développement adhésifs biosourcés
4. Analyse de cycle de vie des adhésifs biosourcés par rapport aux alternatives synthétiques
5. Conclusion

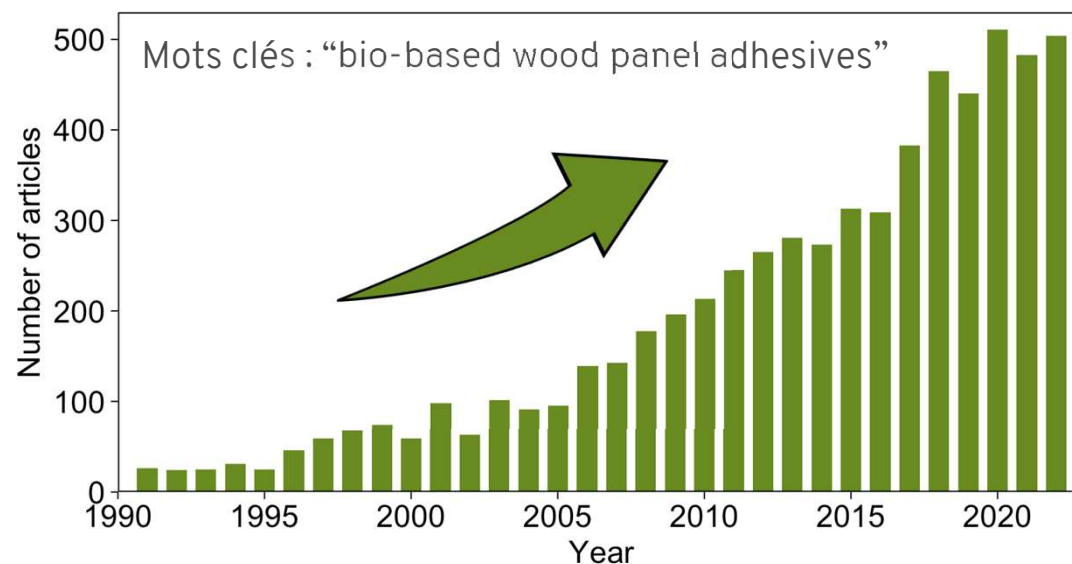
Introduction

En 2004, le centre international de recherche sur le cancer a classé le **formaldéhyde** dans le groupe 1 des **substances cancérogènes** pour l'Homme.

→ Resserrement des réglementations sur les émissions de formaldéhyde (FE) dans les panneaux composites à base de bois.

Les adhésifs conventionnels sont la cible principale de ces nouvelles réglementations : les résines phénol-formaldéhyde (PF), urée-formaldéhyde (UF), mélamine-formaldéhyde (MF).

→ Développement de **nouveaux adhésifs biosourcés** pour répondre à la demande croissante de produits plus sains et respectueux de l'environnement.



Les panneaux composites à base de bois



Panneau de particules (PP)



Panneau de fibres à densité moyenne (MDF)



Contre-plaqué (plywood)










Panneaux de lamelles orientées (OSB)

Vue d'ensemble du marché des panneaux de particules/adhésifs

Adhésifs	Quantité (million de tonnes/an)	Année de l'étude	Produits	Ref
UF	10-11	2022	PP, MDF	1,2
MF	1,5	2023	Plywood	1,3
MUF	8% de la production d'UF (USA)	2023	Plywood, OSB, PP	1,4
PF	3,5-4	2022	Plywood, OSB, (PP et MDF)	1,2
pMDI	3,4	2004	OSB (PP et MDF)	1,5
Biosourcé	2	2022	PP, MDF, plywood	1,6

Utilisation des ressources renouvelables

Valorisation des déchets et co-produits de l'industrie

Ressources	Types d'extraits
 Marine	Protéines, collagène, chitine/chitosane
 Bois	Composés lignocellulosiques, tanins
 Agriculture	Composés lignocellulosiques
 Alimentaire	Tanins, protéines, saccharides
 Lait	Whey, caséines, lactose
 Abattoir	Protéines, sang
 Autres	Protéines (insectes)

Utilisation des ressources renouvelables

La lignine



Bois

Composés
lignocellulosiques,
tanins

Sciure, copeaux, dalles, écorces,
bordures, liqueur noire provenant de
l'usine de pâte à papier



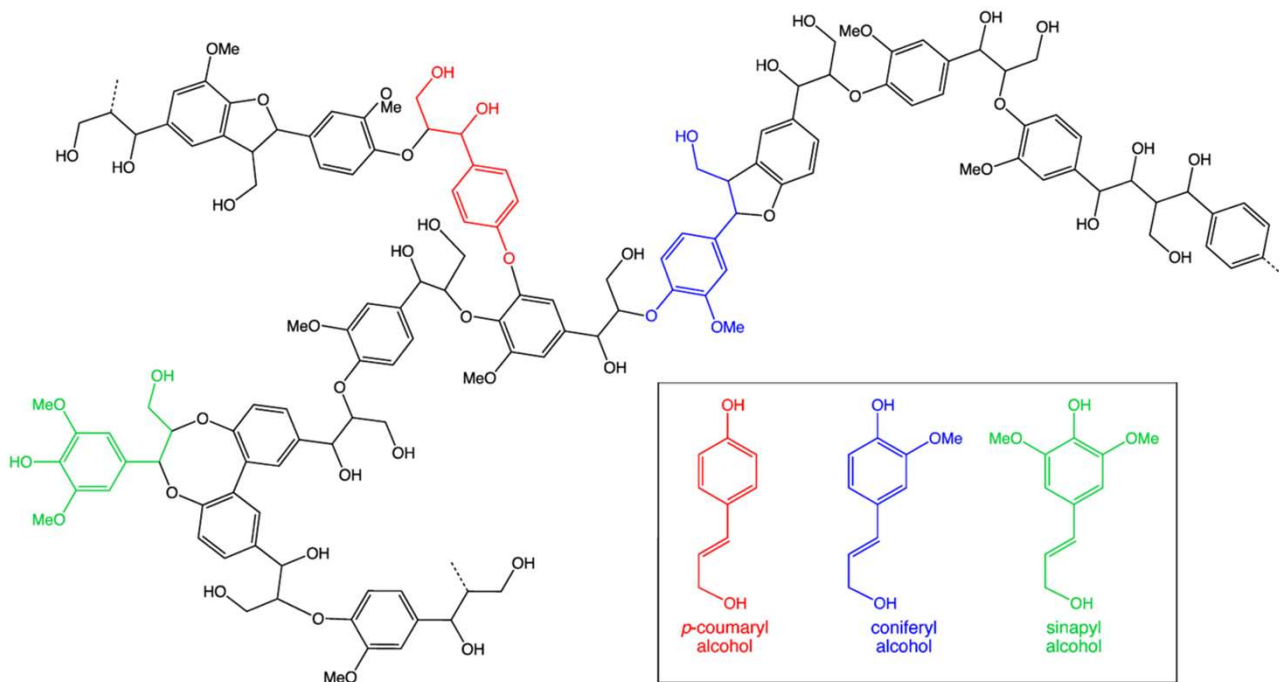
Agriculture

Composés
lignocellulosiques

Epis de maïs, bois d'eucalyptus, déchets de
palmier, paille de blé, balle de riz, écorces de
fruits, déchets alimentaires

Utilisation des ressources renouvelables

La lignine








Méthodes de modification de la lignine, telles que la déméthylation, l'hydroxy-méthylation, la phénolation et l'oxydation.

→ Améliorer la réactivité de la lignine en augmentant l'abondance des sites réactifs.

Utilisation des ressources renouvelables

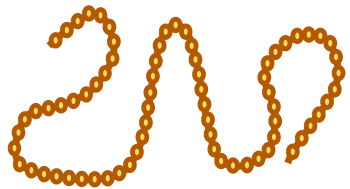
Les protéines

 Marine	Protéines, chitine/chitosane	Peau de poisson, méduses, calmars, carapaces de crevettes, crabes
 Alimentaire	Tanins, protéines	Fruits, légumes, pelures, feuilles, gluten de blé, pomme de terre, maïs, soja, colza et tournesol, lactosérum, algues
 Lait	Whey, caséines, lactose	Fromage, lait, produits laitiers
 Abattoir	Protéines, sang	Plumes et autres
 Autres	Protéines	Insectes

Utilisation des ressources renouvelables

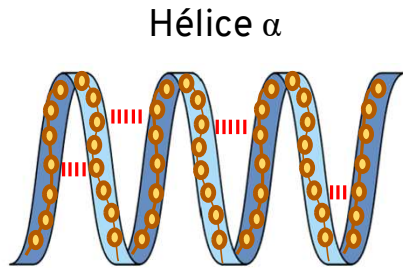
Les protéines

Structure
primaire

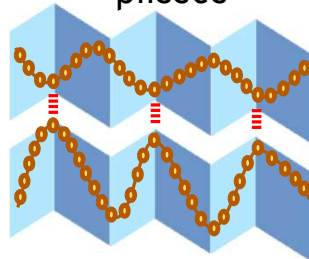


Chaîne
polypeptidique
Acides aminés

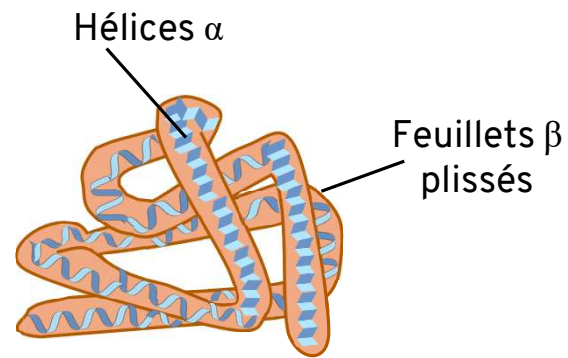
Structure
secondaire



Feuillets β
plissés

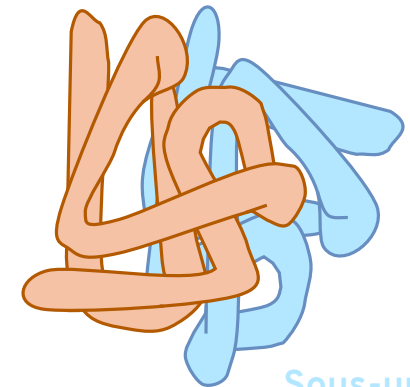


Structure
tertiaire



Structure
quaternaire

Sous-unité 1



Sous-unité 2

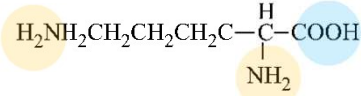
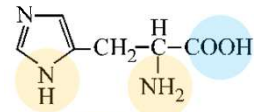
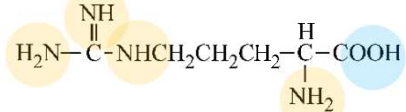
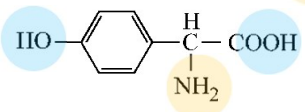
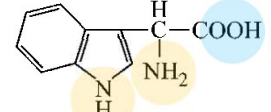
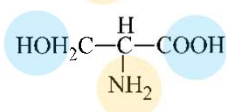
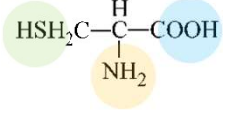
Utilisation des ressources renouvelables

Les protéines

Méthode de modification des protéines, telles que les méthodes thermiques, chimiques, enzymatiques et mécaniques.

→ Amélioration de la résistance à l'eau et la force de liaison en exposant des groupes fonctionnels spécifiques comme la génération de groupes amino et carboxyle réactifs.

Chaînes latérales d'acides aminés potentiellement réactives dans les protéines de soja

Amino acid	Structure	wt%
Lysine		6.8
Histidine		3.4
Arginine		7.7
Tyrosine		4.2
Tryptophan		1.3
Serine		5.4
Cysteine		2.5
Total		31.3

Utilisation des ressources renouvelables

Les tanins



Bois

Composés
lignocellulosiques,
tanins

Sciure, copeaux, dalles, écorces,
bordures, liqueur noire provenant de
l'usine de pâte à papier



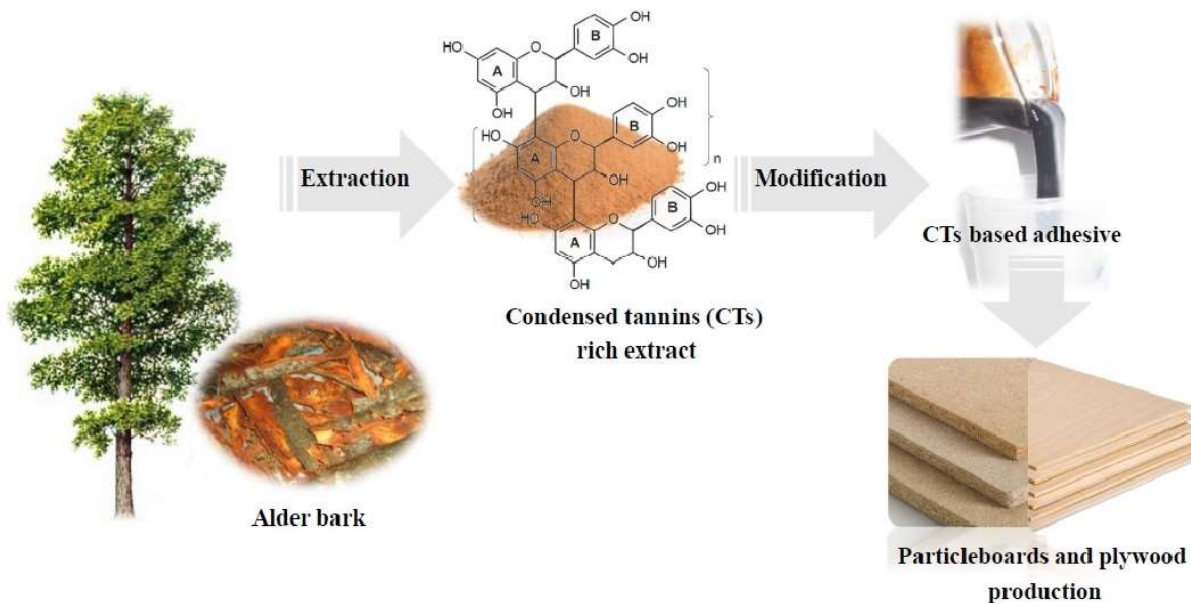
Alimentaire

Tanins, protéines

Fruits, légumes, pelures, feuilles, gluten de blé,
pomme de terre, maïs, soja, colza et tournesol,
lactosérum, algues

Utilisation des ressources renouvelables

Les tanins



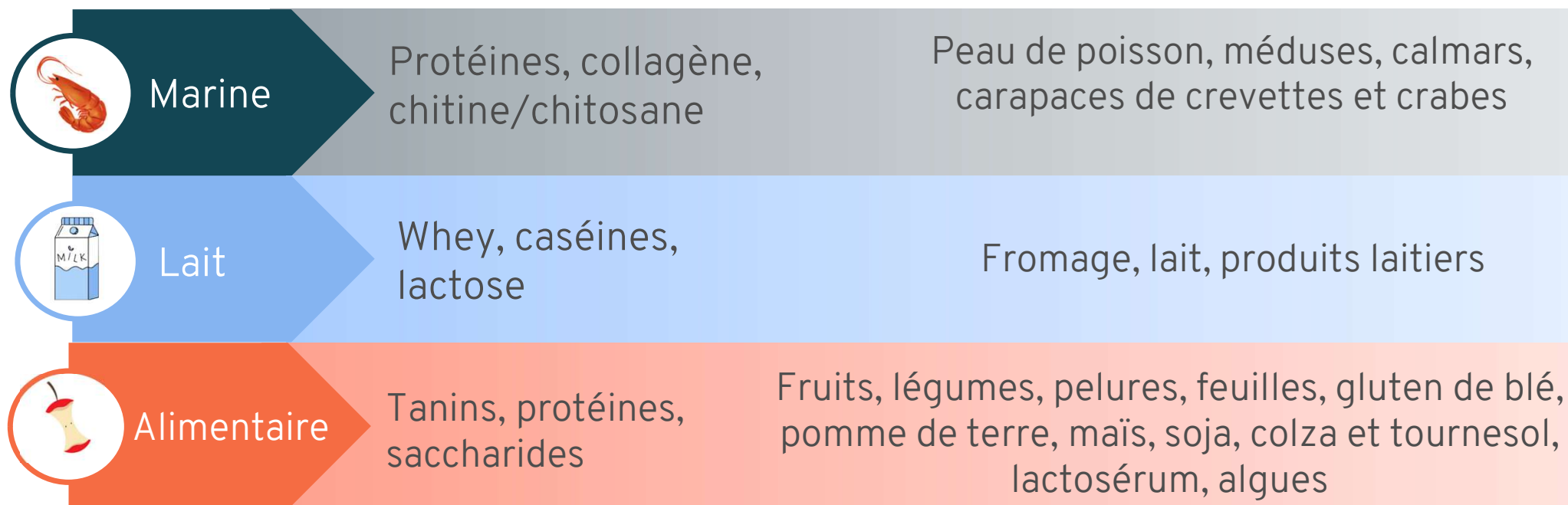
Les tanins sont déjà utilisés dans les adhésifs biosourcés en raison de leur structure chimique appropriée.

Toutefois, la viscosité élevée et la faible résistance à l'eau des résines à base de tanins limitent leur utilisation.

→ Les résines à base de tanins forment une structure réticulée par autocondensation ou par réticulation.

Utilisation des ressources renouvelables

Les carbohydrates



Utilisation des ressources renouvelables

Les carbohydrates

Les carbohydrates : glucose, sucrose, cellulose, amidon, chitosan → les adhésifs à base de carbohydrate absorbent généralement une telle quantité d'eau que l'adhésif est affaibli.

Exemple de l'amidon :



Adhésifs sans ou à faible émission de formaldéhyde

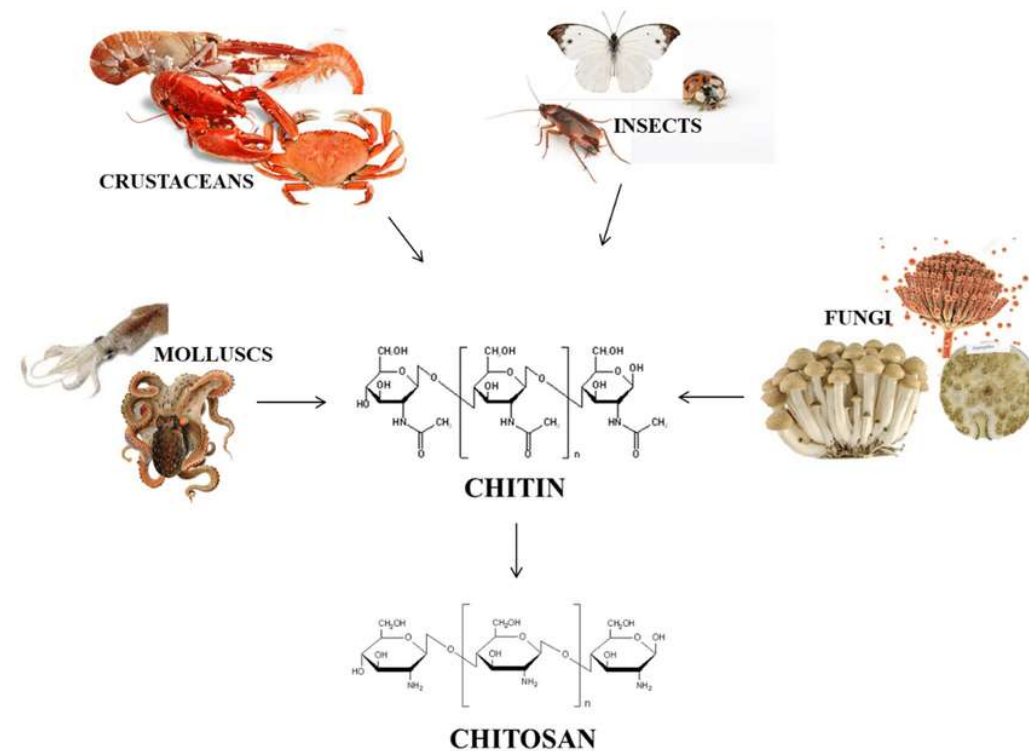
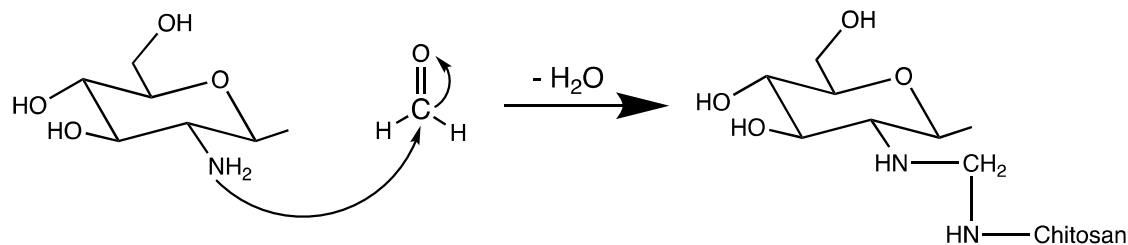
Innovation dans les durcisseurs et agents de réticulation

Type de réticulant	Type d'adhésif	Remarque	Ref
Glyoxal	Protéine-glyoxal ou lignine-glyoxal résines	La réactivité du glyoxal est inférieure à celle du formaldéhyde	7,8
Diméthoxyéthanal (DME)	Substitut de formaldéhyde dans les résines mélamine et urée	Le DME a une plage de pH de réaction avec la mélamine et l'urée similaire à celle du formaldéhyde, mais son niveau de réactivité est nettement inférieur	9
Glutaraldehyde	Résine à base de protéines	Il réagit avec les groupements amino des protéines	10
Glycoaldehyde (GA)	Substitut de formaldéhyde dans les résines d'urée	Faible force d'adhérence et faible solubilité dans l'eau observées pour les résines urée-GA	11
Furfuraldehyde, alcool furfuryl, 5-hydroxyméthyl furfural	Substitut dans les adhésifs conventionnels	Temps de pressage plus longs et des températures de pressage élevées pour le durcissement (180°C pour le HMF et 130°C pour le furfural)	12

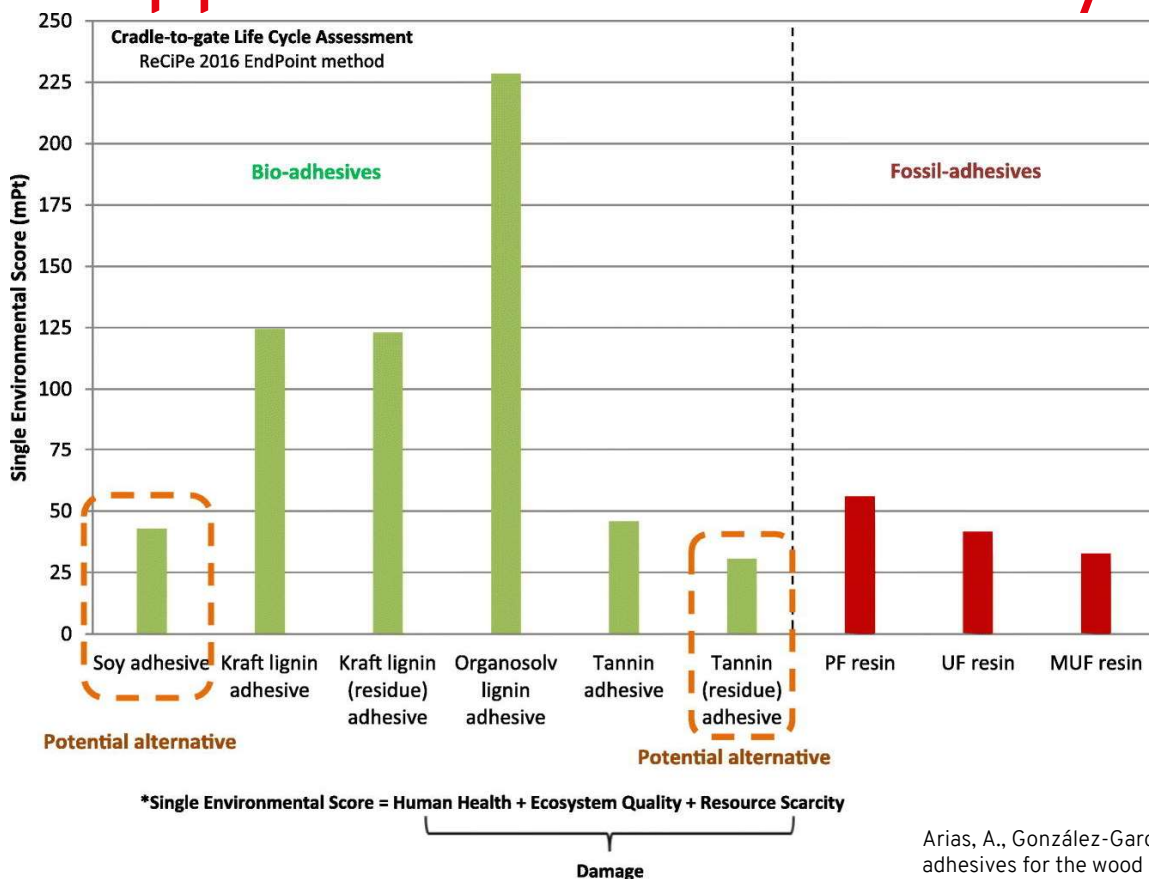
Adhésifs sans ou à faible émission de formaldéhyde

Bio-absorbeur de formaldéhyde

Le chitosane adsorbe le formaldéhyde en utilisant la réaction entre les groupes aminés du chitosane et les carbonyles du formaldéhyde.



ACV et aspect écologique des adhésifs biosourcés par rapport aux alternatives synthétiques



L'efficacité des adhésifs industriels biosourcés reste très controversée.

→ Le principal obstacle à l'adoption d'une valeur biosourcée innovante est que de nombreuses technologies en sont encore au stade expérimental ou pilote.

Conclusion

- Exploration de diverses sources d'origine végétale et animale pour le développement des adhésifs biosourcés dont la teneur en formaldéhyde est minime ou nulle.
→ Ces sources couvrent un large éventail de matériaux, notamment des composés lignocellulosiques, des tanins, des protéines, des saccharides, etc.
- Malgré les difficultés persistantes (la résistance à l'eau et la force d'adhérence) des adhésifs biosourcés, les efforts actuels de modification des matériaux et l'exploration de divers durcisseurs et réticulants offrent des perspectives d'amélioration.
- Le potentiel des adhésifs biosourcés dépend des progrès réalisés dans les techniques d'extraction, de l'adoption de processus de modification durables et de la mise en œuvre de mesures d'économie d'énergie tout au long du cycle de vie.

MERCI POUR
VOTRE ATTENTION

Corepan  Bois

Références

1. Kamke FA, Nairn JA. Advances in structural wood products adhesive bonding. In: Advances in Structural Adhesive Bonding, Second Edition. Elsevier; 2023. p. 417–55.
2. Pizzi A, Ibeh CC. Phenol-formaldehyde resins. In: Handbook of Thermoset Plastics. William Andrew Publishing; 2022. p. 13–40.
3. Melamine Formaldehyde Market Size & Share Analysis - Industry Research Report - Growth Trends [Internet]. [cited 2023 Nov 21]. Available from: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/melamine-formaldehyde-market>
4. Aparecido D, Silva L, Antonio F, Lahr R, Donizeti Varanda L, Christoforo AL, et al. Environmental performance assessment of the melamine-urea-formaldehyde (MUF) resin manufacture: a case study in Brazil. *Journal of Cleaner Production*,. 2014;96:299–307.
5. Solt P, Konnerth J, Gindl-Altmutter W, Kantner W, Moser J, Mitter R, et al. Technological performance of formaldehyde-free adhesive alternatives for particleboard industry. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2019 Oct 1;94:99–131.
6. Hazwan Hussin M, Hanis Abd Latif N, Sherwyn Hamidon T, Najhan Idris N, Hashim R, Nelson Appaturi J, et al. Latest advancements in high-performance bio-based wood adhesives: A critical review. 2022.
7. Siahkamari M, Emmanuel S, Hodge DB, Nejad M. Lignin-Glyoxal: A Fully Biobased Formaldehyde-Free Wood Adhesive for Interior Engineered Wood Products. 2022
8. Averina E, Konnerth J, Van Herwijnen HWG. Protein Adhesives: Investigation of Factors Affecting Wet Strength of Alkaline Treated Proteins Crosslinked with Glyoxal. *Polymers (Basel)*. 2022
9. hrobak J, Iłowska J, Chrobok A. Formaldehyde-Free Resins for the Wood-Based Panel Industry: Alternatives to Formaldehyde and Novel Hardeners. *Molecules*. 2022;27:4862.
10. Solt P, Konnerth J, Gindl-Altmutter W, Kantner W, Moser J, Mitter R, et al. Technological performance of formaldehyde-free adhesive alternatives for particleboard industry. *Int J Adhes Adhes J*. 2019; 94:99–131.
11. Sandahl A, Pedersen LS, Taarning E, Lindhardt A. Evaluation of Glycolaldehyde as a Formaldehyde Substitute in Urea-based Wood Adhesives. *BioResources*. 2022;17:5769–84.
12. Rosenfeld C, Konnerth J, Sailer-Kronlachner W, Rosenau T, Potthast A, Solt P, et al. Hydroxymethylfurfural and its Derivatives: Potential Key Reactants in Adhesives. *ChemSusChem*. 2020;13:5408–22.