



HAL
open science

Optimisation du traitement par alcoololyse dans la délignification du bois de peuplier

Yi Hien Chin, Pascal Henry Biwole, Joseph Gril, Christophe Vial, Rostand Moutou Pitti, Salah-Eddine Ouldboukhitine, Nicolas Labonne, Yoshiki Horikawa

► **To cite this version:**

Yi Hien Chin, Pascal Henry Biwole, Joseph Gril, Christophe Vial, Rostand Moutou Pitti, et al.. Optimisation du traitement par alcoololyse dans la délignification du bois de peuplier. 12èmes Journées Scientifiques du GDR 3544 “ Sciences du bois ”, Nov 2023, Limoges, France. . hal-04585095

HAL Id: hal-04585095

<https://hal.science/hal-04585095>

Submitted on 23 May 2024

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Optimisation du traitement par alcoolyse dans la délignification du bois de peuplier

CHIN Yi Hien^{1,2,3}, BIWOLE Pascal^{1,4}, GRIL Joseph^{1,5}, MOUTOU PITTI Rostand^{1,6}, VIAL Christophe¹, OULDBOUKHITINE Salah-Eddine¹, LABONNE Nicolas², HORIKAWA Yoshiki³

¹Université Clermont Auvergne, CNRS, SIGMA Clermont, Institut Pascal, F-63000 Clermont-Ferrand, France.

²Dagard Company, 23600 Boussac, France.

³Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan.

⁴MINES Paris, PSL Research University, PERSEE - Center for Processes, Renewable Energies and Energy Systems, France.

⁵Université Clermont Auvergne, INRAE, PIAF, F-63000 Clermont-Ferrand, France.

⁶CENAREST, IRT, BP 14070, Libreville, Gabon.

yi_hien.chin@uca.fr

Introduction

La délignification du bois en deux étapes, impliquant l'alcoolyse et le blanchiment au chlorite de sodium, permet de produire des matériaux d'origine biologique à haute teneur en cellulose, tout en préservant la structure anatomique et l'orientation des microfibrilles de cellulose (Fig.1).

Le protocole du traitement d'alcoolyse à 150 °C pendant 1 heure est optimal pour le cèdre japonais [1]. L'objectif de ce travail était de déterminer les conditions optimales pour le peuplier français en réduisant la température et en prolongeant la durée du traitement.

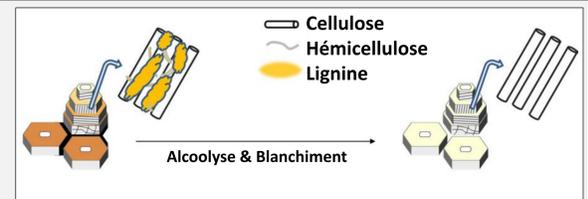


Fig. 1: Représentation schématique illustrant la délignification de bois [1]

Méthodes

Délignification par alcoolyse et blanchiment

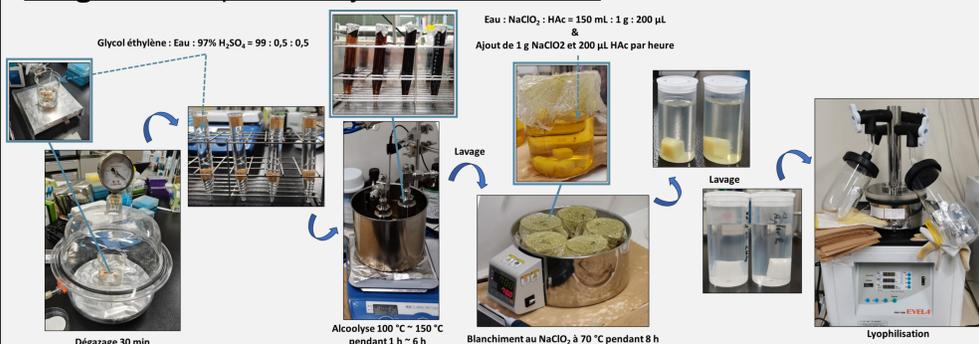


Fig. 2: Procédure de délignification par alcoolyse et blanchiment

Vérification de la présence de lignine et d'hémicellulose par IRTF

- Système PerkinElmer Frontier avec un accessoire de réflexion totale atténuée (ATR)
- Prétraitement spectral avec les fonctions de correction ATR et normalisation par la bande supérieure ~ 1000 cm⁻¹

Estimation des teneurs en lignine et en polysaccharides

- Hydrolyse acide en deux étapes (72 % H₂SO₄ à 30 °C pendant 1 h, suivi de 4 % H₂SO₄ à 121 °C pendant 1 h), le résidu insoluble dans l'acide est représenté principalement par la lignine Klason
- Mesure de la concentration en monosaccharides par chromatographie en phase liquide à haute performance



Fig. 3: Résidu insoluble obtenu après l'hydrolyse acide

Analyse microstructurale par diffraction des rayons X

- En mode réflexion avec un diffractomètre à rayons X polyvalent automatisé à 40 kV et 30 mA
- Calcul de l'indice de cristallinité relative et la largeur à mi-hauteur au pic de (200) à partir du diffractogramme avec la fonction Pseudo-Voigt [2]

Porosité

- Porosité (%) = $\left(1 - \frac{\rho_{\text{échantillon}}}{\rho_{\text{paroi cellulaire}}}\right) \times 100\%$
- $\rho_{\text{paroi cellulaire}}$ est supposé de 1,5 g/cm³

Résultats

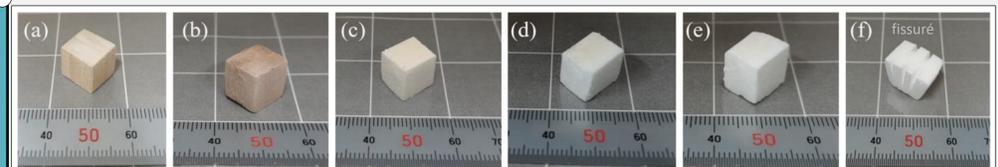


Fig. 4: Blocs de bois de peuplier 1 cm³: (a) sans traitement ; (b) alcoolyse 150 °C-1 h ; (c) blanchiment NaClO₂ ; (d) alcoolyse 100 °C-1 h et blanchiment NaClO₂ ; (e) alcoolyse 120 °C-1 h et blanchiment NaClO₂ ; (f) alcoolyse 150 °C-1 h et blanchiment NaClO₂

- ❖ Les deux étapes (alcoolyse et blanchiment) sont essentielles pour extraire les composants non cellulosiques.

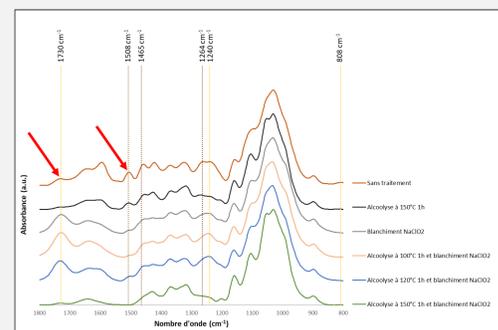


Fig. 5: Spectres IRTF des blocs de peuplier sous différentes conditions de traitement

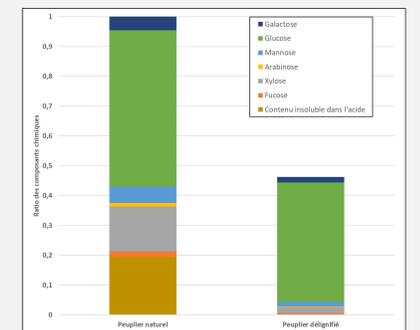


Fig. 6: Rapport des composants chimiques avant et après le traitement

- ❖ La disparition du pic à 1508 cm⁻¹ indique l'absence de lignine.
- ❖ La bande 1730 cm⁻¹ est attribuée à l'hémicellulose acétylée, seule l'alcoolyse à 150 °C réussit à retirer l'hémicellulose en 1 heure.

| | Indice de cristallinité | Largeur à mi-hauteur de (200)(°) |
|---------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Peuplier naturel | 0,759 | 2,98 |
| Peuplier délignifié | 0,829 | 2,49 |

Tab. 1: Indice de cristallinité et largeur à mi-hauteur avant et après le traitement

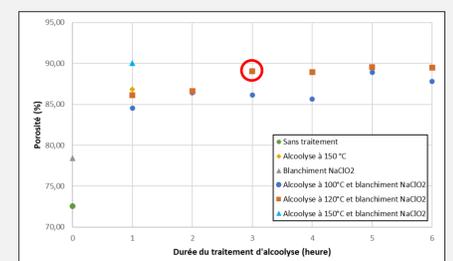


Fig. 7: Porosité des blocs de peuplier sous différentes conditions de traitement

- ❖ Une cristallinité relative plus élevée indique l'amélioration de l'orientation des microfibrilles de cellulose après la délignification.
- ❖ Un traitement d'alcoolyse à température plus élevée ou de plus longue durée avant le blanchiment NaClO₂ entraîne une perte de masse plus élevée.

Conclusions et Perspectives

- 🔥 Le traitement d'alcoolyse à 120 °C pendant au moins 3 heures est nécessaire avant le blanchiment au NaClO₂ pour délignifier efficacement.
- 🌲 L'extraction de la lignine et de l'hémicellulose du bois de peuplier par délignification en deux étapes réduit sa densité de 0,4 à 0,16.
- 💡 Le bois délignifié présente un potentiel d'utilisation comme matériau d'isolation thermique biosourcé.
- 🏭 Pour la production industrielle, il convient d'envisager des méthodes de séchage alternatives et des agents de blanchiment écologiques.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et la société Dagard pour le financement de la thèse via le plan « France Relance », ainsi que le projet I-Site CAP 20-25 et Tokyo University of Agriculture and Technology pour le financement du séjour de recherche. Les auteurs remercient également les membres du Laboratoire Biomass Structural Functionality (T.Kurei, X.We, Y.Yasuda, S.Sakai, R.Suzuki, A.Yamanaka) pour les conseils sur les instruments expérimentaux.

Bibliographie

- [1] Horikawa Y., Tsuchida R., Noguchi K., Nakaba S., Funada R. (2020). Development of colorless wood via two-step delignification involving alcoholysis and bleaching with maintaining natural hierarchical structure. Journal of Wood Science, 66(1), 37.
- [2] Hirano S., Kurei T., Nakaba S., Funada R., Horikawa, Y. (2023). Elucidation of alcoholysis for the preparation of lignin-free wood sections from Cryptomeria japonica. Cellulose, 30(10), 6589–6600.